

# Jahresbericht 1992

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik

Berlin GmbH



# Jahresbericht 1992

**Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH**  
Einsteinufer 37, W-1000 Berlin 10, Telefon (030) 310 02-0, Telefax (030) 310 02-213



## Inhalt

- 5 **Bericht der Geschäftsführung**
- 6 **Forschungsaufgaben des Instituts**
- 10 **Organigramm des HHI**
- 11 **Struktur**
- 12 **Mitarbeiter, Finanzierung**
- 13 **Wissenschaftler-Austausch**
  
- 15 **Bereich Nachrichtensysteme**
- 17 **Abteilung Vermittlung und Übertragung**
- 18 OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen, Teilvorhaben: "Optische Frequenzvermittlung"
- 19 OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen,  
Teilvorhaben: "3D-Raumstufe mit holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken"
- 20 Coherent Optical Broadband Island (COBI)
- 21 Subscriber CMC System (RACE 1010), Teilprojekt: "Systemaspekte"
- 22 COBRA: Coherent Optical Systems Implemented for Business Traffic Routing and Access (RACE 2065)
  
- 23 **Abteilung Optische Signalverarbeitung**
- 25 Untersuchungen zur optischen ATM-Vermittlung, Teilprojekt: "Charakterisierung passiver optischer Wellenleiterschalter und Entwicklung dynamischer optischer Speicher"
- 26 Untersuchungen zur optischen ATM-Vermittlung,  
Teilvorhaben: "Entwicklung von Subsystemen zur OATM-Vermittlung mit Selbststeuerung"
- 27 OFDM-Vermittlung mit 3D-Raumstufen,  
Teilvorhaben: "Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke"
- 28 Funktionselemente für den optisch transparenten Trägerfrequenzkanal
- 29 Untersuchungen zur optischen Signalregeneration
  
- 30 **Abteilung Anthropotechnik**
- 31 3D-Techniken für Fernsehen und Bildkommunikation
- 32 Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken
- 33 Bedeutung von Bewegtbildarstellungen für die Informationsvermittlung
  
- 34 **Abteilung Bildsignalverarbeitung**
- 36 Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV
- 37 HDTV-Codierung für die ATM-Übermittlung
- 38 Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - Definitionsphase
- 39 Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV
- 40 Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung
- 41 Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung
- 42 Codec für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung
- 43 Schlüsselkomponenten für Elektronische Bildtechniken



- 
- 44 Flexible Advanced Satellite HDTV-System (RACE 2064)
  - 45 Transcoding of Images for Terminals (RACE 2055)
  
  - 46 **Abteilung Bildeneinrichtungen**
  - 47 Lichtventilprojektion mit Festkörpersteuerschichten
  - 48 3D-TV nach dem Linsenrasterverfahren
  - 49 Technologien für Photonik-Komponenten auf der Basis von Polymerschichten
  - 50 Lichtmodulatoren mit festen Beugungsgittern

## 53 **Bereich Integrierte Optik**

- 54 **Übersicht**
- 54 **Projekte des Bereichs Integrierte Optik**
- 55 **Abteilung Epitaxie**
- 56 **Abteilung Lithographie**
- 57 **Abteilung Prozesstechnologie**
- 57 **Abteilung Meßtechnik**
- 58 **Abteilung Komponentenintegration**
- 60 Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung,  
Teilprojekt B: "Monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger"
- 64 Subscriber Coherent Multichannel System, Technologieteil (RACE 1010)
- 65 Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung,  
Teilprojekt C: "Schnelle optische Wellenleiterschalter für OATM-Systeme"
- 66 Optischer Halbleiterverstärker
- 67 Wellenleitertaper für optoelektronische integrierte Schaltungen auf der Basis von InP
- 68 Optimierung von MBE-Al(Ga)InAs/GaInAs-Schichtenfolgen für Heterostruktur-Feldeffekttransistoren
- 69 Oberflächenemittierende Halbleiterlaser mit vertikaler Resonatoranordnung
- 70 Selektive MOMBE für planare elektronische Bauelemente auf InP-Basis
- 71 Semi-isolierende InP-Epitaxiesubstrate auf VPE-Basis
- 72 Oberflächenpassivierung von optoelektronischen Bauelementen auf InP-Basis
- 73 Grundlagenuntersuchungen zur Farb-Elektrolumineszenz

## 75 **Ergebnis - Übersicht**

- 76 **Veröffentlichungen**
- 94 **Berichte**
- 97 **Habilitationen, Dissertationen**
- 98 **Diplom- und Studienarbeiten**
- 100 **Preisverleihungen**
- 100 **Patentanmeldungen**
- 101 **Vorträge**
- 104 **Vorlesungen**
- 105 **Workshops und Tagungen**
- 105 **Ausstellungsbeteiligungen**



44	Frühe Advanced Digital DTV-Systeme (DAB)
45	Transcoding of images for Terrestrial DAB (DAB)
46	Abbau von Bildschirmaufnahmen
47	Leistungsfähigkeit von Festplatten-Systemen
48	DVB nach dem Dokument-Standard
49	Techniken für HDTV-Kompression mit Hilfe von Wavelet-Transformation
50	Leistungsfähigkeit von Festplatten-Systemen
51	<b>Bereich Integrierte Quelle</b>
52	Übersicht
53	Prozess der Integrierten Integrierten Quelle
54	Abbildung Äquivalenz
55	Abbildung Äquivalenz
56	Abbildung Äquivalenz
57	Abbildung Äquivalenz
58	Abbildung Äquivalenz
59	Abbildung Äquivalenz
60	Abbildung Äquivalenz
61	Abbildung Äquivalenz
62	Abbildung Äquivalenz
63	Abbildung Äquivalenz
64	Abbildung Äquivalenz
65	Abbildung Äquivalenz
66	Abbildung Äquivalenz
67	Abbildung Äquivalenz
68	Abbildung Äquivalenz
69	Abbildung Äquivalenz
70	Abbildung Äquivalenz
71	Abbildung Äquivalenz
72	Abbildung Äquivalenz
73	Abbildung Äquivalenz
74	Abbildung Äquivalenz
75	Abbildung Äquivalenz
76	Abbildung Äquivalenz
77	Abbildung Äquivalenz
78	Abbildung Äquivalenz
79	Abbildung Äquivalenz
80	Abbildung Äquivalenz
81	Abbildung Äquivalenz
82	Abbildung Äquivalenz
83	Abbildung Äquivalenz
84	Abbildung Äquivalenz
85	Abbildung Äquivalenz
86	Abbildung Äquivalenz
87	Abbildung Äquivalenz
88	Abbildung Äquivalenz
89	Abbildung Äquivalenz
90	Abbildung Äquivalenz
91	Abbildung Äquivalenz
92	Abbildung Äquivalenz
93	Abbildung Äquivalenz
94	Abbildung Äquivalenz
95	Abbildung Äquivalenz
96	Abbildung Äquivalenz
97	Abbildung Äquivalenz
98	Abbildung Äquivalenz
99	Abbildung Äquivalenz
100	Abbildung Äquivalenz
101	Abbildung Äquivalenz
102	Abbildung Äquivalenz
103	Abbildung Äquivalenz
104	Abbildung Äquivalenz
105	Abbildung Äquivalenz
106	Abbildung Äquivalenz
107	Abbildung Äquivalenz
108	Abbildung Äquivalenz
109	Abbildung Äquivalenz
110	Abbildung Äquivalenz
111	Abbildung Äquivalenz
112	Abbildung Äquivalenz
113	Abbildung Äquivalenz
114	Abbildung Äquivalenz
115	Abbildung Äquivalenz
116	Abbildung Äquivalenz
117	Abbildung Äquivalenz
118	Abbildung Äquivalenz
119	Abbildung Äquivalenz
120	Abbildung Äquivalenz
121	Abbildung Äquivalenz
122	Abbildung Äquivalenz
123	Abbildung Äquivalenz
124	Abbildung Äquivalenz
125	Abbildung Äquivalenz
126	Abbildung Äquivalenz
127	Abbildung Äquivalenz
128	Abbildung Äquivalenz
129	Abbildung Äquivalenz
130	Abbildung Äquivalenz
131	Abbildung Äquivalenz
132	Abbildung Äquivalenz
133	Abbildung Äquivalenz
134	Abbildung Äquivalenz
135	Abbildung Äquivalenz
136	Abbildung Äquivalenz
137	Abbildung Äquivalenz
138	Abbildung Äquivalenz
139	Abbildung Äquivalenz
140	Abbildung Äquivalenz
141	Abbildung Äquivalenz
142	Abbildung Äquivalenz
143	Abbildung Äquivalenz
144	Abbildung Äquivalenz
145	Abbildung Äquivalenz
146	Abbildung Äquivalenz
147	Abbildung Äquivalenz
148	Abbildung Äquivalenz
149	Abbildung Äquivalenz
150	Abbildung Äquivalenz
151	Abbildung Äquivalenz
152	Abbildung Äquivalenz
153	Abbildung Äquivalenz
154	Abbildung Äquivalenz
155	Abbildung Äquivalenz
156	Abbildung Äquivalenz
157	Abbildung Äquivalenz
158	Abbildung Äquivalenz
159	Abbildung Äquivalenz
160	Abbildung Äquivalenz
161	Abbildung Äquivalenz
162	Abbildung Äquivalenz
163	Abbildung Äquivalenz
164	Abbildung Äquivalenz
165	Abbildung Äquivalenz
166	Abbildung Äquivalenz
167	Abbildung Äquivalenz
168	Abbildung Äquivalenz
169	Abbildung Äquivalenz
170	Abbildung Äquivalenz
171	Abbildung Äquivalenz
172	Abbildung Äquivalenz
173	Abbildung Äquivalenz
174	Abbildung Äquivalenz
175	Abbildung Äquivalenz
176	Abbildung Äquivalenz
177	Abbildung Äquivalenz
178	Abbildung Äquivalenz
179	Abbildung Äquivalenz
180	Abbildung Äquivalenz
181	Abbildung Äquivalenz
182	Abbildung Äquivalenz
183	Abbildung Äquivalenz
184	Abbildung Äquivalenz
185	Abbildung Äquivalenz
186	Abbildung Äquivalenz
187	Abbildung Äquivalenz
188	Abbildung Äquivalenz
189	Abbildung Äquivalenz
190	Abbildung Äquivalenz
191	Abbildung Äquivalenz
192	Abbildung Äquivalenz
193	Abbildung Äquivalenz
194	Abbildung Äquivalenz
195	Abbildung Äquivalenz
196	Abbildung Äquivalenz
197	Abbildung Äquivalenz
198	Abbildung Äquivalenz
199	Abbildung Äquivalenz
200	Abbildung Äquivalenz

# Forschungsarbeiten des Heini-Job-Forschungsinstituts

Das Heini-Job-Forschungsinstitut hat die Aufgabe, die Arbeitsbedingungen der Heini-Jobler zu verbessern. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der letzten Forschungsarbeiten dargestellt.

## 1. Arbeitsbedingungen der Heini-Jobler

Die Arbeitsbedingungen der Heini-Jobler sind in den letzten Jahren deutlich verbessert worden. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

## 2. Zusammenfassung

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

## Bericht der Geschäftsführung

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

## 3. Diskussion

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

## 4. Schlussfolgerungen

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

Die Heini-Jobler sind in der Lage, ihre Arbeitsbedingungen zu verbessern. Dies ist vor allem auf die Maßnahmen der Heini-Job-Forschungsinstituts zurückzuführen.

## Forschungsaufgaben des Heinrich-Hertz-Instituts

Zur Förderung der Informationstechnik hat die Bundesregierung für den Zeitraum 1990 - 1993 das Programm "Zukunftskonzept Informationstechnik" vorgelegt, in dessen Rahmen das HHI als Vorlauf zur Industrieforschung eine anwendungsbezogene Grundlagenforschung für die Informationstechnik betreibt.

Hierzu werden im HHI die folgenden Kategorien von Projekten bearbeitet:

- Vorlaufprojekte mit Themen, aus denen sich erst in der ferneren Zukunft neue Anwendungsfelder ergeben können. Ergebnisse dieser Projekte können eine wesentliche Grundlage bieten für
- nationale Verbundprojekte, in denen gemeinsam mit der deutschen Industrie an Aufgaben gearbeitet wird, die dem vorwettbewerblichen Bereich zuzuordnen sind. Hierzu zählt derzeit z.B. die Photonik. Darüber hinaus wird mit diesen Projekten sichergestellt, daß deutsche Forschergruppen interessante Partner für
- europäische Verbundprojekte bleiben, in denen die fähigsten Gruppen Europas kooperieren und gemeinsame europäische Positionen erarbeiten.

Im Jahre 1992 wurden die im HHI durchgeführten Projekte im wesentlichen aus Mitteln des Programms "Informationstechnik" des BMFT mit Beteiligung der deutschen Industrie, über Forschungsverträge mit der DBP-Telekom sowie durch Beteiligung an Projekten der Europäischen Gemeinschaft (RACE und EUREKA) finanziert. Das Forschungsprogramm des HHI konzentrierte sich dabei auf folgende Schwerpunkte:

### Breitbandnetze

Das Übertragungsmedium zukünftiger Breitbandnetze ist die Glasfaser. Das eigentliche Potential der Glasfaser, nämlich die nahezu unbegrenzte Bandbreite, läßt sich neben dem Einsatz einer sehr hochratigen Zeitmultiplex-technik nur mit Hilfe optischer Frequenzmultiplex-techniken (OFDM) ausschöpfen. In den vergangenen Jahren galt das Interesse des HHI dem Einsatz von OFDM-Techniken sowohl in der Fern- und in der Teilnehmerebene als auch in optischen Vermittlungseinrichtungen zukünftiger Breitbandnetze. Die aus diesen Projekten, insbesondere aber aus den Projekten zur optischen Vermittlungstechnik gewonnenen Erkenntnisse führten zur Definition des vom BMFT und der deutschen Industrie im Rahmen des

Programms "Photonik" (s. Abschnitt Photonik) geförderten Verbundforschungsprojekts "Optische Signalverarbeitung", das im April 1990 begann und in dessen Mittelpunkt die optische Vermittlungstechnik steht. In weiteren Projekten wird an der Entwicklung lokaler OFDM-Netze und an Vermittlungsverfahren für optisch transparente OFDM-Netze gearbeitet.

### Photonik

Das HHI ist am BMFT-Programm Photonik beteiligt, in dem Grundlagen für künftige optische Verbindungstechniken und optische Vermittlungstechniken erarbeitet werden. Die hierzu durchgeführten systembezogenen Arbeiten des HHI beziehen sich auf die optische Vermittlungstechnik. Hierzu gehören die optische asynchrone Vermittlungstechnik mit sehr hohen Bitraten (OATM-Vermittlung), die optische Frequenzmultiplex-Vermittlungstechnik (OFDM-Vermittlung) und Arbeiten zur Realisierung von optischen Raumstufen mit kompakter, dreidimensionaler Struktur (3D-Raumstufe). Die zugehörigen Projekte stehen in engem Zusammenhang mit den im Bereich "Integrierte Optik" des HHI laufenden Projekten zur Entwicklung entsprechender integrierter optoelektronischer Komponenten.

### Integrierte Optik

Im HHI konzentrieren sich die Aktivitäten der Integrierten Optik auf das Materialsystem InP. Dieses Halbleitermaterial ermöglicht die Herstellung von Bauelementen sowohl für die Lichterzeugung, Lichtdetektion und die Lichtführung als auch für die elektronische Signalverarbeitung. Dadurch besteht die Möglichkeit einer monolithischen Integration dieser Komponenten zu einer optoelektronisch integrierten Schaltung (OEIC). Gegenüber dem GaAs hat das InP den Vorteil, daß mit diesem Materialsystem Laser- und Detektorelemente in einem Spektralbereich realisiert werden können, in dem die Glasfaser die günstigsten Vermittlungseigenschaften aufweist.

Im Bereich Integrierte Optik stehen die Basistechnologien, die entsprechende Meßtechnik und die Werkzeuge für Bauelementeentwurf und Bauelementesimulation zur Verfügung. Damit werden im Rahmen des Photonikprogramms des BMFT und in einem Verbundprogramm der DBP-Telekom sowie in einem RACE-Projekt Schlüsselkomponenten in Form von OEICs und diskreten Bauelementen zum Einsatz in Laborexperimenten zur Photonik entwickelt.



## Elektronische Bildtechnik

Im Rahmen der Informationstechnik verfolgt die Elektronische Bildtechnik das Ziel, Geräte und Verfahren bereitzustellen, die zur Aufnahme und Wiedergabe von Bildern sowie zur Analyse, Verrechnung, Speicherung, Synthese und zur Codierung von Bildsignalen dienen. Dabei werden Lösungen für den Einsatz beim Fernsehen, bei der Videokommunikation etc. angestrebt, die aus Nutzersicht und bezüglich der Kosten optimal sind. HDTV, 3DTV und 3D-Videokonferenzen sind Beispiele dieser neuen Dienste. Ihre Einführbarkeit hängt in hohem Maße von der Nutzungsbereitschaft der künftigen Anwender ab. Das HHI bemüht sich darum, bereits während der Entwicklung der Systeme Akzeptanzhemmnisse zu erkennen und abzubauen. Dazu ist es notwendig, die sensorischen und kognitiven Fähigkeiten künftiger Benutzer sowie Nutzungsbedürfnisse zu ermitteln und angemessen zu berücksichtigen. Ein wesentliches Instrument zur Lösung dieser Aufgabe sind realitätsnahe Testanwendungen, in denen unter Mitwirkung künftiger Benutzer eine Bewertung der Systeme nach solchen Kriterien wie Telepräsenz, soziale Präsenz, Betrachtungskomfort, Erlebnisqualität, Benutzerfreundlichkeit etc. erfolgt.

Eine weitere Voraussetzung für die Einführung neuer Bilddienste, die in Zukunft voll digital sein werden, ist die Bereitstellung effizienter Signalverarbeitungs- und Codierverfahren für die Aufbereitung, Speicherung und Übertragung der Bildsignale. Aus diesem Grunde steht die Algorithmen- und Systementwicklung zu diesem Themenkreis ebenso im Vordergrund wie die Entwicklung hochintegrierter elektronischer Schlüsselkomponenten, mit denen die Realisierbarkeit komplexer Signalverarbeitungsverfahren demonstriert werden soll. Ein wichtiges neues Anwendungsgebiet ist die terrestrische HDTV-Übertragung. Im Rahmen des nationalen Verbundprojekts "Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - HDTV-T" sollen neben der Bildkompression, die im HHI schwerpunktmäßig untersucht wird, auch Fragen des Fehlerschutzes, der Modulationstechniken, der Netzaspekte und der Transcodierung für die Magnetbandaufzeichnung bearbeitet werden. Dabei soll im HHI eine komplette Übertragungsstrecke für den digitalen terrestrischen HDTV-Rundfunk aufgebaut werden.

In einem zukünftigen 3DTV-System sollte die räumliche Bildwiedergabe möglichst ohne eine Stereobrille auskommen. Ein brillenloses (autostereoskopisches) System kann mit einem Linsenrasterschirm zur augenselektiven Bildwiedergabe realisiert werden. Dieser Weg wird vom HHI verfolgt.

## HHI-Beteiligung an nationalen Verbundforschungsvorhaben

BMFT-Verbundforschungsprogramm Photonik, Verbundforschungsvorhaben Optische Signalverarbeitung:

1. OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen  
Teilprojekte:
  - Optische Frequenzvermittlung
  - 3D-Raumstufe mit holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken
  - Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke
2. Untersuchungen zur optischen ATM-Vermittlung  
Teilprojekte:
  - Charakterisierung optischer Wellenleiter und Aufbau dynamischer optischer Speicher
  - Entwicklung von Subsystemen zur OATM-Vermittlung mit Selbststeuerung
3. Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung  
Teilprojekte:
  - Monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger
  - Schnelle optische Wellenleiterschalter für OATM-Systeme

Forschungsschwerpunkt Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - HDTV-T:

1. Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung
2. Codec für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung
3. Schlüsselkomponenten für elektronische Bildtechniken
4. Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - Definitionsphase

Verbundforschungsprojekt Optoelektronische integrierte Schaltungen (OEIC) der DBP-Telekom

1. Wellenleitertaper für optoelektronische integrierte Schaltungen auf der Basis von InP
2. Optimierung von MBE-Al(Ga)InAs/GaInAs-Schichtenfolgen für Heterostruktur-Feldeffekttransistoren
3. Semi-isolierende InP-Epitaxiesubstrate auf VPE-Basis

BMFT-Verbundforschungsprogramm III/V-Elektronik, Verbundforschungsvorhaben Polytektische Strukturierungsverfahren

1. Selektive MOMBE für planare elektronische Bauelemente auf InP-Basis

## **HHI-Beteiligung an europäischen Verbundforschungsvorhaben**

### **RACE**

- 1. Subscriber Coherent Multichannel System (R 1010 CMC)**
- 2. Digital Stereoscopic Images and Applications (R 2045 DISTIMA)**
- 3. Transcoding of Images for Terminals (R 2055 TRANSIT)**
- 4. Flexible Advanced Satellite HDTV-System (R 2064 FLASH)**
- 5. Coherent Optical Systems for Business Traffic Routing and Access (R 2065 COBRA)**

### **EUREKA**

#### **EU 95 HDTV**

- 1. Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV**
- 2. Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken**
- 3. Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV**
- 4. Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung**
- 5. Schlüsselkomponenten für Elektronische Bildtechniken**

#### **EU 625 VADIS**

- 1. Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung - Definitionsphase**
- 2. Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung**

## **Elektronische Bildtechnik**

Im Rahmen des Informationsministeriums wurde die Entwicklung der elektronischen Bildtechnik im Jahr 1988 mit dem Ziel vorangetrieben, die im Zusammenhang mit der Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung zu realisieren. Dabei werden Lösungen für die Übertragung von Bildern bei der Videokompression und der Übertragung von HDTV- und 3DTV-Systemen entwickelt. Ein wichtiges Ziel ist die Realisierung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums.

Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums.

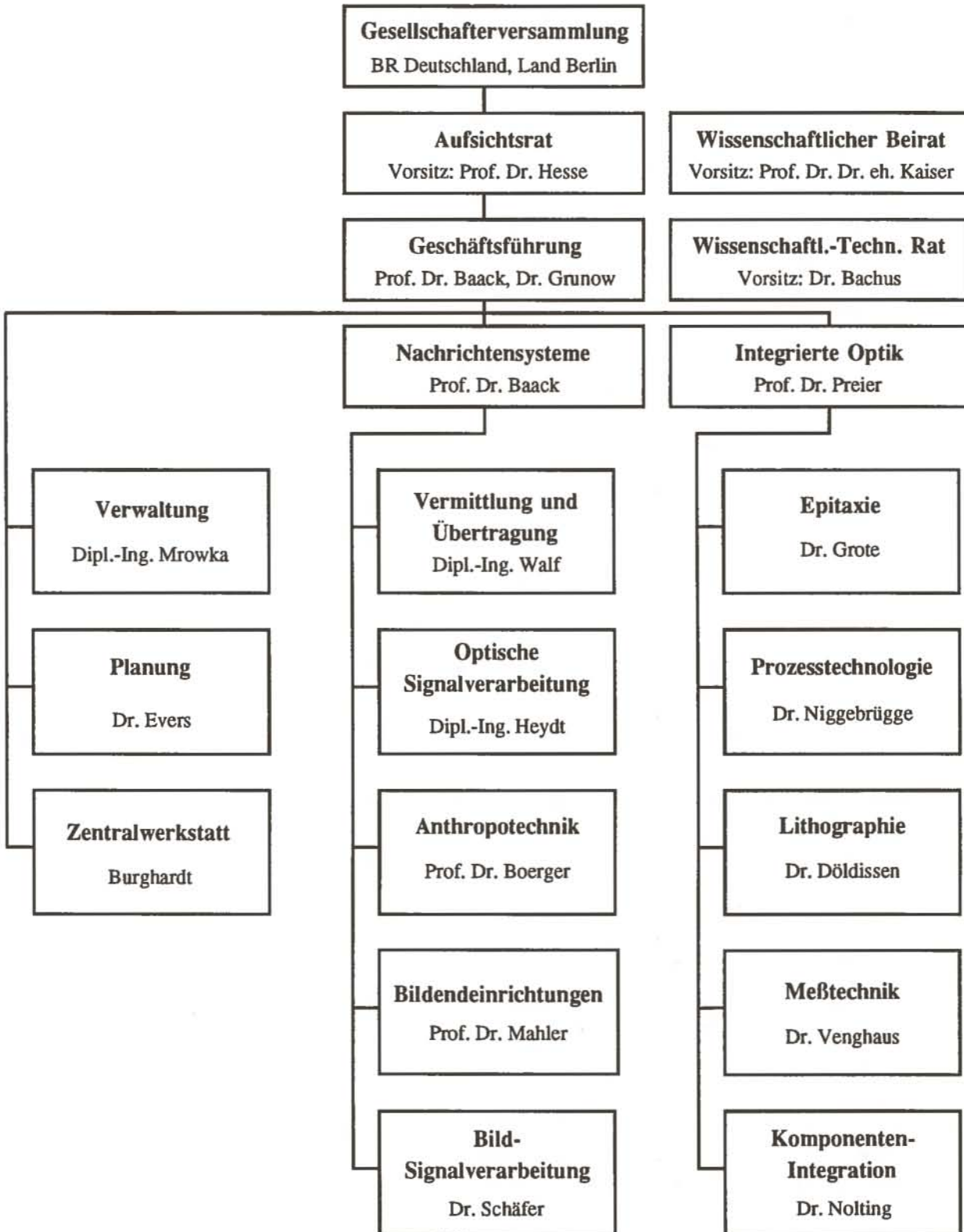
Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums. Die Entwicklung von HDTV-Systemen für die Übertragung von Bildern und Ton im Bereich der Fernsehübertragung ist ein wichtiges Ziel des Informationsministeriums.

### Organigramm des HHI





## Organigramm des HHI



## Struktur

Das Heinrich-Hertz-Institut wurde im Februar 1928 durch Erlaß des damaligen Preußischen Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung gegründet und der Technischen Hochschule Berlin angegliedert. Im Jahr 1936 wurde das Institut in "Institut für Schwingungsforschung" umbenannt, das 1938 vom Preußischen Staat übernommen wurde. Nach dem Krieg wurde es bis 1954 von der neuentstandenen Technischen Universität Berlin und von 1954 bis 1974 von der "Förderungsgemeinschaft des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung e.V." betrieben. Seit 1974 hat das Institut die Rechtsform einer Gesellschaft mit beschränkter Haftung (HHI GmbH), deren Gesellschafteranteile je zur Hälfte von der Bundesrepublik Deutschland und vom Land Berlin gehalten werden. Die Fördergemeinschaft unterstützt auch weiterhin das Institut in Form einer "Gesellschaft von Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts e.V."

Die Organe der HHI GmbH sind die Gesellschafterversammlung, der Aufsichtsrat, die Geschäftsführer und der Wissenschaftlich-Technische Rat.

Dem Aufsichtsrat gehörten im Berichtsjahr folgende Mitglieder an:

Prof. Dr. J. Hesse, Oberkochen (Vorsitz)  
 MinDirig Dr. K. Rupf, Bonn (1. stellv. Vorsitzender)  
 Senatsrat P. Schuhe, Berlin (2. stellv. Vorsitzender)  
 Prof. Dr. H.-H. Berger, Berlin  
 Ltd. SenRat P. Borkamm, Berlin  
 ORR Dr. G. Dieterich, Bonn  
 Ltd. SenRat Dr. K. Kroll, Bonn  
 Dr. L. Mühlbach, Berlin  
 Dr. H. Roehle, Berlin  
 MR Dr. J. Sander, Bonn  
 Dr. H. Venghaus, Berlin

Der **Wissenschaftlich-Technische Rat** ist paritätisch mit Abteilungsleitern und gewählten Mitarbeitern des Instituts besetzt und berät den Aufsichtsrat und die Geschäftsführung in allen wichtigen wissenschaftlichen und technischen Fragen.

Die Gesellschaft beruft außerdem einen **Wissenschaftlichen Beirat** aus Experten der Industrie, der DBP-Telekom und des Hochschulbereichs. Dem Wissenschaftlichen Beirat gehörten im Berichtsjahr folgende Mitglieder an:

Prof. Dr. Dr. W. Kaiser, Stuttgart (Vorsitz)  
 Prof. G. Bolle, Hildesheim  
 Dipl.-Ing. E.A. Geiger, Villingen  
 Dr. G. Groh, Nürnberg  
 Prof. Dr. E. Lüder, Stuttgart  
 Prof. Dr. St. Maslowski, Ulm  
 Prof. Dr. H. Melchior, Zürich  
 Dipl.-Ing. F. Müller-Römer, München  
 MinR W.-P. Ottenbreit, Bonn  
 Prof. Dr. J.A.J. Roufs, Eindhoven  
 Prof. Dr. G. Weimann, Garching  
 Dr. M. Welzenbach, Backnang  
 Prof. Dr. B. Wendland, Dortmund  
 Dipl.-Ing. G. Wiest, München

Dipl.-Ing. J. Kanzow, Berlin (Gast)  
 MinDirig Dr. K. Rupf, Bonn (Gast)  
 Senatsrat P. Schuhe, Berlin (Gast)  
 Prof. Dr. J. Hesse, Oberkochen (Gast)

## Mitarbeiter, Finanzierung

Am Ende des Berichtsjahres (Stichtag 1.11.1992) beschäftigte das Institut:

Wissenschaftliche Mitarbeiter	150
Technische Mitarbeiter, Verwaltungsmitarbeiter	124
Auszubildende	4

Insgesamt waren damit zum Jahresende 278 Mitarbeiter beschäftigt. Von diesen Mitarbeitern gehörten 150 Mitarbeiter zum Bereich Nachrichtensysteme, 87 Mitarbeiter zum Bereich Integrierte Optik sowie 41 Mitarbeiter zur technischen und administrativen Infrastruktur. Außerdem wurden im Berichtsjahr vier Doktoranden, zwei Postdoktoranden und 54 studentische Hilfskräfte beschäftigt.

Im Rahmen unserer Kooperationen arbeiteten 1992 durchschnittlich fünf Gastwissenschaftler im HHI.

Das Institut erhielt 1992 von den Zuwendungsgebern Bund und Land Berlin als institutionelle Förderung einen Gesamtzuwendungsbetrag in Höhe von ca. 28,6 Mio DM. Im Rahmen der Projektförderung wurden 1992 dem HHI ca. 19,5 Mio DM vom Bund, der Deutschen Bundespost-Telekom und den Europäischen Gemeinschaften bewilligt. Die Gesellschaft von Freunden des HHI stellte dem Institut Mittel in Höhe von 315,5 TDM zur Verfügung. Den 48,4 Mio DM an verfügbaren Mitteln im Jahre 1992 standen 1991 49,4 Mio DM gegenüber.

Allen Förderern und Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts sei an dieser Stelle im Namen der Geschäftsführung und der Institutsangehörigen für die Unterstützung im vergangenen Jahr herzlich gedankt.

Berlin, im November 1992

Clemens Baack

Wolfgang Grunow

Struktur

Das Heinrich-Hertz-Institut wurde im Februar 1992 durch die...  
 Wissenschaftliche Mitarbeiter...  
 Technische Mitarbeiter, Verwaltungsmitarbeiter...  
 Auszubildende...  
 Insgesamt waren damit zum Jahresende 278 Mitarbeiter beschäftigt...  
 Im Rahmen unserer Kooperationen arbeiteten 1992 durchschnittlich fünf Gastwissenschaftler im HHI...  
 Das Institut erhielt 1992 von den Zuwendungsgebern Bund und Land Berlin als institutionelle Förderung einen Gesamtzuwendungsbetrag in Höhe von ca. 28,6 Mio DM...  
 Im Rahmen der Projektförderung wurden 1992 dem HHI ca. 19,5 Mio DM vom Bund, der Deutschen Bundespost-Telekom und den Europäischen Gemeinschaften bewilligt...  
 Die Gesellschaft von Freunden des HHI stellte dem Institut Mittel in Höhe von 315,5 TDM zur Verfügung...  
 Den 48,4 Mio DM an verfügbaren Mitteln im Jahre 1992 standen 1991 49,4 Mio DM gegenüber...  
 Allen Förderern und Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts sei an dieser Stelle im Namen der Geschäftsführung und der Institutsangehörigen für die Unterstützung im vergangenen Jahr herzlich gedankt...  
 Berlin, im November 1992  
 Clemens Baack  
 Wolfgang Grunow



## Wissenschaftler-Austausch

Auch im vergangenen Jahr hat das Institut mit zahlreichen Institutionen einen Wissenschaftleraustausch gepflegt.

In der folgenden Zusammenstellung sind Wissenschaftler des HHI und anderer Institute aufgeführt, die an dem Austauschprogramm teilgenommen haben. Die Finanzierung der Gastaufenthalte erfolgte aus Mitteln der beteiligten Institutionen und aus dem Fonds des Vereins der Freunde des Heinrich-Hertz-Instituts.

### Gastwissenschaftler-Aufenthalte von HHI-Mitarbeitern im Ausland

Udo Hilbk  
NTT, Atsugi/Kanagawa (Japan)  
(Grundfinanzierung des HHI)  
10.6.92-10.12.1992

### Gastwissenschaftler im HHI

Markus Brandstätter  
Phoenicon Photoaktive Systeme GmbH, Berlin  
(Finanzierung durch Phoenicon)  
1.9.89-30.9.93

Suning Xie  
China Academy of Electronics and Information  
Technology, Beijing (VR China)  
(Grundfinanzierung des HHI + China)  
9.4.90-31.3.92

Jie Nie  
Dalian University (VR China)  
(Grundfinanzierung des HHI)  
21.9.90-30.6.92

Maka Charatischwili  
Georgische Technische Universität, Tbilissi  
(Georgien)  
(Grundfinanzierung des HHI)  
1.11.90-31.1.92

Wol Yan Hwang  
Etri, Daejeon (Korea)  
(Finanzierung durch Etri)  
1.7.91-30.6.92

Tadahiko Komatsu  
NTT, Tokyo (Japan)  
(Finanzierung durch NTT)  
18.10.91-30.4.92

Dr. Wei Ren  
Electronic Materials Research Lab. (EMRL),  
Xi'an (VR China)  
(Grundfinanzierung des HHI)  
23.10.92 - 30.6.93

### Beraterstätigkeit ausländischer Wissenschaftler im HHI

Prof. Dr. A.A. Friesem  
Weizmann Institute of Science, Rehovot (Israel)  
(Finanzierung durch den Verein der Freunde des HHI)  
1.3.92 - 31.8.92

Wissenschaftliche Darstellung

1914

Die Arbeit ist eine ...  
 in der ...  
 ...  
 ...

Die ...  
 ...

1915

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

1916

Die ...  
 ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...

Die ...  
 ...

Die ...







## Abteilung Vermittlung und Übertragung

### Übersicht

Aufgabe der Abteilung ist es, technologische und systemtechnische Grundlagen für die Übermittlung breitbandiger Signale in künftigen optischen Kommunikationssystemen zu erarbeiten. Die Aktivitäten der Abteilung sind zur Zeit hauptsächlich auf Entwicklungen und Untersuchungen zur optischen Frequenzmultiplex-technik (Optical Frequency Division Multiplex-, OFDM-Technik) und deren Einsatz in optischen Übertragungs- und Vermittlungssystemen ausgerichtet. Es ist davon auszugehen, daß die OFDM-Technik in zukünftigen Kommunikationssystemen eine sehr bedeutende Rolle spielen wird, da nur mit dieser Technik das eigentliche Potential der Glasfaser, die nahezu unbegrenzte Übertragungskapazität, genutzt werden kann /1, 2/.

Die Arbeiten zur OFDM-Technik bauen auf Ergebnissen, Entwicklungen und Realisierungen der Abteilung zur kohärenten optischen Fernsehverteilung auf. Im Rahmen eines Vorläuferprojektes erfolgte der Aufbau eines Demonstrationssystems zur kohärenten Fernsehverteilung /3, 4/.

Die Thematik OFDM-Vermittlungstechnik wird in dem Vorhaben "OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen" im Rahmen des im BMFT-Forschungsprogramm "Photonik" laufenden Verbundforschungsprojektes "Optische Signalverarbeitung" bearbeitet. Es werden Untersuchungen, Entwicklungen und Realisierungen zu einem OFDM-Koppelnetz durchgeführt, das die wahlfreie Vermittlung eines Signals von einer Trägerfrequenz einer Eingangsleitung auf eine beliebige Trägerfrequenz einer beliebigen Ausgangsleitung ermöglicht, s. Bild S. 18. Das Koppelnetz besteht aus ein- und ausgangsseitigen Frequenzstufen, in denen eine optoelektronische Frequenzumsetzung der Informationssignale erfolgt, und einer optoelektronisch arbeitenden Raumstufe mit einer dreidimensionalen (3D) Struktur zwischen den Frequenzstufen. Ziel des Vorhabens ist es, aus technologischer und systemtechnischer Sicht Möglichkeiten und Grenzen für die Realisierung einer größeren OFDM-Vermittlungseinrichtung aufzuzeigen. Das Vorhaben ist in die drei Teilvorhaben "Optische Frequenzvermittlung", "3D-Raumstufe mit holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken" und "Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke" unterteilt. Das zuletzt genannte Teilvorhaben ist der Abteilung "Optische Signalverarbeitung" zugeordnet. In dem Teilvorhaben "Optische Frequenzvermittlung" werden Untersuchungen und Entwicklungen zu den Frequenzstufen der OFDM-Vermittlungseinrichtung durchgeführt. Die Entwicklung und der Aufbau der

3D-Raumstufe, bei der die Vernetzung der Koppelnetzstufen über holographisch-optische Freistrahlsverbindungsnetzwerke erfolgen soll, ist Ziel des zweiten Teilvorhabens. Die Durchführung erfolgt in sehr enger Zusammenarbeit mit der Firma ANT-Bosch Telecom, dem Institut für Festkörperphysik der TU-Berlin, dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik sowie dem Physikalischen Institut der Universität Erlangen-Nürnberg. Begleitet werden die Arbeiten durch theoretische Untersuchungen zu Verbindungsmustern und Steuerungsalgorithmen einer Vermittlungseinrichtung in dreidimensionaler Struktur /5, 6, 7, 8, 9/.

Der Einsatz der OFDM-Technik in einem lokalen Breitbandkommunikationsnetz ist das Ziel des von der DBP-Telekom finanzierten Vorhabens "Coherent Optical Broadband Island, COBI". Speziell im LAN-Bereich ist in den nächsten Jahren mit einem stark steigenden Bedarf an Übertragungskapazität für die Vernetzung von Hochgeschwindigkeitsrechnern und für die Nutzung von Breitbanddialogdiensten zu rechnen. In dem Vorhaben wird von einer Sternstruktur mit passivem Sternpunkt ausgegangen. Jeder Teilnehmer sendet auf einer bestimmten ihm zugeordneten optischen Frequenz und empfängt das im passiven Sternpunkt gebildete Frequenzmultiplexsignal. Mit einem durchstimmbaren Überlagerungsempfänger kann jeder Teilnehmer auf die für ihn bestimmte Information zugreifen.

Ziel des Ende 1992 abgeschlossenen RACE-Vorhabens R1010 "Subscriber Coherent Multi-Channel System" war es, Einsatzmöglichkeiten der OFDM-Technik für den Teilnehmeranschluß im europäischen universellen Breitbandnetz (IBCN) zu demonstrieren. Das HHI war neben den Firmen Philips (NL, Prime Contractor), GEC Marconi (UK), Siemens (D), LEP (F, bis 30.6.91) sowie IMEC (B) Partner in dem Vorhaben. Im Rahmen des Vorhabens wurde ein Demonstrationssystem in Caswell bei GEC Marconi aufgebaut. Die Abteilung Vermittlung und Übertragung trug hierzu mit der Entwicklung und dem Aufbau der Einheit zur Stabilisierung der optischen Sendefrequenzen bei.

Anfang 1992 startete das RACE II-Vorhaben R2065 "Coherent Optical Systems Implemented for Business Traffic Routing and Access" (COBRA). Partner sind die Firmen Philips (NL, Prime Contractor), GPT (UK), Siemens (D), IMEC (B), BBC (UK), CET (P), HHI (D) und die PTT Telecom BV (NL). Hauptziel des Projekts ist es, die kurz- und mittelfristige Implementation der OFDM-Technik sowohl in Nebenstellenanlagen für kommerzielle Nutzer als auch in Verbindungsnetzwerken dieser Nebenstellenanlagen sowie in Transit Netzwerken zu zeigen. Die Abteilung beteiligt sich mit Untersuchungen und Entwicklungen zur Frequenzstabilisierung von OFDM-Systemen sowie mit Systemstudien an dem Vorhaben.



### OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen Teilvorhaben: "Optische Frequenzvermittlung"

Projektleiter: Dr. P. Meißner  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 1992: 10  
Laufzeit: 1.1.91-31.3.94

#### Ziel

Das im Rahmen des Photonik-Vorhabens "OFDM-Vermittlung mit 3D-Raumstufen" durchgeführte Vorhaben ist thematisch auf die Entwicklung und Untersuchung der Frequenzstufen ausgerichtet. Hierbei sind zwei 4 kanalige Sendeeinheiten mit absoluter und relativer Frequenzstabilisierung und eine vierkanalige Empfangseinheit mit elektronisch abstimmbaren Empfängern zu entwickeln, aufzubauen und zu untersuchen. Die Schwerpunkte der Arbeiten liegen auf der Erreichung einer hohen Empfindlichkeit, einer flexiblen und robusten Stabilisierungseinheit und auf einer möglichst schnellen Abstimmung der Empfänger.

Die Arbeiten zur OFDM-Vermittlung bauen auf den Ergebnissen des ebenfalls vom BMFT geförderten Projekts "Kohärente optische Fernsehverteilung" auf und werden in enger Zusammenarbeit mit dem von der Deutschen Bundespost Telekom geförderten Projekt "Coherent Optical Broadband Island, COBI" durchgeführt.

#### Stand im Projekt

Im zweiten Jahr der Projektlaufzeit konzentrierten sich die Arbeiten auf folgende Schwerpunkte:

- Entwicklung einer auf Epoxyd-Substrat aufgebauten Empfängerschaltung:

Mit dem Ziel einer reproduzierbaren, billigen und auch einfachen Herstellung der Mikrowellenschaltung der kohärenten Polarisations-Diversity-Empfänger wurden Strip-Line-Schaltungen für Empfänger mit inkohärenter Detektion sowie mit Delay-Line-Demodulation auf Epoxyd-Substrat entwickelt. Die erreichte Empfindlichkeit mit Delay-Line Demodulation beträgt für einen Polarisationskreis -53 dBm und mit inkohärenter Demodulation -48 dBm bei einer Übertragungsrate von 280 Mbaud.

- Entwicklung, Aufbau und Test einer Mikroprozessor kontrollierten Ansteuerung für DFB Laser und elektronisch abstimmbare TTG-Laser:

Wesentlich für die Vermittlungsfunktion einer OFDM-Vermittlung ist die Verfügbarkeit einer digitalen Ansteuerung für den lokalen Laser zur automatischen Kanalwahl im Empfänger. Es wird z.Zt. eine Mikroprozessor gesteuerte Ansteuerung entwickelt, die die Durchführung eines Vermittlungsvorgangs durch Abstimmen der Injektionsströme und der Temperatur des lokalen Lasers (2 Sektions TTG bzw. 3 Sektions DBR-Laser) erlaubt. Die gleiche Einheit soll auch zur Ansteuerung der Sende-Laser verwendet werden.

- Entwicklung und Aufbau eines direkten Empfängers mit abstimmbarem optischen Filter:

Ein alternatives Empfängerkonzept zum kohärenten Empfänger besteht aus einem optischen Verstärker, einem abstimmbaren Filter und einem direkten Empfänger. Um die Eigenschaften beider Empfängerkonzepte vergleichen zu können, wird z.Zt. ein Empfänger bestehend aus Faserverstärker, abstimmbarem Fabry-Perot und direktem Empfänger aufgebaut.

- Arbeiten zur Überleitung zu kohärenten LANs:

In enger Zusammenarbeit mit dem von der Deutschen Bundespost Telekom geförderten Projekt COBI wurden Möglichkeiten für die Überleitung des Frequenzmultiplexsignals einer optischen Frequenzvermittlung auf breitbandige, auf OFDM-Techniken beruhenden LANs untersucht. Es wurde hierfür eine Netzstruktur entwickelt, die einen hohen passiven Abhörschutz sowie eine problemlose Überleitung ermöglicht. Diese Netzstruktur wurde in Zusammenarbeit mit dem Projekt COBI für ein mittelgroßes Netz von 72 Teilnehmern exemplarisch (16 von 72 Anschlüssen) realisiert. Auf der ECOC '92 wurde über die Eigenschaften des Netzes berichtet /11/ und der exemplarische Aufbau präsentiert.

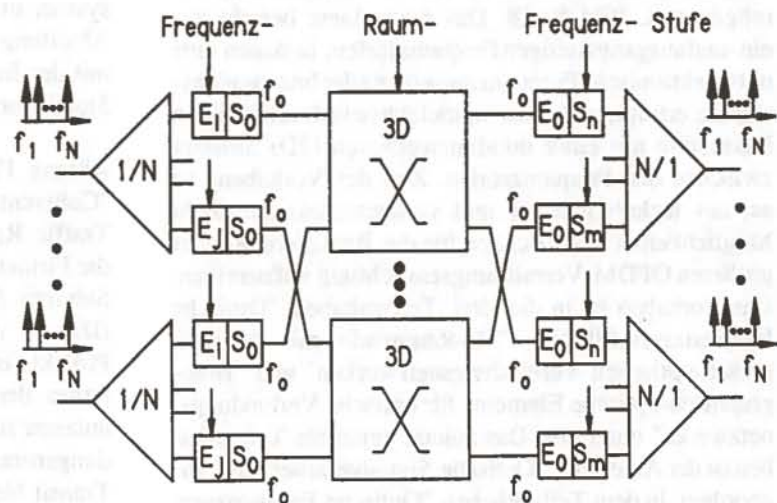


Bild: OFDM-Vermittlungssystem mit optoelektronischen Frequenzstufen (S: optischer Sender, E: optischer Empfänger)



## OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen Teilvorhaben: "3D-Raumstufe mit holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken"

Projektleiter: Dipl.-Ing. G. Teich

Mitarbeiter in 92: 5½

Zuwendungsgeber: BMFT

Laufzeit: 1.1.91-31.3.94

### Ziel

Im Rahmen des Photonik-Vorhabens "OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen" sollen in dem Teilvorhaben für eine 3D-Raumstufe mit holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken aus technologischer und systemtechnischer Sicht Realisierungsmöglichkeiten aufgezeigt und demonstriert werden.

Es wird von einer mehrstufigen kompakten räumlichen Anordnung (s. Bild) mit optischen dreidimensionalen Verbindungsnetzwerken in Freistrahntechnik zwischen den Schaltstufen ausgegangen. Konzeptgemäß sollen die Schaltstufen aus übereinander angeordneten Subschalteebenen aufgebaut werden, auf denen die Schaltelemente (Koppelpunkte) und die für die optische Verbindungstechnik erforderlichen Laserdioden- und Photodiodenzeilen einschließlich der Empfangs- und Treiberelektronik angeordnet sind. In den Verbindungsnetzwerken sollen zur Strahlablenkung und zur Kollimierung bzw. Fokussierung holographisch-optische Elemente eingesetzt werden, die im Rahmen des Teilvorhabens "Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke" (s. Abteilung "Optische Signalverarbeitung") und im Rahmen eines F&E-Vertrages von dem Physikalischen Institut der Universität Erlangen-Nürnberg entwickelt werden. Die Verbindungsnetzwerke sollen bei einer Wellenlänge von 1,55 µm arbeiten.

Ausgehend von diesem Konzept soll ein exemplarischer Experimentalaufbau in hybrider Aufbautechnik erstellt werden. Es erfolgt eine sehr enge Zusammenarbeit mit der Firma ANT-Bosch Telecom, die den Aufbau der Subschalteebene durchführt, mit dem Institut für Festkörperphysik der TU-Berlin, das die Photodiodenzeile entwickelt und dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, das für die Entwicklung der Laserdiodenzeile verantwortlich ist. Auf der Grundlage des Experimentalaufbaus und begleitender Untersuchungen sollen die Realisierbarkeit vor allem der 3D-Freistrahlanordnung demonstriert und darüber hinaus Randbedingungen und Möglichkeiten für den Aufbau von 3D-Raumstufen mit optischen Freistrahlinverbindungen aufgezeigt werden.

### Stand im Projekt

In enger Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern erfolgte zunächst die Konzipierung des Experimentalaufbaus der 3D-Raumstufe und der Subschalteebene (1. Aufbauvariante). Es ist ein exemplarischer Aufbau mit drei Schaltstufen und zwei bis drei Subschalteebenen pro Schaltstufe geplant (s. Bild).

Für den Elektronikbereich der Subschalteebene wurde das Layout überarbeitet. Subschalteebenen mit faseroptischen Ein- und Ausgängen wurden aufgebaut und untersucht. Für den Signalweg konnte eine Empfängerempfindlichkeit von -20 dBm (BER =  $10^{-9}$ , 565 Mbit/s) erreicht werden. Für den Gesamtaufbau der 3D-Raumstufe, insbesondere für die Schaltstufe, wurden Konstruktionsentwürfe erarbeitet. Auf dieser Grundlage wurde eine Einschubhalteeinrichtung aus Silizium zur Aufnahme der Subschalteebenen gefertigt. Es wird erwartet, daß durch die Ausnutzung hochgenauer Fertigungsverfahren auf die Einzeljustage der Subschalteebenen verzichtet werden kann.

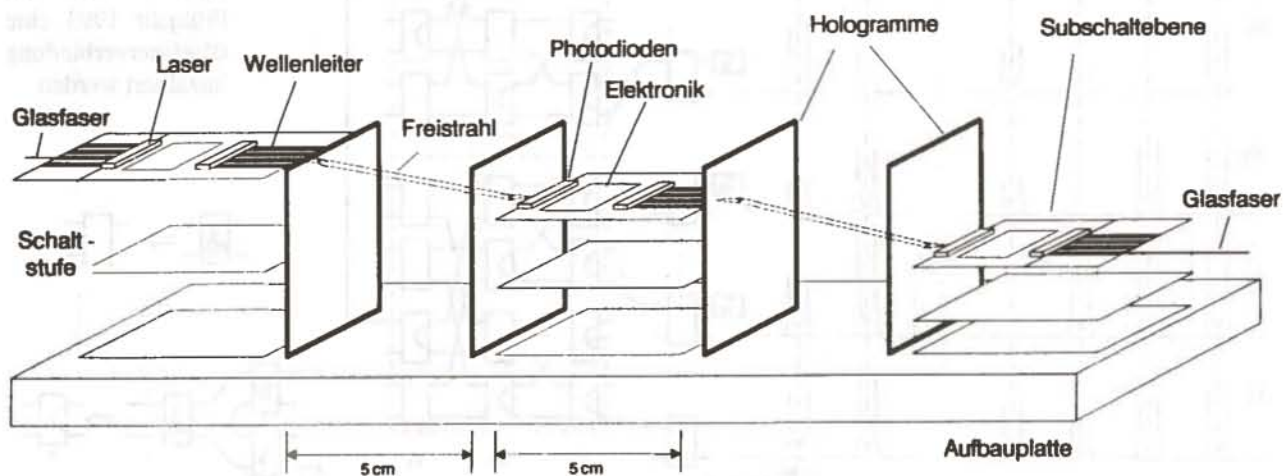


Bild: 3D-Raumstufe



## Coherent Optical Broadband Island (COBI)

Projektleiter: Dipl.-Ing. J. Saniter  
Zuwendungsgeber: DBP-Telekom

Mitarbeiter in 92: 4  
Laufzeit: 1.1.91-31.12.93

### Ziel

In dem Vorhaben sollen die Möglichkeiten der kohärenten optischen Übermittlungstechnik für den Einsatz in einem lokalen Breitband-Kommunikationsnetz untersucht werden. Es wird hierbei von dem Konzept ausgegangen, daß die Teilnehmer über ein passives optisches Netzwerk miteinander verbunden sind. Jeder Teilnehmer sendet auf einer bestimmten, ihm zugewiesenen optischen Frequenz. Der gerufene Teilnehmer stimmt seinen frequenzselektiven, durchstimmbaren Empfänger auf die optische Frequenz des rufenden Teilnehmers ab. Arbeitsschwerpunkte des Vorhabens sind Untersuchungen und Entwicklungen zum bidirektionalen Anschluß der Teilnehmer an das Kommunikationsnetz sowie zur relativen und absoluten Frequenzstabilisierung der Laser in den optischen Sende- und Empfangseinheiten. Für den Systemtest der zu entwickelnden Baugruppen ist der Aufbau eines Experimentalsystems vorgesehen.

Das Vorhaben wird in Absprache und im engen Kontakt mit dem Forschungsinstitut (FI) des Forschungs- und Technologiezentrums (FTZ) der DBP-Telekom durchgeführt. Eine Zusammenschaltung zwischen den im FI und im HHI entwickelten kohärenten Systemen ist geplant.

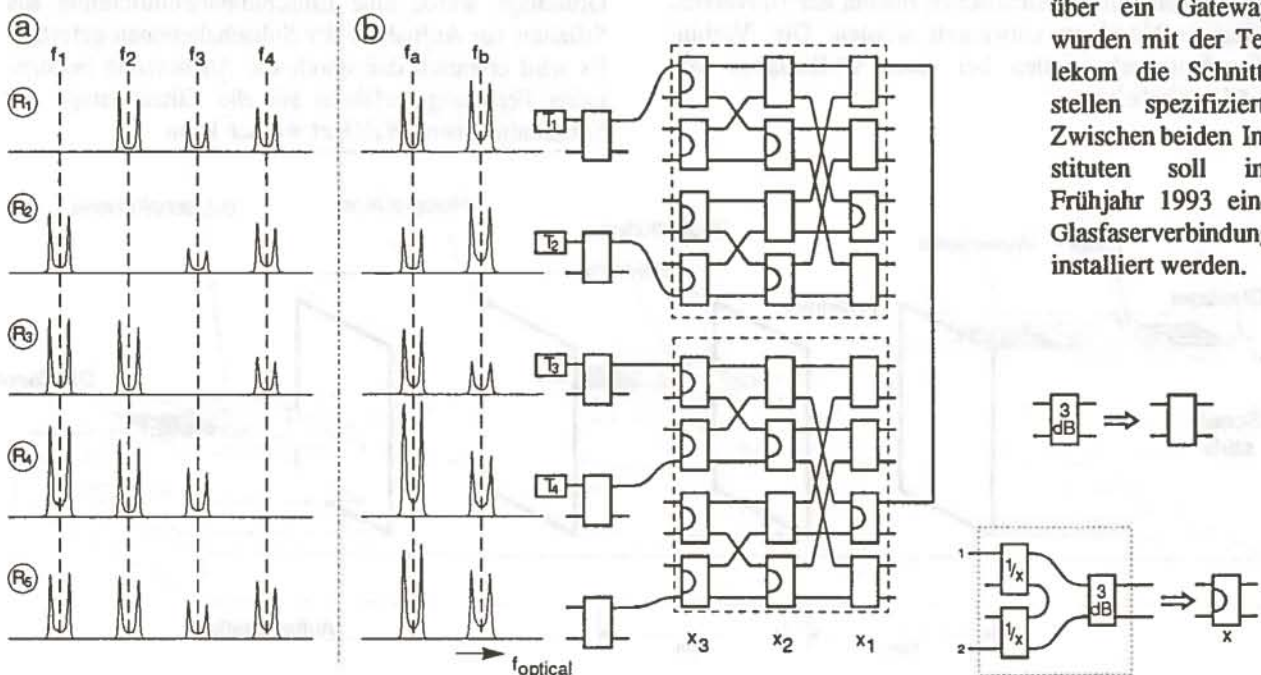


Bild: Aufgebauter Sternkoppler und gemessene Spektren:

### Stand im Projekt

Nachdem zu Beginn des Projektes verschiedene Strukturen für passive optische Breitbandnetze untersucht worden sind, wurde im zweiten Jahr ein neuartiges "Bypassed Star Coupler"-Netz für 72 Teilnehmer exemplarisch aufgebaut und in seinen wesentlichen Eigenschaften charakterisiert /10, 11/. Dieses Netz hat die Eigenschaft, daß die Information, die über eine beliebige Teilnehmerleitung in das Netz gesendet wird, an alle anderen Teilnehmerleitungen verteilt wird, nicht aber an die Leitung, von der aus gesendet wird (Bild a). Es ist daher möglich, bei Dialogverbindungen die gleiche optische Frequenz für beide Übertragungsrichtungen zu verwenden, ohne daß es zu Störungen bei den Dialogpartnern kommt (Bild b). Auf allen anderen Teilnehmerleitungen dagegen überlagern sich die Daten der Dialogverbindungen, wodurch ein gewisser Abhörschutz erreicht wird. Dadurch, daß bei Dialogverbindungen die gleiche optische Frequenz für beide Übertragungsrichtungen genutzt werden kann, verdoppelt sich die Übertragungskapazität des Breitbandnetzes gegenüber konventionellen kohärenten Netzen. Im Rahmen der ECOC '92 wurden den Tagungsbesuchern diese Netzeigenschaften demonstriert.

Der Aufbau einer Stabilisierungseinheit für die absolute und relative Frequenzstabilisierung der Sendelaser in dem Breitbandnetz ist weitgehend abgeschlossen und wurde ebenfalls im Rahmen der ECOC gezeigt.

Für die geplante Zusammenschaltung des im HHI entwickelten Breitbandnetzes mit einem vergleichbaren Netz im FI des FTZ über ein Gateway wurden mit der Telekom die Schnittstellen spezifiziert. Zwischen beiden Instituten soll im Frühjahr 1993 eine Glasfaserverbindung installiert werden.

a) Eigenschaften des Netzes

b) Betrieb mit zwei bidirektionalen Verbindungen



### Subscriber CMC System (RACE 1010) Teilprojekt "Systemaspekte"

Projektleiter: Dr. C. v. Helmolt  
Zuwendungsgeber: EG (50%)

Mitarbeiter in 92: 2½  
Laufzeit: 1.1.88-31.12.92

#### Ziel

Das HHI war bereits im Jahr 1986 in der RACE Definitionsphase Prime Contractor des Projekts 1032, das die Einsatzmöglichkeiten von kohärenten optischen Vielkanalsystemen (Coherent Multi-Channel, CMC) für den Teilnehmeranschluß im europäischen IBCN untersuchte. Diese Arbeiten bildeten die Grundlage für das Ende 1992 abgeschlossene RACE-Vorhaben R1010 "Subscriber CMC System". Das Konsortium bestand aus den Firmen Philips (NL), Siemens (D), GEC-Marconi (vormals Plessey, UK) und den Instituten HHI (D) und IMEC (B). Die Firma Philips war Prime Contractor. Der Gesamtaufwand betrug 180 Mannjahre.

Ein wesentliches Ziel des Gesamtprojekts war es, durch die Entwicklung eines Demonstrationssystems die Möglichkeiten und die technische Realisierbarkeit von CMC-Teilnehmeranschlußsystemen zu zeigen. Kritische Baugruppen wie kohärente Sendermodule und optische Heterodynempfänger wurden nach vereinbarten Spezifikationen von Philips, Siemens und GEC-Marconi für das System zugeliefert. Weitere Ziele des Projekts waren die Weiterentwicklung abstimmbarer Laser, die Entwicklung integrierter optoelektronischer Komponenten und die Anfertigung von Systemstudien zum Einsatz von CMC-Techniken im IBCN. Das HHI hatte als systemseitigen Beitrag u.a. die Aufgabe übernommen, für das Demonstrationssystem die Vielkanal-Frequenzstabilisierung (Multi-Channel Stabilization Unit, MSU) zu entwickeln und im Demonstrationssystem einzusetzen. Weitere Aktivitäten beinhalteten die Untersuchung verbesserter Laser-Frequenzstabilisierungsverfahren sowie das Erstellen von Systemstudien.

#### Stand im Projekt

- Multi-Channel Stabilization Unit, MSU:  
Die Arbeiten an der MSU /12/ konzentrierten sich auf die folgenden Erweiterungen: Entwicklung und Test der Software zur Einfügung des "Hot-Standby" Senders und der simultanen Bitfehlerratenmessung, Erstellen der zugehörigen Hardware- und Schnittstelleneinheit sowie Installation der Hard- und Software im Demonstrator in Caswell. Mit der Installation dieser Erweiterungen sowie z.T. gemeinsam mit GEC-Marconi erstellten Auswertun-

gen wurden die Arbeiten zur MSU erfolgreich beendet.

- Verbesserte Frequenzstabilisierungen:  
Die Untersuchung der HF-FM-Methode zur Laserfrequenzstabilisierung wurde fortgesetzt. Für die erste Regelschleife konnte eine Stabilität von 1 MHz gezeigt werden. Die Diskriminatorfunktion der zweiten Regelschleife zur Stabilisierung des Fabry Perot Resonators wurde gemessen. Residuelle Reflexionen begrenzten die Stabilität des geregelten Resonators auf  $10^{-4}$ .  
Unter Ausnutzung des optogalvanischen Effekts in Krypton wurde eine absolute optische Frequenzstabilisierung aufgebaut und untersucht. Hierzu wurde ein Halbleiterlaser an einem atomaren Übergang bei der Wellenlänge von 1547,825 nm stabilisiert. Eine absolute Frequenzstabilität besser als 100 MHz ( $5 \cdot 10^{-7}$ ) wurde erreicht /13/.  
Das CMC Frequenzstabilisierungsprinzip mit einem Heterodynspektrometer /14/ wurde auf einen Kontrollbereich von 800 GHz erweitert. Als Lokaloszillatorlaser diente ein Siemens TTG Laser mit 6,5 nm Abstimmbereich. In diesem Laborexperiment /13/ wurde die oben erwähnte absolute Referenz sowie ein im Rahmen des Projekts entwickeltes OIC/OEIC-Polarisationsdiversity-Detektor Modul eingesetzt /103/.
- Systemstudien:  
Die Arbeitsgruppe "Systeme", die vom HHI geleitet wird, hat den fünften und abschließenden CMC Bericht /129/ verfaßt, in dem das Potential, der Fortschritt während der letzten Jahre sowie die Leistungsfähigkeit von CMC Systemen im Teilnehmeranschlußbereich diskutiert werden.

Das Projekt wurde am 31.12.1992 erfolgreich abgeschlossen. Mit dem Betrieb und dem Test des 10-Kanal-CMC-Demonstrationssystems in Caswell konnte der hohe Stand der CMC-Technik gezeigt werden, bei dem weltweit erstmalig CMC-Baugruppen nach vereinbarten Spezifikationen von verschiedenen Firmen entwickelt und geliefert wurden. Die CMC-Sender und -Empfänger waren untereinander voll kompatibel und die Geräte sind über einen Zeitraum von bis zu 18 Monaten im Demonstrator getestet worden.



**COBRA: Coherent Optical Systems Implemented for Business Traffic Routing and Access (RACE 2065)**

Projektleiter: Dr. C. v. Helmolt

Mitarbeiter in 92: 2

Zuwendungsgeber: EG (50%)

Laufzeit: 1.1.92-31.12.94

**Ziel**

Aufbauend auf den Erfahrungen, die das RACE 1010 Konsortium mit dem Demonstrator zur kohärent optischen Vielkanaltechnik (CMC-Technik) sammeln konnte, wurde ein Nachfolgeprojekt definiert, in dem der Feldeinsatz der CMC-Technik getestet werden soll. Das bestehende R 1010 Konsortium wurde daher um drei kommerzielle Anwender erweitert. Das COBRA Konsortium besteht aus den Firmen Philips (NL, Coordinator), GPT (UK), Siemens (D), den Instituten IMEC (B) und HHI (D) sowie den Anwendern BBC (UK), CET (P) und PTT Telecom BV (NL). Der personelle Gesamtaufwand beträgt ca. 120 Mannjahre.

Ein wesentliches Projektziel ist es, die kurz- und mittelfristige Implementation kohärent optischer Vielkanal (CMC) Systeme in Nebenstellenanlagen (Business Customer Premises Network, BCPN), in Verbindungsleitungen dieser BCPNs mit einer variablen Anzahl optischer Träger sowie in Transitnetzwerken für flexible und rekonfigurierbare Verbindungen zu zeigen.

Zu diesem Zweck sind folgende Demonstratoren geplant:

- Videokonferenz (140 Mbit/s) bei der PTT in Portugal
- Flexible kommerzielle Breitbandverbindungen (155 Mbit/s) bei der PTT in Holland
- Verteilung und Selektion digitaler HDTV Kanäle (2,5 Gbit/s) im Studio der BBC in England als Overlay zu einem WDM-System
- Rekonfigurierbare Knoten (Reconfigurable Nodes, RENOs) für flexible Verbindungen im Transitnetzwerk (2,5 Gbit/s) bei Philips in Holland.

Die drei industriellen Partner liefern die kohärenten Sender und Empfänger, die Anwender i. allg. die nötige Infrastruktur. Für die 140 Mbit/s und 155 Mbit/s Demonstratoren werden die Einrichtungen vom RACE 1010-Demonstrator - teilweise in modifizierter Form - eingesetzt. Die 2,5 Gbit/s Sender und Empfänger für den BBC- und RENO-Demonstrator werden neu entwickelt. Weitere Projektziele sind die Weiterentwicklung von Lasern mit hoher Modulationsgrenzfrequenz, die Entwicklung und die Aufbautechnik integriert optoelektronischer Komponenten, die Anfertigung von Systemstudien zum Einsatz der CMC-Technik sowie die Untersuchung anwenderspezifischer Fragen.

Das HHI hat als systemseitigen Beitrag u.a. die Entwicklung der Frequenzstabilisierungseinheiten für den RENO- und den BBC-Demonstrator übernommen. Weitere HHI-Aktivitäten beinhalten die Untersuchung verbesserter Laser-Frequenzstabilisierungsverfahren sowie das Erstellen von Systemstudien.

**Stand im Projekt**

- BBC-Demonstrator:  
Zum Demonstratordesign fanden intensive Diskussionen mit den Projektpartnern statt, um den Umfang, die Schnittstellen und die technischen Daten festzulegen. Das Konzept zur Frequenzstabilisierung wurde entworfen und insbesondere mit der Firma GEC-Marconi diskutiert, die die Softwareentwicklung zur Demonstratorsteuerung und -Kontrolle übernommen hat. Zur Frequenzstabilisierung besteht eine gemeinsame Softwareschnittstelle. Deren Grobstruktur wurde abgesprochen. Die Experimente zur Frequenzstabilisierung, die auf einer absoluten Referenz und einem abstimmbaren Fabry Perot Resonator beruhen, wurden vorbereitet. Zwei mit GEC-Marconi gemeinsame Deliverables zum Entwurf der Frequenzstabilisierung des BBC-Demonstrators wurden erstellt.
- RENO-Demonstrator:  
Der Demonstratorentwurf wurde mit der Firma Philips sowie dem Institut IMEC ausgearbeitet. Zur Frequenzstabilisierung wird ein dezentrales Konzept verfolgt, bei dem jeder Sendeeinheit eine eigene relative optische Referenz zugeordnet ist. Mittels eines in der RENO-Zentrale verteilten absoluten Referenzsignals sollen die Sender absolut stabilisiert werden. Die Experimente zur dezentralen Stabilisierung wurden begonnen und optische Sendemodule, die sich bis 2,5 Gbit/s modulieren lassen, wurden aufgebaut. Zum Frequenzstabilisierungskonzept des RENO-Demonstrators wurden zwei Deliverables erstellt.
- Verbesserte Frequenzstabilisierungen:  
Zur Erzeugung eines optischen Frequenzreferenzkamms wurde das Prinzip modensynchronisierter Laser untersucht. Ein erstes Modul eines modensynchronisierten Lasers ist in Vorbereitung.
- Systemstudie:  
Die vom HHI geleitete Arbeitsgruppe "Systeme" hat einen ersten Bericht erstellt mit dem Titel: COBRA - Flexible Broadband Networks /130/. In diesem Bericht werden die Prinzipien des COBRA Konzepts, die Anforderungen der Nutzer sowie die in COBRA geplanten Demonstratoren behandelt.



## Abteilung Optische Signalverarbeitung

### Übersicht

In der Informationstechnik erfolgt die Signalverarbeitung derzeit größtenteils mit mikroelektronischen Schaltkreisen, also mit Elektronen. Der Einsatz von Photonen zur Signalverarbeitung hat zwar in den Disziplinen der Informationstechnik, die der physikalischen Optik nahestehen, eine lange Tradition, in anderen Bereichen der Informationstechnik wurden entsprechende Verfahren jedoch bisher noch wenig genutzt.

Elektronen und Photonen haben unterschiedliche, meist komplementäre Eigenschaften. So führen Wechselwirkungen zwischen Elektronenströmen zum Übersprechen zwischen elektrischen Leitungen, Lichtstrahlen können sich dagegen ohne Beeinflussung kreuzen. Elektronen können in Kondensatoren gespeichert werden, Photonen lediglich in dynamischen optischen Laufzeitgliedern. Optische Signalpfade haben verglichen mit elektronischen eine außerordentlich hohe Bandbreite, Elektronenströme lassen sich im Gegensatz zu Photonenströmen relativ problemlos schalten.

Aufgabe der Abteilung Optische Signalverarbeitung (OS) ist es zu untersuchen, bei welchen informationstechnischen Systemen der Einsatz optischer bzw. optoelektronischer Verfahren zu eindeutigen Vorteilen gegenüber der Verwendung ausschließlich elektronischer Verfahren führt. Als Beispiel aus der Vergangenheit ist hier das Gebiet der Fernübertragungstechnik zu nennen, in dem sich optische Übertragungsverfahren bereits eindeutig durchgesetzt haben.

An dem im BMFT-Forschungsprogramm "Photonik" laufenden Verbundforschungsprojekt "Optische Signalverarbeitung" ist die Abteilung OS mit dem Projekt "Untersuchungen zur optischen ATM-Vermittlung" beteiligt. In diesem Projekt wird untersucht, welche Möglichkeiten zur Entwicklung hochratiger ( $\approx 10$  Gbit/s) und im asynchronen Transfermode (ATM) mit rein optischen Signalpfaden arbeitender Vermittlungssysteme bestehen. Die Arbeiten wurden Anfang 1991 im Rahmen der beiden Teilprojekte "Charakterisierung passiver optischer Wellenleiterschalter und Entwicklung dynamischer optischer Speicher" und "Entwicklung von Subsystemen zur OATM-Vermittlung mit Selbststeuerung" aufgenommen.

Am Photonik-Projekt "OFDM-Vermittlung mit 3D-Raumstufen" beteiligt sich die Abteilung mit dem Teilprojekt "Holographisch-optische Elemente für op-

tische Verbindungsnetzwerke". Hierbei werden im HHI computergenerierte Hologramme zur Strahlkollimierung bzw. Strahlfokussierung entwickelt. Arbeiten zur Entwicklung der für das Projekt außerdem benötigten Ablenkhologramme wurden im Rahmen eines mit der Universität Erlangen abgeschlossenen F&E-Vertrages durchgeführt. Darüber hinaus fand mit einem Wissenschaftler vom Weizmann Institute (Israel) eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Herstellung und Anwendung holographisch-optischer Elemente statt. Diese Zusammenarbeit wird auch 1993 fortgesetzt.

Neben den einzelnen Vorhaben im BMFT-Verbundprojekt Photonik/Optische Signalverarbeitung sind partnerübergreifende Arbeitsgruppen gebildet worden. Von der Abt. OS wird eine Arbeitsgruppe "Systeme" geleitet, in der die mit Systemfragen befaßten Partner in Form eintägiger Kolloquien am HHI die Frage behandeln, wie das Potential der Photonik für künftige Nachrichtensysteme erschlossen werden kann. Die Themata beziehen sich auf die jeweils aktuellen Systemarbeiten der Partner, auf die Ziele für ein mögliches Nachfolgeprogramm Photonik II, sowie auf ausgewählte Schwerpunkte. Im Berichtszeitraum wurden zwei Arbeitssitzungen durchgeführt, davon eine über optisch transparente Netze. Eine Darstellung des gesamten Verbundprojektes Photonik/Optische Signalverarbeitung mit Schwerpunkt auf dem Systemansatz wurde auf zwei internationalen Konferenzen /16/ gegeben.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens "Funktionselemente für den optisch transparenten Trägerfrequenzkanal", das von der DBP-Telekom gefördert wird, werden die Untersuchungen zur Vermittlung im optischen Frequenzmultiplex (OFDM) weitergeführt. Im vorangegangenen Forschungsvorhaben "Frequenzmultiplex-techniken für die kohärente optische Breitbandübermittlung" waren alle wesentlichen Vermittlungsfunktionen an einem optisch transparenten Vermittlungsknoten demonstriert worden. Dieser ist nun mit jeweils zwei optischen Trägern auf zwei Ein- und Ausgangsleitungen zu einem Demonstrator erweitert worden und steht damit als Testbett für Messungen an neuen optischen Funktionselementen zur Verfügung. Ein Teil des Demonstrationssystems wurde auf der CeBIT '92 in Hannover ausgestellt.

Im Rahmen eines weiteren Vertrages mit der DBP-Telekom werden "Untersuchungen zur optischen Signalregeneration" durchgeführt. Hierfür werden Komponenten untersucht, die es gestatten, eine Signalregeneration ohne optoelektronische Wandlung innerhalb eines Signalpfades durchzuführen. Basiskomponenten sind Mehrsektions-Halbleiterlaser, die in enger Abstimmung mit dem Bereich Integrierte Optik des HHI entwickelt werden.



Für das im Dezember 1992 beendete RACE Projekt R1010 (Subscriber Coherent Multi-Channel (CMC) System) wurden in Zusammenarbeit mit den Partnern des Konsortiums Systemstudien angefertigt /129/ und Beiträge zur funktionellen Spezifikation der europäischen Breitbandkommunikation (IBC) geleistet. Die CMC-Systemaktivitäten wurden in mehreren Veröffentlichungen dargestellt /17, 18/.

Während RACE 1010 sich hauptsächlich mit der Verteilung von Breitbanddiensten mittels der kohärenten Vielkanaltechnik befaßte, ist diese Technik in dem ab Januar 1992 laufenden Folgeprojekt R2065 COBRA (Coherent Optical Systems Implemented for Business Traffic Routing and Access) auf ein ganzes Netz (inklusive der Vermittlungsknoten) für professionelle Kunden ausgedehnt /130/.

### Abbildung (Optische?)

Abbildung

Die Abbildung zeigt die Struktur des Systems. Es besteht aus mehreren Komponenten, die in einer hierarchischen Anordnung dargestellt sind. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

Das Diagramm zeigt die hierarchische Struktur des Systems. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

Die Abbildung zeigt die hierarchische Struktur des Systems. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

Die Abbildung zeigt die hierarchische Struktur des Systems. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

Die Abbildung zeigt die hierarchische Struktur des Systems. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

Die Abbildung zeigt die hierarchische Struktur des Systems. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

Die Abbildung zeigt die hierarchische Struktur des Systems. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

Die Abbildung zeigt die hierarchische Struktur des Systems. Die Beschriftungen sind teilweise unleserlich, aber es ist erkennbar, dass es sich um ein technisches Diagramm handelt.

### Untersuchungen zur optischen ATM-Vermittlung Teilprojekt: "Charakterisierung passiver optischer Wellenleiterschalter und Entwicklung dynamischer optischer Speicher"

Projektleiter:

Dr. G. Großkopf, Dr. R. Langenhorst Mitarbeiter in 92: 5

Zuwendungsgeber: BMFT

Laufzeit: 1.7.90-31.3.94

#### Ziel

Im Rahmen des Projekts sollen Teilaspekte zur Realisierung hochratiger OATM-Vermittlungssysteme (Optical Asynchronous Transfer Mode) untersucht werden. Hierbei werden die mit einer Adresse versehenen Datenzellen mit durchgehend optischen Signalpfaden übermittelt. Bei der Vermittlung von ATM-Zellen sind stets Pufferspeicher erforderlich, in denen der Inhalt von Zellen so zwischengespeichert wird, daß Kollisionen auf den abgehenden Leitungen vermieden werden. Diese dynamischen Speicher können als kaskadierte Faserringe realisiert werden, in denen die ATM-Zellen bis zu ihrem Abruf zirkulieren.

Die optischen Schalter in den Faserringen und im Vermittlungsnetzwerk können sowohl aktive Wellenleiterschalter (Halbleiterlaser-Verstärker) als auch passive Strukturen sein. Für passive Schalter sind nichtlineare Wellenleiter erforderlich, deren Brechzahl z.B. mit dem elektro-optischen Effekt gesteuert wird.

Die Arbeitsschwerpunkte des Vorhabens sind:

- Entwicklung von dynamischen optischen Speichern
- OATM-Experimente mit Faserring-Speichern und Self-Routing Modulen
- Charakterisierung von optischen Wellenleiterschaltern.

Diese Themen werden in enger Zusammenarbeit mit den Teilvorhaben "Entwicklung von Subsystemen zur OATM-Vermittlung mit Selbststeuerung" und "Schnelle optische Wellenleiterschalter für OATM-Systeme" (siehe Kapitel Integrierte Optik) behandelt.

#### Stand im Projekt

*Entwicklung von dynamischen optischen Speichern:*

Ein vereinfachter optischer Speicherring bestehend aus einer Faserschleife, einem Er-dotierten Faserverstärker und einem optischen Halbleiterverstärker als Schalter wurde in einem 2 x 2 OATM-Knoten experimentell untersucht. Die ATM-Zellen wurden über einen 3 dB-Koppler in den Ring ein- und ausgekoppelt. Im Zusammenspiel mit den Self-Routing-Modulen des OATM-Knotens wurden die Zellen über eine Zeit von

4  $\mu$ s ohne Fehlerratenänderung gespeichert. Theoretische Untersuchungen für den 2 x 2 OATM-Knoten zeigten, daß bei einer Last von 85% pro Eingangsleitung 20 kaskadierte Speicherringe erforderlich sind, um eine Zellenverlustwahrscheinlichkeit von weniger als  $10^{-12}$  zu erreichen. Die maximale Verweildauer einer ATM-Zelle in der Speicherkaskade beträgt 25 Umläufe. Rechnungen, bei denen experimentell ermittelte Daten des Halbleiterverstärkers im Speicher zugrunde lagen, zeigten, daß mehr als 100 Umläufe der ATM-Zelle im Speicherring möglich sein dürften /19, 20, 21, 22, 23, 24/.

*Charakterisierung von passiven Wellenleiterschaltern:* Die passiven optischen Wellenleiterschalter werden in Zusammenarbeit mit dem Bereich Integrierte Optik des HHI, wo vorwiegend technologische Probleme behandelt werden, entwickelt. Im vorliegenden Vorhaben werden die Eigenschaften von Proben und Komponenten meßtechnisch bestimmt.

Mit einem Interferometermeßplatz werden Brechzahländerungen von verschiedenen Proben als Funktion der angelegten Spannung und Wellenlänge gemessen. Für Wellenleiter auf InGaAsP/InP/InAlAs BRAQWET-Struktur wurden Phasenänderungen von  $100^\circ/(V \text{ mm})$  bei einer Wellenlänge von  $1,52 \mu\text{m}$  erzielt. In einer strained layer BRAQWET-Struktur konnte die Polarisationsunabhängigkeit nachgewiesen werden. Für die Optimierung der Schalterelektroden mit Schaltzeiten von ca. 100 ps ist ein Meßplatz zur Untersuchung schneller elektro-optischer Vorgänge eingerichtet worden, mit dem die gezeigte **Abbildung** aufgenommen wurde. Sie zeigt das intensitätsmodulierte optische Ausgangssignal eines Wellenleiters mit einem "lumped"-Kontakt (Kurve b) bei Ansteuerung mit einem elektrischen Puls (Kurve a). Für zukünftige, längere Schalterstrukturen und höhere Schaltgeschwindigkeiten werden Wanderwellenelektroden entwickelt.

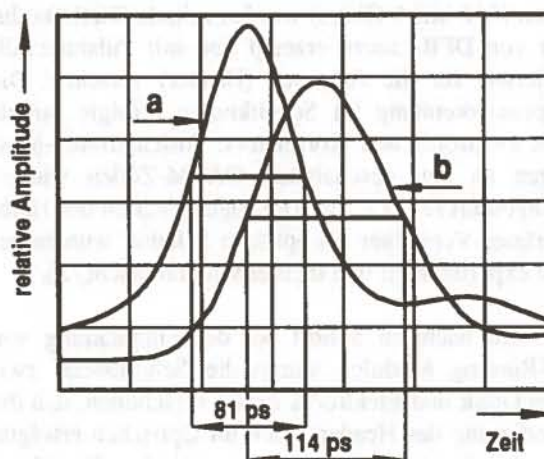


Bild: Intensitätsmoduliertes optisches Ausgangssignal (b) eines Wellenleiters, der mit einem elektrischen Puls (a) moduliert wird (vergl. Text)



**Untersuchungen zur optischen ATM-Vermittlung  
Teilvorhaben: "Entwicklung von Subsystemen  
zur OATM-Vermittlung mit Selbststeuerung"**

Projektleiter: Dr. H.G. Weber  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 7  
Laufzeit: 1.7.90-31.3.94

### Ziel

In diesem Vorhaben wird das verteilte Schalten von optischen Datenpaketen mittels Selbststeuerung (Self-Routing) untersucht. Verteiltes Schalten bedeutet ein Schaltnetz bestehend aus einzelnen, im wesentlichen nur optisch miteinander verbundenen Elementen (1 x 2 Schaltern), in denen die optischen Signale lokal und nicht zentral gesteuert geschaltet werden. Die erforderliche Schaltinformation an jedem Schaltelement (Self-Routing Modul) wird dem optischen Signal selbst entnommen. Dazu ist dem optischen Datensignal ein Adreßsignal (Header) vorgestellt, mit dem das Datensignal entsprechend der dem Header aufgeprägten Information durch das Schaltnetz geführt wird. Wesentliche Elemente der Selbststeuerung sind Einrichtungen von Headererzeugung, Headererkennung und schnell schaltbare Raumstufen. Die Realisierung von Raumstufen erfolgt hauptsächlich mit optischen Halbleiterlaser-Verstärkern, die in Zusammenarbeit mit dem Bereich Integrierte Optik des HHI entwickelt werden.

### Stand im Projekt

Self-Routing Module wurden mit Hilfe von Halbleiterlaser-Verstärkern realisiert und zusammen mit einem vereinfachten Faserring-Speicher (siehe Teilprojekt "Charakterisierung passiver optischer Wellenleiter-schalter und Entwicklung dynamischer optischer Speicher") in einem 2 x 2 Schaltknoten eingesetzt. OATM-Zellen (512 bit, 1 Gbit/s) wurden mittels Direktmodulator von DFB-Lasern erzeugt und mit Pulsintervall-Codierung für die Adressen (Header) versehen. Die Adressenerkennung im Schaltknoten erfolgte mittels eines elektronischen Korrelators. Bitfehlerraten-Messungen an den geschalteten OATM-Zellen wurden durchgeführt /21, 22, 23/. Die Eigenschaften der Halbleiterlaser-Verstärker als optische Schalter wurden separat experimentell und theoretisch untersucht /25/.

In einem nächsten Schritt bei der Entwicklung von Self-Routing Modulen wurde die Schnittstelle zwischen Optik und Elektronik derart verschoben, daß die Decodierung des Headers noch im Optischen erfolgte. Dazu wurde ein neuartiger rein optischer Korrelator (auch das Ausgangssignal des Korrelators ist optisch) entwickelt, der im folgenden (s. Bild) beschrieben wird. Die wesentlichen Komponenten dieses Korrela-

tors sind: eine Faserschleife, die über einen 3 dB-Koppler mit dem Eingang ( $P_{in}$ ) und dem Ausgang ( $P_{out}$ ) verbunden ist, ein Halbleiterlaser-Verstärker SLA und eine optische Verzögerungsleitung (Verzögerungszeit  $T$ ) in der Schleife. Werden am Eingang zwei optische Impulse (Leistung  $P_{in}$ , Abstand  $\tau$ ) in die Faserschleife eingekoppelt, dann erscheint am Ausgang ein optischer Impuls, dessen Leistung  $P_{out}$  ein Kontrast von etwa 13 dB für  $\tau = T$  und  $\tau \neq T$  hat. Die Korrelationsschärfe ist durch die Lebensdauer der Ladungsträger des SLA (= 0,5 ns) gegeben. Das Prinzip des SLALOM (SLA in a loop mirror configuration) wurde in /26, 27/ beschrieben. Anwendungen des SLALOM als Header-Decoder /28/, als Entscheider für einen rein optischen "Regenerator" /29, 30/ und als nichtlineares Verstärkungselement zur Pulsformung /24/ wurden untersucht. Eine wichtige Komponente im Korrelator ist der polarisationsunabhängige optische Verstärker /31, 32/.

Für ein hochratiges ( $\approx 10$  Gbit/s) optisches System wurde ein optoelektronischer Empfänger mit 10 dB Verstärkung und 13 GHz Bandbreite entwickelt /33/.

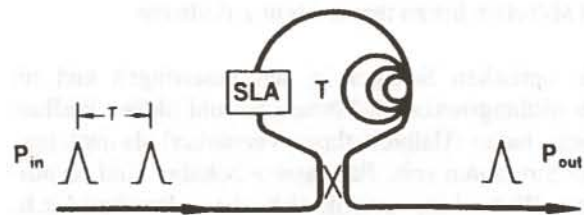


Bild: Schematische Darstellung eines SLALOM  
(semiconductor laser amplifier in a loop mirror  
configuration)



## OFDM-Vermittlung mit 3D-Raumstufen Teilvorhaben: "Holographisch-optische Elemente für optische Verbindungsnetzwerke"

Projektleiter: Dr. B. Kuhlow  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 3  
Laufzeit: 1.7.90-31.3.94

### Ziel

Eine wesentliche Systemkomponente für das im Rahmen des Photonik-Projektes "OFDM-Vermittlung mit 3D-Raumstufen" zu entwickelnde Vermittlungssystem ist die Koppelnetzstufe mit dreidimensionalen holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken. Die Arbeitswellenlänge soll bei  $1,5 \mu\text{m}$  liegen, um auch die Möglichkeit der Auslegung als optisch transparentes Netz offen zu halten. Jede Schaltstufe soll pro Ebene  $16 \times 16$  Eingangs- und Ausgangskanäle aufweisen, die ortsvariant nach beliebigen Mustern miteinander verbunden werden können. Eine begrenzte Anzahl repräsentativer Verbindungen soll realisiert werden, um an ihnen die kritischen Punkte wie z.B. Übersprechen und Übertragungsverluste sowie Justiertoleranzen studieren zu können.

Für die holographisch-optischen Verbindungen sollen computergenerierte Hologramme (CGH) zur Strahlkollimierung bzw. Strahlfokussierung und Ablenkhologramme in Dichromat-Gelatine zu einer Close-Cascade-Anordnung kombiniert werden. Im HHI soll die Entwicklung und Herstellung der CGHs erfolgen. Die Ablenkhologramme sollen von der Universität Erlangen-Nürnberg hergestellt werden.

### Stand im Projekt

In einem Demonstratoraufbau sollen eingangsseitig jeweils Kollimierungshologramme in Form von Fresnelschen Zonenplatten mit Blaze verwendet werden, die mit Ablenkhologrammen in Form von Volumen-Gittern, hergestellt in Dichromat-Gelatine, kombiniert werden. Ausgangsseitig wird die gleiche Hologramm-Kombination in umgekehrter Reihenfolge eingesetzt, wobei das Zonenplatten-Hologramm zur Fokussierung des Lichtes auf die Photodiodenempfänger der nachfolgenden Stufe dient.

Das Rastermaß in den optischen Kanälen, maßgeblich bestimmt durch die Packungsdichte in den elektronischen Subschalteebenen mit gestreckten Wellenleiterausgängen der 3D-Raumstufe (siehe Teilprojekt "3D-Raumstufe mit holographisch-optischen Verbindungsnetzwerken"), wurde zu  $2 \text{ mm}$  in horizontaler und  $3 \text{ mm}$  in vertikaler Richtung festgelegt. Die Hologramme sind jeweils  $2 \text{ mm}$  im Durchmesser. Zur Er-

fassung des von den Wellenleitern abgestrahlten Lichtkegels mit  $20^\circ$  Öffnungswinkel haben die Kollimierungshologramme (wie auch die ausgangsseitig verwendeten identischen Fokussierungshologramme) eine Brennweite von ca.  $6 \text{ mm}$ , was einer F-Zahl (Brennweite/Durchmesser) von ca. 3 entspricht. Bei  $1,5 \mu\text{m}$  Arbeitswellenlänge weist jede Zonenplatte 57 Ringzonen auf. Innerhalb jeder Ringzone entspricht die Blaze-Struktur dem Oberflächenprofil einer zerschnittenen Linse. 2D-Arrays dieser computergenerierten Fresnel-Zonenlinsen werden mit den bekannten Mikrostrukturierungsverfahren der VLSI-Technik als "binäre optische Elemente" in Quarzglasplatten erzeugt /34, 35/. Dabei wird das Blaze-Profil durch ein mehrstufiges Treppenprofil angenähert. Die diskreten Stufen dieses Profils werden mit Hilfe eines Satzes computergenerierter Masken, die durch Elektronenstrahlsschreiben erzeugt werden ( $M$  Masken für  $L=2^M$  Stufen pro Zone), in einem mehrstufigen Prozeß photolithographischer Strukturübertragung auf das Substrat und reaktivem Ionenätzen oder Dünnschichtabscheidetechnik realisiert.

Fertigungstoleranzen während der Herstellung können einen maßgeblichen Einfluß auf den erreichten Wirkungsgrad haben. Hierzu wurde der Einfluß von Maskalignmentfehlern, von Linienbreitenfehlern und von Strukturiefenfehlern theoretisch und experimentell untersucht. Dabei zeigt sich, daß Maskalignmentfehler und Linienbreitenfehler deutlich kleiner als die feinsten Strukturbreiten sein müssen, im vorliegenden Falle also im sub- $\mu\text{m}$ -Bereich bleiben müssen. Strukturiefenfehler erweisen sich als weniger gravierend /36/.

Hergestellt wurden jeweils  $16 \times 16$ -Arrays von Fresnel-Zonenlinsen mit verschiedenen F-Zahlen zwischen 3 und 28 /37/. Die gemessenen Spotdurchmesser im Fokus sind nahe dem beugungsbegrenzten Wert, was ein Zeichen für die gute Maßhaltigkeit der Linsen ist. Die gemessenen Beugungseffizienzen erreichen für langbrennweitige Linsen mit 16 Stufen Werte über 90%. Für die kürzerbrennweitigen Linsen fallen sie im Einklang mit der Theorie ab. Für Linsen mit  $F=3$  scheint eine Beugungseffizienz von ca. 80% erreichbar.

Die optischen Verluste innerhalb der holographischen Verbindung hängen entscheidend von den Oberflächenreflexionen der einzelnen Holographisch-Optischen-Elemente (HOE) ab. Mit einem Multilayer-Programm wurden Entspiegelungsschichten für die Wellenlänge  $1,5 \mu\text{m}$  berechnet und diese dann aus  $\text{TiO}_2$  und  $\text{SiO}_2$  mit Hilfe einer Ionenstrahlsputterbeschichtungsanlage hergestellt. Bei Zweischichtsystemen für senkrechten Lichteinfall auf Quarzglas wurden Reflexionen unter 0,1% gemessen. 5-Schicht Entspiegelungssysteme auf  $\text{SiO}_2$ -Trägern zeigen für einen großen zulässigen Bereich von Einfallswinkeln zwischen  $0^\circ$  und  $45^\circ$  Reflexionswerte unter 0,5% /37/.



### Funktionselemente für den optisch transparenten Trägerfrequenzkanal

Projektleiter: Prof. Dr. B. Strebel  
Zuwendungsgeber: DBP-Telekom

Mitarbeiter in 92: 10  
Laufzeit: 1.1.92-31.12.95

#### Ziel

Die Entwicklung der kohärenten optischen Vielkanaltechnik ist soweit vorangeschritten, daß die Realisierbarkeit eines optisch transparenten Trägerfrequenznetzes untersucht werden kann /1, 38, 39/. Dieses besteht aus diensteneutralen Vermittlungsstufen und Übertragungswegen, deren Endpunkte die optoelektronischen Schnittstellen, im besonderen für kohärenten Empfang geeignete Sender und optische Überlagerungsempfänger, sind. Die Trägerfrequenzsignale werden in optischer Weg- und Frequenzlage durchgeschaltet. In diesem Projekt werden die optisch ansteuerbaren Funktionselemente /40/ für transparente Trägerfrequenzkanäle entwickelt. Mit ihnen werden Breitbandsignale durchgeschaltet und trägerfrequente Informationen über die Betriebszustände erzeugt.

#### Stand im Projekt

Der im Projekt "Frequenzmultiplex-Techniken für die kohärente optische Breitbandübermittlung"/131/ aufgebaute Demonstrator für die Vermittlung kohärenter optischer Kanäle wurde soweit vervollständigt, daß er jetzt als Testbett für neue Funktionselemente zur Verfügung steht. So wurden Messungen zur Charakterisierung des transparenten optischen Trägerfrequenzkanals durchgeführt. Die Messungen umfaßten Bandbreite, Rauschen, Modulationstransparenz, Kanalnebenschprechen, Schaltverhalten und Langzeitstabilität des Vermittlungsknotens /40/. Ein Teil des Vermittlungsknotens wurde auf der CeBIT '92 ausgestellt.

Es wurden Systemuntersuchungen begonnen mit dem Ziel, die optischen Funktionselemente rein optisch zu steuern. Eine Versuchsschaltung zur Trägerfrequenzsteuerung befindet sich im Aufbau.

Ein wesentlicher Projektteil ist die Entwicklung polymerer optischer Komponenten /41, 42/ im Hinblick auf die Verwendung als Funktionselemente des Trägerfrequenzkanals. Es wurden folgende Wellenleiterstrukturen untersucht:

- Passive Wellenleiter,
- elektrooptisch und thermooptisch gesteuerte Wellenleiter sowie
- Erbiumdotierte Wellenleiter.

In diesem Zusammenhang entstanden ein Faser Mach-

Zehnder-Schalter mit thermisch gesteuerter Polymerzelle, ein Meßplatz zur Bestimmung der elektrooptischen Koeffizienten, elektrooptische Phasenmodulatoren in Mehrschichtwellenleiterstruktur. Erbium-dotierte Wellenleiter mit Inverted-Rib-Struktur wurden hergestellt und mit Faseranschlüssen versehen. Weiterhin wurde ein Meßplatz zur Bestimmung des Übertragungsverhaltens von Wellenleitern unter dem Einfluß von Pumplicht aufgebaut.



## Untersuchungen zur optischen Signalregeneration

Projektleiter: Dr. E. Patzak

Mitarbeiter in 92: 4

Zuwendungsgeber: DBP-Telekom

Laufzeit: 1.1.91-31.12.93

### Ziel

In dem Projekt soll geklärt werden, welche Möglichkeiten bestehen, mit Verfahren der optischen Signalverarbeitung optische Empfänger und optische Regeneratoren in ihrem Aufbau zu vereinfachen und in ihrer Funktion zu verbessern.

Als Schlüsselkomponenten werden in dem Vorhaben Mehr-Sektions-Halbleiterlaser und auf solchen Lasern basierende optische Verstärker eingesetzt, die in enger Zusammenarbeit im Vorhaben "Optische Halbleiterverstärker", das ebenfalls von der Deutschen Bundespost Telekom gefördert wird, entwickelt werden.

Zum einen werden die Möglichkeiten untersucht, selbstpulsierende Laser für die Taktregeneration zu nutzen. Zum anderen werden nichtlineare optische Verstärker für die Pulsformung und als Schwellwertelemente verwendet.

### Stand im Projekt

Ein Arbeitsschwerpunkt ist die Untersuchung selbstpulsierender Laser mit einer Arbeitswellenlänge bei  $1,5 \mu\text{m}$ , die im HHI hergestellt werden. Es handelt sich dabei um Zwei-Sektions-DFB-Laser mit Ridge-Waveguide-Struktur. Zu Anfang des Jahres wurde an diesen Lasern im Vorhaben "Optische Halbleiterverstärker" eine neue Art von Selbstpulsationen entdeckt. Diese Selbstpulsationen zeichnen sich dadurch aus, daß kein sättigbarer Absorber benötigt wird und die erreichten Selbstpulsationsfrequenzen sehr hoch sind (27 GHz).

Mehrere der Laser wurden detailliert in ihren Selbstpulsationseigenschaften untersucht. Einige der Laser wurden danach entspiegelt und zeigten dann deutliche Änderungen in ihrem Selbstpulsationsverhalten.

Es wurde mit einer PRBS-Bitfolge intensitätsmoduliertes Licht in die Laser injiziert und das Einrasten der Pulsationsfrequenz auf die Bitfolgefrequenz und damit die optische Taktregeneration aus einem optischen Datensignal demonstriert /43/. Bild 1 oben zeigt das injizierte  $2^{23}-1$  Bitmuster des RZ Signals an einer Stelle, an der mehrere logische Nullen vorhanden sind, und unten das optische Signal hinter dem Zwei-Sektions-Laser.

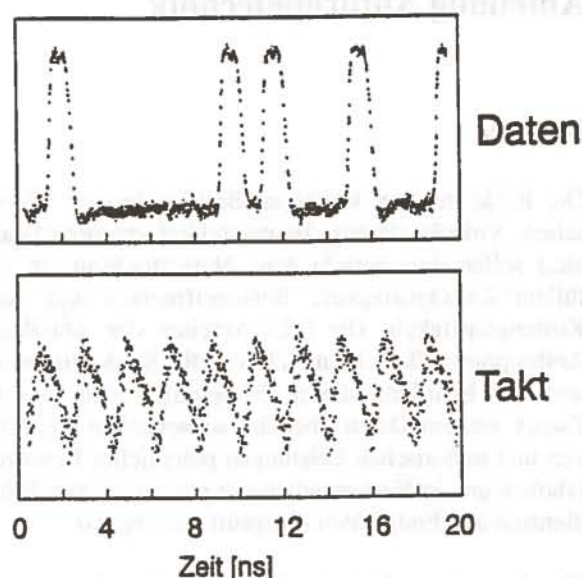


Bild 1: Oszillogramm des RZ-Bitmusters (oben) und das erhaltene optische Taktsignal (unten)

Der zweite Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung eines optischen getakteten Entscheiders. Es wird derzeit die absorptive Bistabilität von Zwei-Sektions Fabry-Perot-Lasern aus dem Bereich Integrierte Optik untersucht. Es konnten dabei Laser eingesetzt werden, die zuvor auf optimale Länge sowie optimales Längenverhältnis für maximale Signalverstärkung und maximalen Kontrast selektiert wurden. Hohe Verstärkungen von mehr als 25 dB bei einem gleichzeitigen guten Kontrast von 18 dB wurden erreicht. Die entsprechende Schalthysterese ist in Bild 2 dargestellt.

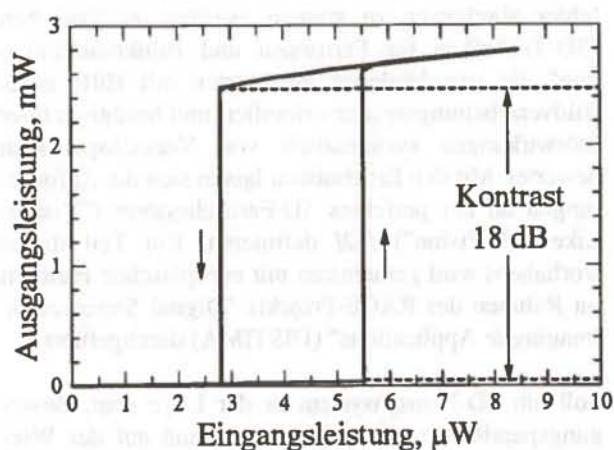


Bild 2: Bistabile Schaltcharakteristik eines Zwei-Sektions Fabry-Perot-Lasers bei Änderung der eingestrahlten optischen Leistung

Daneben wurden erste Messungen der Schaltdynamik durchgeführt. Die Grenzen für die maximale Schaltfrequenz herauszufinden, ist gerade in Hinblick auf die elektronische Alternative von größter Bedeutung.



## Abteilung Anthropotechnik

### Übersicht

Die Bilddienste in künftigen Breitbandnetzen (Fernsehen, Videokonferenz, Bewegtbildinformationsdienst etc.) sollen drei verschiedene Nutzerforderungen erfüllen: Zweckmäßigkeit, Benutzerfreundlichkeit und Kostengünstigkeit. Die F&E-Arbeiten der Abteilung Anthropotechnik richten sich auf die Konkretisierung und die Erfüllung dieser Forderungen. Zu diesem Zweck werden Daten über die sensorischen, kognitiven und motorischen Leistungen potentieller Benutzer erhoben und in Nutzerstudien mit prototypischen Bilddiensten und Endgeräten überprüft und ergänzt.

Eine herausragende Leistung des visuellen Systems ist die Fähigkeit zur Rekonstruktion der räumlichen Struktur einer Szene aus der Information der 2-dimensionalen Netzhautbilder. Um diese Fähigkeit auch bei Bilddiensten wirksam werden zu lassen, ist die Wiedergabe von zwei Szenenansichten (Stereoskopie) mit entsprechenden Bildveränderungen bei Betrachterbewegungen (Bewegungsparallaxe) erforderlich. Die heutigen 3D-Bildtechniken leisten diese Aufgabe nicht fehlerfrei. So treten geometrische Verzerrungen des stereoskopischen Raums auf, bei Bewegungen des Betrachters vor dem Bildschirm sieht man Helligkeitsschwankungen oder sprungförmige Aspektwechsel, Mehrfachkonturen sind sichtbar, und die natürliche Begrenzung der Disparität infolge der endlichen Schärfentiefe des Auges kommt bei der Bildwiedergabe nicht zum Tragen. Um die Wirkung solcher Bildfehler abschätzen zu können, werden im Vorhaben "3D-Techniken für Fernsehen und Bildkommunikation" die verschiedenen Fehlerarten mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems simuliert und bezüglich ihrer Störwirkungen systematisch von Versuchspersonen bewertet. Mit den Ergebnissen lassen sich die Anforderungen an ein perfektes 3D-Fernsehsystem ("Vision-Like TeleVision") /52/ definieren. Ein Teil dieses Vorhabens wird gemeinsam mit europäischen Partnern im Rahmen des RACE-Projekts "Digital Stereoscopic Imaging & Applications" (DISTIMA) durchgeführt.

Soll ein 3D-Fernsehsystem in der Lage sein, Bewegungsparallaxe wiederzugeben, so muß auf der Wiedergabeseite eine Serie von fein abgestuften Szenenansichten darstellbar sein. Es genügt jedoch, nur eine begrenzte Auswahl von Ansichten aufzunehmen und zu übertragen, wenn es gelingt, die fehlenden Zwischenansichten aus Nachbaransichten im Empfänger zu berechnen. Dazu muß im Sender die Tiefenstruktur der aufgenommenen Szene aus den aufgenommenen Bildern rekonstruiert und in Form einer Disparitätsfunktion zum Empfänger übertragen werden. Die Entwick-

lung der hierfür benötigten Bildverarbeitungsverfahren ist ein weiterer Schwerpunkt dieses Vorhabens.

Mit dem Vorhaben "Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken" wird in Experimentalsystemen untersucht, welcher attraktive Zusatznutzen durch die Verwendung von HDTV- und 3DTV-Techniken bei der Bildkommunikation erreicht werden kann. Positive Wirkungen werden von einer erhöhten örtlichen Auflösung, von maßstabsgetreuer Abbildung, von Personen-bezogenem, dynamischem Blickkontakt und von räumlicher Bildwiedergabe erwartet.

Unter dem Titel "Bedeutung von Bewegtbilddarstellungen für die Informationsvermittlung" wurde untersucht, ob Informationsdienste mit einem Bewegtbildangebot einen zusätzlichen Nutzen gegenüber Informationsdiensten ohne Bewegtbild haben. Weitere Arbeiten in diesem Vorhaben galten der Ermittlung und Modellierung von Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Objekt- und Bewegungswahrnehmung. Die Ergebnisse haben vor allem Bedeutung für die Entwicklung von intelligenten Bildcodierverfahren.



### 3D-Techniken für Fernsehen und Bildkommunikation

Projektleiter: Dr. S. Pastoor

Mitarbeiter in 92: 8

Zuwendungsgeber: BMFT, RACE

Laufzeit: 1.7.91-31.12.94

#### Ziel

Für eine breite Nutzung von 3D-Bildtechniken fehlen bislang 3D-Endgeräte, die hinsichtlich Bildqualität und Betrachtungskomfort den HDTV-Maßstab erreichen. Darüber hinaus fehlen Algorithmen zur Redundanz- und Irrelevanzunterdrückung (für die Quellencodierung) und zur 3D-Bildanalyse und -synthese. Letztere Verfahren könnten Anwendung finden bei der Tiefenkontrolle in 3D-Kameras, beim räumlichen Fernzeigen, bei der Herstellung eines individuellen Blickkontakts in 3D-Videoconferenzen, bei der Interpolation von Zwischenansichten für 3D-Multiviewsysteme und bei der Anpassung der Schärfentiefe eines 3D-Bildes an den jeweiligen Fixationspunkt des Betrachters.

In diesem Projekt werden anthropotechnische Grundlagen für die Entwicklung von 3D-Displays (erforderliche Bildgröße, nutzbarer stereoskopischer Tiefenbereich, Anforderungen an autostereoskopische Displays) und zur Irrelevanzreduktion (örtliche und zeitliche Grenzfrequenzen der binokularen Tiefenwahrnehmung, Maskierungseffekte in Stereobildern) erarbeitet sowie Verfahren zur 3D-Bildanalyse und -synthese weiterentwickelt. Die Ergebnisse werden im RACE Projekt "Digital Stereoscopic Imaging and Applications" (DISTIMA), in dem das HHI Workpackage-Leader für die anthropotechnischen Aufgaben ist, angewandt.

#### Stand im Projekt

Im Berichtsjahr wurden folgende Ergebnisse erzielt:

*Mindest-Bildgröße eines 3D-Displays:* Es zeigte sich, daß 3D-Bildschirme in einer Größe, wie sie für Büroanwendungen in Frage kommen (ca. 21 Zoll Diagonale), für eine subjektiv größenrichtige Wiedergabe von Personendarstellungen nicht geeignet sind. Die bekannten Miniaturisierungs-Effekte ("Puppentheater-Effekt") können zwar durch eine tiefenrichtige Darstellung reduziert werden; die dazu erforderlichen großen Parallaxen zwischen dem linken und rechten Bild eines Stereopaars führen jedoch zu einer erheblichen visuellen Beanspruchung. Der Bildschirm sollte eine maßstäbliche Personenbild-Darstellung ermöglichen.

*Nutzbarer stereoskopischer Tiefenbereich:* Aufgrund der begrenzten Schärfentiefe der Augen treten große Disparitäten immer in Verbindung mit unscharfen Re-

tinabildern auf. Dadurch ist es möglich, beim natürlichen Sehen beliebig große Disparitäten zu verarbeiten. Es konnte gezeigt werden, daß der nutzbare Tiefenbereich bei Stereo-Darstellungen durch eine gezielte Unschärfe der disparaten Bildbereiche bis auf Werte über 140 Winkelminuten vergrößert werden kann. Für scharf wiedergegebene Bildbereiche bestätigte sich die traditionelle 70-Minuten-Bedingung.

*Anforderungen an autostereoskopische Displays:* Für Simulationsexperimente wurde der Einschreib- und Auslese-Vorgang beim Linsenrasterdisplay strahlengeometrisch modelliert. Die Abbildung und Überlagerung der Austrittspupillen mehrerer Projektoren auf den Betrachterort kann damit in Abhängigkeit von den optischen Parametern des Linsenrasters und der Streuscheibe berechnet werden. Erste Beispielrechnungen unter Verwendung computergrafisch erzeugter 3D-Bilder sollen in Kürze erfolgen.

*Örtliche Grenzfrequenz der binokularen Tiefenwahrnehmung:* Die Wahrnehmungsgrenze für periodische Tiefenänderungen wurde mit sinusförmig in der Tiefe modulierten Zufallspunktstereogrammen bestimmt. Der Grenzwert liegt bei einer Ortsfrequenz von 4 lp/grd und einer Tiefenmodulation (Disparität zwischen den Maxima und Minima des Sinusreliefs) von 4 Winkelminuten. Größere oder kleinere Tiefenmodulationen können bei dieser Frequenz nicht mehr wahrgenommen werden. Höhere Frequenzen als der Grenzwert können unabhängig von der Tiefenmodulation binokular nicht mehr aufgelöst werden.

*Maskierungseffekte in Stereobildern:* Die Sichtbarkeitsschwelle für Rauschstörungen wird in der Nähe von örtlichen Helligkeitssprüngen (bis zu einem Abstand von ca. 20 Winkelminuten) für monokulares Rauschen am stärksten angehoben. Bei binokularer Betrachtung ist unkorreliertes Rauschen weniger sichtbar als korreliertes Rauschen.

*3D-Bildanalyse und -synthese:* Für die Korrespondenzsuche werden ein Segment-Matching Verfahren und eine mehrstufige dynamische Programmierung entwickelt. Beide Verfahren nutzen Bewegungsinformation aus. Das Ergebnis der Korrespondenzsuche konnte durch eine erweiterte Merkmalsextraktion verbessert werden. Neben den Bildkonturen werden in dem verbesserten Algorithmus auch topologische Strukturen ausgewertet. Es wurde ein neuer Segment-Matching Algorithmus entwickelt, der bei Stereoaufnahmen mit mehr als zwei Kameras die hierarchischen Beziehungen von Teilverdeckungen zwischen den Aufnahmen auswertet. Zur Verbesserung der synthetisierten Bildsequenzen für virtuelle Kamerastandorte wurden morphologische Filter entwickelt. Diese Filter können Ausreißer an den Konturen der rekonstruierten Objekte eliminieren, ohne dabei die Umrisse gravierend zu verändern.



## Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken

Projektleiter: Dr. L. Mühlbach  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 8  
Laufzeit: 1.7.90-30.6.94

### Ziel

Eine geringe Bereitschaft zur Nutzung des Videokonferenzdienstes kann darin begründet sein, daß sich mit herkömmlichen Konferenzsystemen viele Aspekte einer persönlichen Begegnung nicht oder nicht hinreichend gut abbilden lassen. Es wird untersucht, inwieweit dieses Defizit durch Anwendung von Techniken des hochauflösenden Fernsehens (HDTV) und des dreidimensionalen Fernsehens (3DTV) verringert und die "Soziale Präsenz" erhöht werden kann. Mit diesen Techniken ergibt sich u.a. die Möglichkeit, Personen in natürlicher Größe bei angemessener Auflösung darzustellen und die Perspektiven sowie die Bewegungsparallaxe (d.h. die Wahrnehmung einer gegenseitigen Verschiebung ungleich entfernter Objekte bei Bewegung des Betrachters) für jeden Konferenzteilnehmer realitätsnah nachzubilden. Im Labor werden entsprechende Videokonferenzsysteme aufgebaut und im Rahmen einer experimentellen Benutzeruntersuchung von Versuchspersonen erprobt und beurteilt. Untersucht werden dabei u.a. die potentiellen Vorteile einer höheren örtlichen Auflösung, eines 16:9 Bildformats und einer stereoskopischen Wiedergabe der Konferenzteilnehmer. Das experimentelle Design sieht insgesamt 20 Versuchsbedingungen vor. Diese beinhalten neben Präsenzkonferenzen verschiedene Varianten von TV-Videokonferenzen (z.B. Monitor vs. Projektion), HDTV-Videokonferenzen (z.B. Wiedergabe von viel vs. wenig Umfeld) und 3DTV-Videokonferenzen (z.B. mit vs. ohne Abbildung der Bewegungsparallaxe). Jede Variante wird von 32 Versuchspersonen benutzt und beurteilt, d.h. insgesamt nehmen mehr als 600 Versuchspersonen am Experiment teil. Während einer Versuchssitzung führen die Versuchspersonen mit Hilfe der jeweiligen Systemvariante vier Aufgaben durch, die verschiedenen Anwendungen von Videokonferenzsystemen entsprechen: eine Aufgabe zur kooperativen Entscheidungsfindung, eine Verhandlungsaufgabe, eine Aufgabe aus dem Bereich Wartung- und Reparatur sowie eine Aufgabe zur gemeinsamen Bearbeitung von in einem Rechner gespeicherten Dokumenten. Ergänzend zum experimentellen Vergleich verschiedener Videokonferenzsysteme werden Versuche zum stereoskopischen Fernzeigen durchgeführt.

### Stand im Projekt

Etwas mehr als die Hälfte der zu untersuchenden Konferenz-Varianten wurde getestet. Untersucht wurden verschiedene Formen von Videokonferenzen gemäß TV-Standard (z.B. natürlich große vs. verkleinerte Abbildung der Konferenzteilnehmer, Wiedergabe mit vs. ohne Umfeld) sowie stereoskopische Videokonferenzen und Videokonferenzen mit Wiedergabe der individuellen Perspektive für jeden Konferenzteilnehmer ("view-per-person"). Erste statistische Auswertungen deuten darauf hin, daß stereoskopische Videokonferenzen zu hoher Sozialer Präsenz und Akzeptanz führen können, wenn es gelingt, dazu brillenlose Verfahren mit angemessener Bildqualität einzusetzen. Weiterhin scheint eine natürlich große Wiedergabe der Konferenzteilnehmer mit guter Erkennbarkeit von Blickbewegungen die Nutzungsbereitschaft von Videokonferenzsystemen positiv zu beeinflussen. Als nächstes werden HDTV-Videokonferenzen getestet sowie Videokonferenzen mit Abbildung der Bewegungsparallaxe. Zur Wiedergabe der Bewegungsparallaxe wird ein Aufbau realisiert, bei dem die Kopfpositionen der Versuchspersonen mit einem magnetischen Positionserfasser erfaßt und in eine Nachführung der Kameras gemäß den Bewegungen der Versuchspersonen umgesetzt werden. Dabei werden die Kameras in horizontaler Richtung verschoben und gleichzeitig gedreht (s. Bild).

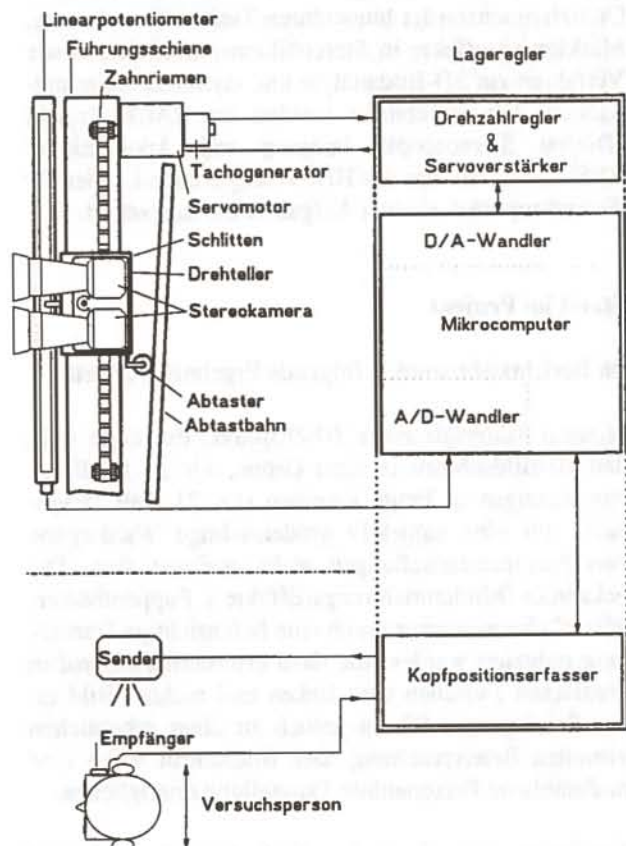


Bild: Aufbau zur Abbildung der Bewegungsparallaxe (hier für eine Person mit Stereokamera)



## Bedeutung von Bewegbildaarstellungen für die Informationsvermittlung

Projektleiter: Dr. J. Faber  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 4  
Laufzeit: 1.3.89-31.12.92

### Ziel

Informationssysteme verwenden Text, Graphik, Ton und Standbilder. Soll auch Bewegbildabruf möglich sein, so sind breitbandigere Speicher- und Übertragungstechniken erforderlich. Ob sich der hierzu erforderliche Aufwand rechtfertigen läßt, hängt u.a. davon ab, ob ein Zusatznutzen des Bewegbildes im Vergleich zu Darstellungen ohne Bewegbild besteht. Diese Frage wurde für den Erwerb und die Verwertbarkeit von Kenntnissen über zeiträumliche Bewegungseigenschaften von Objekten (Zielmuster) untersucht (Ziel 1 des Vorhabens). Dazu wurden den Versuchspersonen Zielmuster mit/ohne Bewegbilder(n) gezeigt. Die Verwertbarkeit der erworbenen Kenntnisse wurde in folgenden Aufgaben ermittelt: 1. Identifikation von Zielmustern innerhalb einer Serie von ähnlichen Mustern (z.B. Beurteilung von Turnübungen), 2. Ausführung von Bewegungen (z.B. handwerkliche Tätigkeiten) und 3. Verstehen des Zusammenwirkens bewegter Objekte (z.B. Getriebelehre). Ergänzend zum Erfolg bei der Lösung dieser Aufgaben wurde der Zeitbedarf für den Kenntniserwerb gemessen und das subjektive Erleben des Lernvorgangs von den Versuchspersonen nach den Variablen Mühelosigkeit, Freude, Klarheit skaliert.

Ein zweites Ziel des Projekts bestand darin, Gesetzmäßigkeiten des visuellen Systems bei der Form- und Bewegungswahrnehmung zu erarbeiten. Die Ermittlung von solchen heute weitgehend unbekanntem Wahrnehmungsgesetzen interessiert im Hinblick auf die Entwicklung von effektiven, objektorientierten Bildcodierverfahren, welche an die Leistung des visuellen Wahrnehmungssystems heranreichen, die im Bewegbild enthaltene Redundanz auszunutzen.

### Stand im Projekt

**Arbeiten zu Ziel 1:** Abschließende Untersuchungen zeigten die Allgemeingültigkeit bisheriger Ergebnisse zur Überlegenheit von Bewegbildaarstellungen. Die qualitativen Ergebnisse dieses Vorhabens sind in der **Tabelle** zusammengefaßt. Es zeigt sich, daß eine signifikante Überlegenheit des Bewegbildes gegenüber Informationsdarstellungen ohne Bewegbild nach den Kriterien Lernerfolg und Zeitbedarf nur bei bestimmten Arten der Kenntnisverwertung besteht. Gemessen an der Identifikationsleistung ist diese Überlegenheit

umso größer, je höher die Komplexität des Zielmusters ist /50/. Generell haben die Versuchspersonen den Kenntniserwerb mit Bewegbildern positiver erlebt als bei Informationsdarstellungen ohne Bewegbilder. Die gefundenen Bewegbildüberlegenheiten sind eine gute Voraussetzung für die Akzeptanz in einem künftigen Bewegbildinformationssystem. Weiterhin können mithilfe der Projektergebnisse diejenigen Informationsinhalte bestimmt werden, deren Vermittlung durch den Bewegbildeinsatz besonders begünstigt wird.

Verwertung	Kriterien der Überlegenheit		
	Lernerfolg	Zeitbedarf	Subj. Erleben
Identifikation	+	+	+
Ausführen	0	0	+
Verstehen	0	0	+

Tab.: Schematische Zusammenfassung der Ergebnisse. Die Überlegenheit von Bewegbildaarstellungen ist mit einem + bezeichnet.

**Arbeiten zu Ziel 2:** Objektorientierte Verfahren der Bildfolgencodierung basieren auf einer vorgeschalteten Bildverarbeitungsstufe, bei der die Bilder in transformierbare Objekte zerlegt werden sollen (Segmentierung). Transformierbare Objekte sind Mengen von Punkten, für die es gelingt, ihre i. allg. unterschiedlichen Bewegungen in der Bildebene auf einen einheitlich zu beschreibenden Vorgang zurückzuführen. Eine der Segmentierung in transformierbare Objekte entsprechende Sehfunktion ist die Erzeugung des subjektiven Eindrucks räumlich zusammenhängender Strukturen in bestimmten bewegten Punktwolken, welche sich im Stillstand wieder aufzulösen scheinen (Wertheimer-Johansson-Effekt). Es wurde daher untersucht, welche Gesetzmäßigkeiten der Entstehung solcher *dynamischen Konfigurationen* zugrunde liegen und ein entsprechendes Modell der visuellen Informationsverarbeitung entwickelt. In diesem Modell wird die wahrgenommene Zusammengehörigkeit von Punkten durch die Detektion eines gemeinsamen Merkmales erklärt. Das Merkmal ist ein subjektives Bezugskoordinatensystem, welches jedem Punkt in Form eines gewichteten Mittelwertes über die in seiner örtlich-zeitlichen Nachbarschaft mit Punkten besetzten Koordinaten zugewiesen wird. Computersimulationen haben gezeigt, daß Konsequenzen, die sich aus dem Modell bezüglich einer Verzerrung der Wahrnehmung von Bewegungsgeschwindigkeiten und Trajektorien ergeben, mit Phänomenen übereinstimmen, die bereits in Wahrnehmungsexperimenten beobachtet wurden. Die gewonnenen Erkenntnisse sind ein geeigneter Ausgangspunkt für die Entwicklung visueller Bildanalysealgorithmen als Vorstufe in leistungsstarken objektorientierten Codierverfahren.



## Abteilung Bildsignalverarbeitung

### Übersicht

Die Aufgaben der Abteilung sind auf die Signalaufbereitung, -verarbeitung und -codierung für das Hochauflösende Fernsehen (HDTV) ausgerichtet und dienen zu einem großen Teil der Unterstützung der europäischen HDTV-Forschungsprogramme (EU95, EU625, RACE) sowie dem nationalen Forschungsschwerpunkt "Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - HDTV-T". Im Rahmen der durchgeführten Arbeiten werden sowohl Aspekte der Signalverarbeitung im Studio als auch der Übertragung von codierten HDTV-Signalen über digitale terrestrische Sendernetze und über zukünftige Glasfasernetze behandelt. Darüber hinaus werden VLSI-Schaltkreise entworfen, mit denen wesentliche Funktionen der HDTV-Signalverarbeitung ausgeführt werden können.

Im Projekt "Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV" werden Verfahren der Bewegungsschätzung und -kompensation weiterentwickelt und zur Normwandlung, zur Rauschreduktion, zur örtlich-zeitlichen Aperturkorrektur, zur Hochkonversion (progressiv, 100 Hz) und für Tricktechniken (z.B. slow motion) angewendet. Diese Arbeiten laufen im Rahmen der Projektgruppe 2 von EUREKA 95.

Im Projekt "HDTV-Codierung für die ATM-Übermittlung" werden Codierverfahren untersucht, mit denen sich HDTV-Signale digital über Glasfaser übertragen lassen. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß bis zur Einführung der Glasfaser die ATM-Technik (Asynchronous Transfer Mode) aufgrund ihrer Flexibilität in den Breitbandnetzen dominieren wird. Es ist deshalb Ziel dieses Vorhabens, hierarchische Kompressionsverfahren zu entwickeln, die einerseits den besonderen Anforderungen der Paketübertragung bei ATM genügen und darüber hinaus eine kompatible Übertragung von HDTV, EDTV und TV ermöglichen.

Das Projekt "Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - Definitionsphase", das in Kooperation mit einigen Industriepartnern durchgeführt wurde, diente der Untersuchung von grundlegenden Systemparametern für den terrestrischen digitalen HDTV-Rundfunk. Außerdem sollte ein nationales Verbundprojekt vorbereitet werden, das den Aufbau einer Demonstrations-Übertragungsstrecke zum Ziel haben soll. Die Arbeiten wurden mit der Erstellung eines Projektvorschlags für den Forschungsschwerpunkt "Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - HDTV-T" sowie ersten Systemkonzepten abgeschlossen. Im Rahmen dieses Schwerpunktes werden die drei Projekte "Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung", "Codec für

die digitale terrestrische HDTV-Übertragung" und "Schlüsselkomponenten für elektronische Bildtechniken" durchgeführt.

Die digitale Magnetbandaufzeichnung (MAZ) stellt eine entscheidende Schlüsselkomponente im HDTV-Studio dar, da die analoge Aufzeichnung aufgrund des schlechten Störabstandes nicht für die Produktion geeignet ist. Im Rahmen des EUREKA 95 Projekts wurde von der Firma BTS ein digitaler Video-Cassetten-Recorder entwickelt, dessen Spielzeit jedoch auf ca. 40 Minuten begrenzt ist. Im Projekt "Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV" wurden deshalb Codieralgorithmen entwickelt, die für die Magnetbandaufzeichnung geeignet sind und mit denen sich die effektive Aufzeichnungskapazität verdoppeln bis vervierfachen läßt. Diese Arbeiten liefen im Rahmen von Projektgruppe 10 von EUREKA 95.

Für die spezielle Anwendung der Aufzeichnung von HDTV-Signalen im EUREKA-Zeilensprungformat HDI (1250, 50, 2:1) wurde im Rahmen des Projekts "Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung" ein Codec aufgebaut, mit dem sich die Spielzeit des von BTS entwickelten Recorders verdoppeln läßt. Diese Arbeiten wurden in enger Zusammenarbeit mit BTS, Philips, der BBC und Projektgruppe 3 von EUREKA 95 durchgeführt.

Im Projekt "Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung" werden Algorithmen entwickelt, die den speziellen Anforderungen zukünftiger digitaler TV/HDTV-Rundfunkdienste angepaßt sind. Die Ergebnisse der Arbeiten fließen in das EU 625 Projekt (VADIS) sowie in das internationale Standardisierungsgremium MPEG ein und sind Grundlage für Hardwareentwicklungen, die zusammen mit den industriellen und institutionellen Partnern in HDTV-T durchgeführt werden.

Auf Grundlage der im o.g. Vorhaben entwickelten Algorithmen wird im Projekt "Codec für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung" in Zusammenarbeit mit Industriepartnern ein Quellencodec für den Demonstrator (gesamte Übertragungskette) von HDTV-T aufgebaut.

Basiskomponenten in Form von VLSI-Schaltkreisen für den o.g. Demonstrator werden im Rahmen des Projekts "Schlüsselkomponenten für elektronische Bildtechniken" entwickelt. Darüber hinaus werden Arbeiten zum Entwurf eines Codec-Kerns für einen HDTV-MAZ Codec sowie für ein Subsystem zur Bewegungsschätzung durchgeführt.

Bei der Satellitenübertragung von mobilen Übertragungsstationen zum HDTV-Studio werden ein fehlerfreier Übertragungskanal und ein hochwertiges HDTV-

Übertragungsverfahren benötigt. Im Rahmen des RACE-Projekts "Flexible Advanced Satellite HDTV Transmission - FLASH" wird ein solches System entwickelt, das durch die Verwendung von variablen Videoraten und von Modulations- und Fehlerschutzverfahren, die den jeweiligen Übertragungsbedingungen optimal angepaßt sind, diesen Anforderungen entspricht. Das hierfür notwendige Bildkompressionsverfahren wurde unter Leitung des HHI zusammen mit den Projektpartnern entwickelt.

Im Rahmen der Digitalisierung aller Kommunikations- und Verteildienste und der Integration unterschiedlichster Dienste bzw. Signalquellen in Multimedia-Terminale entsteht die Notwendigkeit der Transcodierung zwischen verschiedenen Videoformaten. Im Rahmen des RACE-Projekts "Transcoding of Images for Terminals - TRANSIT" werden im HHI Algorithmen zur Formatkonversion entwickelt und ein bewegungskompensierter TV nach HDTV Konverter aufgebaut.



Die Digitalisierung aller Kommunikations- und Verteildienste und der Integration unterschiedlichster Dienste bzw. Signalquellen in Multimedia-Terminale entsteht die Notwendigkeit der Transcodierung zwischen verschiedenen Videoformaten. Im Rahmen des RACE-Projekts "Transcoding of Images for Terminals - TRANSIT" werden im HHI Algorithmen zur Formatkonversion entwickelt und ein bewegungskompensierter TV nach HDTV Konverter aufgebaut.

- 1. Digitalisierung aller Kommunikations- und Verteildienste...
- 2. Integration unterschiedlichster Dienste bzw. Signalquellen...
- 3. Entwicklung von Algorithmen zur Formatkonversion...
- 4. Aufbau eines bewegungskompensierten TV nach HDTV Konverters...

Die Digitalisierung aller Kommunikations- und Verteildienste und der Integration unterschiedlichster Dienste bzw. Signalquellen in Multimedia-Terminale entsteht die Notwendigkeit der Transcodierung zwischen verschiedenen Videoformaten.

Im Rahmen des RACE-Projekts "Transcoding of Images for Terminals - TRANSIT" werden im HHI Algorithmen zur Formatkonversion entwickelt und ein bewegungskompensierter TV nach HDTV Konverter aufgebaut.

Die Digitalisierung aller Kommunikations- und Verteildienste und der Integration unterschiedlichster Dienste bzw. Signalquellen in Multimedia-Terminale entsteht die Notwendigkeit der Transcodierung zwischen verschiedenen Videoformaten.



## Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV

Projektleiter: Dipl.-Ing. M. Ernst  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 3  
Laufzeit: 1.7.90-30.6.93

### Ziel

Verfahren zur Bewegungsschätzung und -kompensation haben sich in den letzten Jahren immer mehr zu Schlüsseltechniken für die Bildsignalverarbeitung und -kodierung entwickelt. So kann z.B. nur unter Einsatz solcher Methoden eine hochqualitative Umsetzung zwischen unterschiedlichen HDTV-Standards erreicht werden. Dies ist umso wichtiger geworden, als absehbar ist, daß für das hochauflösende Fernsehen in Europa, Japan und USA jeweils ein eigener Produktionsstandard eingeführt werden wird. Auch für Umsetzungen zwischen Film, HDTV und TV sind bewegungskompensierende Verfahren erforderlich, wenn Störungen vermieden werden sollen. Das bereits im Vorgängerprojekt "Normwandlung für HDTV" entwickelte Verfahren zur bewegungskompensierenden Normumsetzung soll erweitert und verbessert werden, so daß die bei besonders kritischen Testsequenzen noch verbleibenden Reststörungen beseitigt werden. Weiterhin sollen mit bewegungskompensierenden Techniken folgende Verfahren zur Bildqualitätsverbesserung optimiert werden:

- Rauschreduktion
- Aperturkorrektur
- Zeilensprung-Progressiv Umwandlung
- Flimmerreduktion durch Erhöhung der Bildwiederholfrequenz von 50 Hz auf 100 Hz
- Tricktechniken

Bei den Tricktechniken ist hierbei vor allem eine verbesserte Zeitlupe zu nennen, bei der durch bewegungskompensierende Zwischenbildinterpolation kontinuierliche Bewegungsabläufe erreicht werden können.

### Stand im Projekt

Im Berichtszeitraum konzentrierten sich die Projektarbeiten auf die Untersuchungen zur verbesserten Bewegungsvektorschätzung, zur Umsetzung von TV nach HDTV, zum Video/Film-Transfer sowie zur bewegungskompensierenden Rauschreduktion.

Die Untersuchungen zur verbesserten Bewegungsvektorschätzung basierend auf einer örtlich/zeitlich rekursiven sowie hierarchischen "fullsearch"-Blockmatching-Methode wurden abgeschlossen. Das Verfahren berücksichtigt neben dem eigentlichen Fehler-

kriterium, der "displaced frame difference", ebenfalls Klassifikationsmerkmale, um z. B. in Bildanteilen mit stark periodischen Strukturen eine zuverlässigere Bewegungsschätzung zu erreichen. Bei Anwendungen der Zwischenbildinterpolation ist allerdings eine nachgeschaltete "Bildpunktvektor Selektion" erforderlich, um eine besonders präzise örtlich/zeitliche Zuordnung der Bewegung zu erhalten. Die Beseitigung geringfügiger Reststörungen bezüglich der "Bildpunktvektor Selektion" ist Ziel weiterer Untersuchungen. Alternativ zum Blockmatching-Verfahren werden zur Zeit ebenfalls ein örtlich/zeitlich rekursives Gradientenverfahren sowie "multi resolution"-Ansätze zur Bewegungsvektorschätzung untersucht. Geplant ist insbesondere der Einsatz dieser Verfahren für Anwendungen in der Tricktechnik, wie z.B. der bewegungskompensierten Zeitlupengenerierung.

Die Umsetzung von TV nach HDTV und der Video/Film-Transfer sind typische Anwendungsbereiche, für die eine bewegungskompensierte Zeilensprung-Progressiv Umwandlung erforderlich ist, um einerseits zeitlich/örtliche Aliaseffekte zu vermeiden und andererseits die theoretisch maximal mögliche vertikale Ortsauflösung zu erhalten. Eine simultane örtliche Aperturkorrektur führt darüber hinaus zu einer weiteren Verbesserung der Bildqualität. Das verbesserte Konzept basiert auf einem bewegungskompensierten 3-dimensionalen Filter mit örtlich/zeitlich adaptiver Bandbreite. Aufgrund der Verwendung dieses fehlertoleranten Konzeptes treten keine subjektiv relevanten Reststörungen durch Verdeckungsprobleme auf. Darüber hinaus konnte der Aufwand, der bei einer Realisierung in Hardware entstünde, erheblich gesenkt werden, da bei diesem Verfahren keine aufwendige Zuordnung der Bildpunktvektoren erforderlich ist. Die Untersuchungen wurden abgeschlossen.

Die Untersuchungen zur bewegungskompensierten Rauschreduktion wurden ebenfalls abgeschlossen. Das Konzept der verbesserten Rauschreduktion basiert auf einem zeitlich rekursiven Filter mit Bewegungskompensation sowie einem zweidimensionalen Medianfilter als "fallback"-Verarbeitung bei unzuverlässiger Bewegungsinformation. In subjektiven Tests mit insgesamt 12 Testpersonen wurde das Verfahren im Vergleich zu verschiedenen konventionellen Verfahren bei unterschiedlichen Bildsequenzen beurteilt. Es ergab sich im Vergleich zu konventionellen Verfahren eine subjektiv höhere Rauschabsenkung von bis zu 6 dB.

Die Projektarbeiten laufen im Rahmen der Projektgruppe 2 von EUREKA 95. Die Verwertung der Ergebnisse durch Industriepartner ist dadurch gewährleistet.



## HDTV-Codierung für die ATM-Übermittlung

Projektleiter: Dr. G. Schamel  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 2  
Laufzeit: 1.1.90-31.12.93

### Ziel

In diesem Vorhaben werden Codierverfahren erarbeitet, die für die ATM-Übermittlung von HDTV-Signalen geeignet sind. Dabei muß berücksichtigt werden, daß in ATM-Netzen alle Daten in Form von Paketen übertragen werden, die neben der eigentlichen Information auch Informationen über den Zielort und den Vermittlungsweg enthalten. Da es in sehr seltenen Fällen bei kurzzeitigen Netzüberlastungen zu Paketverlusten kommen kann, müssen Bildcodierverfahren so ausgelegt werden, daß bei einem solch irreversiblen Verlust kein totaler Bildausfall bzw. starke Bildstörungen auftreten.

Die Arbeiten wurden in enger Kooperation mit Siemens durchgeführt, da diese Firma insbesondere auf dem Gebiet der Netzarchitektur sehr kompetent ist und das HHI somit an Informationen über ATM-spezifische Netzparameter gelangt, die für den Entwurf der Codierverfahren wichtig sind.

### Stand im Projekt

Die Arbeiten konzentrieren sich auf folgende Punkte:

#### Subbandstrukturen

Die zu entwickelnden Codierverfahren basieren auf der sogenannten Subbandcodierung (SBC), die mehrere Vorteile bietet /58/: Sie erlaubt sehr hohe Reduktionsfaktoren ohne wesentliche Qualitätsverluste, sie gestattet eine Reduktion der Taktraten in den einzelnen Subbändern, was vor allen Dingen für HDTV-Anwendungen wichtig ist, und sie ist aufgrund ihres hierarchischen Aufbaus für die ATM-Übermittlung besonders geeignet, da sich Bildfehler bei nicht vermeidbaren Paketverlusten gut verdecken lassen. Mit den im ersten Jahr der Projektlaufzeit entworfenen zwei- und dreidimensionalen Subbandstrukturen wurden weitere Untersuchungen durchgeführt. Darüber hinaus wurde die nichtorthogonale Bildabtastung und Filterung studiert. Diese scheint für die Bildcodierung recht vielversprechend zu sein, da sie in der Art der Zerlegung des Spektrums dem visuellen Empfinden des menschlichen Auges näher kommt als andere Zerlegungen.

#### Codierung der Subbänder

Nach der Aufspaltung in Subbänder wurden für die einzelnen Bänder Codierverfahren ausgewählt, die optimal an die jeweiligen Korrelationsgrade und Statisti-

ken innerhalb der Bänder angepaßt sind. Die Algorithmen orientieren sich stark an den international verwendeten Hybrid-Verfahren zur Videocodierung. Diese Verfahren sind sehr effizient und erlauben eine sehr hohe Datenreduktion. Sie sind implementiert und zunächst mit fester Bitrate am Coderausgang getestet worden. Weitere Untersuchungen zur geschlossenen bzw. separaten Codierung der Teilbänder müssen durchgeführt werden.

#### Qualitätssteuerung des Coders

Eine pufferabhängige Steuerung des Coders ist bei ATM nicht nötig, da eine variable Datenrate in Form von Paketen an das Netz abgegeben werden kann. Die coderspezifischen Parameter werden durch eine Qualitätsmeß- und -steuereinheit lokal und abhängig vom Bildinhalt variiert. Ein aus der Literatur bekanntes Modell zur Nachbildung der visuellen Bildbeurteilung durch das menschliche Auge wurde näher untersucht. Ziel sollte dabei die Anwendung zur Steuerung der Codes in einem ATM-Netz sein, um bei variabler Datenrate eine annähernd konstante Bildqualität zu erreichen. Dazu wurde ein Hybrid-Codec mit Bewegungskompensation derart modifiziert, daß die Einstellung der Quantisierung der DCT-Koeffizienten durch das Ausgangssignal des simulierten Bildqualitätsmodell vorgenommen werden kann. Die Ergebnisse haben noch nicht die aus der Literatur zu erwartenden Resultate geliefert, so daß in Zukunft auch andere Ansätze, z.B. Aktivitätsfunktionen und Kantenoperatoren, mit verfolgt werden müssen. Mit diesen Methoden soll versucht werden, zwischen homogenen Bildbereichen, Textur und Kanten zu differenzieren.

#### Paketverluste

Erste Untersuchungen zur paketorientierten Übertragung wurden durchgeführt. Ziel der Arbeiten war es, ein Kanalmodell für Paketverluste bei einer ATM-Übertragung zu erstellen und in der Simulation zu untersuchen. Anhand dieses Simulationsmodells wurden dann die Verschlechterung der Bildqualität eines HDTV-Signals infolge von Paketverlusten untersucht und Verfahren entworfen, die eine Mindest-Qualität des Videosignals bei Verlusten gewährleisten. Hierzu sind noch weitere Untersuchungen notwendig.



## Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - Definitionsphase

Projektleiter: Dr. G. Schamel  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 4½  
Laufzeit: 1.7.91-31.3.92

### Ziel

Weltweit wird eine Digitalisierung sämtlicher Videodienste angestrebt. Dies geschieht einerseits in Hinblick auf die Einführung digitaler Netze wie ISDN und B-ISDN sowie digitaler Speichermedien (CD-ROM, digitaler VCR) und andererseits aus Gründen der Integrationsmöglichkeit auf Silizium und damit der kostengünstigen Herstellung. Diese Entwicklung hat auch vor der TV- und HDTV-Übertragung über terrestrische und Satellitenkanäle nicht halt gemacht und wird vor allen Dingen durch die jüngsten Entwicklungen in den USA stimuliert.

Es war Ziel dieses Vorhabens, eine Definitionsphase für ein Projekt durchzuführen, in dem die Möglichkeiten der digitalen terrestrischen HDTV-Übertragung in Europa untersucht werden sollten. In dieser Definitionsphase sollten vor allen Dingen die Möglichkeiten der Bildkompression und der digitalen Modulationsverfahren untersucht werden. Der zweite Punkt sollte dabei hauptsächlich von Industriepartnern im Rahmen von Unteraufträgen bearbeitet werden. Am Ende der Definitionsphase mußte ein Vorschlag für die Durchführung eines Projektes stehen, in dem eine komplette Übertragungskette für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung aufgebaut wird. Die Definitionsphase wurde in enger Kooperation mit den Firmen DTB, Grundig und ITT-Intermetall durchgeführt.

Das Projekt wurde mit einem Vorschlag für die Bildkompression von HDTV-Signalen, geeignet für eine digitale terrestrische Übertragung, abgeschlossen. Dieser Vorschlag muß im Folgeprojekt noch verfeinert werden, so daß daraus Hardware-Spezifikationen entstehen, die in anderen Projekten umgesetzt werden sollen.

### Stand im Projekt

Die Gesamtübertragungstrecke der digitalen terrestrischen Übertragung besteht aus den Einheiten Quellencodierung, Kanalcodierung und Modulation zur Anpassung an den Übertragungskanal. Innerhalb dieser Kette wurde am HHI vor allem die Quellencodierung bearbeitet. Dabei konzentrierten sich die Arbeiten auf folgende Punkte:

#### *Vorverarbeitung*

Das Zeilensprungsignal einer HDTV-Kamera wird vor der Codierung in eine progressive Bildfolge umgewandelt. Dies ist für die nachfolgende Codierung, aber auch für die kompatible Formatwandlung zu einem TV-Signal im Zeilensprung erforderlich. Methoden der bewegungskompensierten Signalverarbeitung, wie sie gegenwärtig auch im Projekt "Bewegungskompensierende Signalverarbeitung für HDTV" entwickelt werden, sind der Aufgabenstellung angepaßt worden.

#### *Quellencodierung*

Die Quellencodierung dient der Kompression des Nutzsignals auf die Datenrate des Übertragungskanals, die im Bereich zwischen 15 und 60 Mbit/s liegen kann. Hieraus ergeben sich die benötigten Kompressionsfaktoren von bis zu 50, was eine außerordentliche Herausforderung an die Bildcodierung darstellt. Es wurden hybride prädiktive und interpolative Transformationsverfahren mit Bewegungskompensation untersucht und implementiert.

#### *Örtliche und zeitliche Redundanzreduktion*

Ein Teilbandsystem mit 16 Kanälen wurde entwickelt und mit Hilfe der Rechnersimulation untersucht. Dabei wurde zunächst eine baumartige Struktur zur Zerlegung des Bildes gewählt. Parallele Zerlegungen scheinen jedoch für die hierarchische Zerlegung geeigneter zu sein und sollen daher in Zukunft näher untersucht werden. Parallel dazu wurde ein DCT-System, wie es im EUREKA-Projekt VADIS vorgeschlagen wurde, implementiert. Generell kann die DCT als ein Spezialfall der Teilbandzerlegung interpretiert werden, bei dem die Länge der Filter (z.B. 8 oder 16) mit dem Faktor der Unterabtastung übereinstimmt. Die ortsinvarianten Filter der Teilbandzerlegung sind für die HDTV-Codierung sehr geeignet und wurden daher zur örtlichen Redundanzreduktion eingesetzt. Mit Hilfe einer bewegungskompensierten zeitlichen Prädiktion, die im Frequenzbereich, d.h. auf Teilbandebene angewandt wurde, konnte eine sehr hohe Kompression bei moderatem Aufwand erzielt werden. Mit Hilfe einer bidirektionalen Interpolation wäre bei erhöhtem Aufwand eine Steigerung der Codiereffizienz möglich.

#### *Gesamtsystem*

Ein gesamtes Codiersystem wurde im Rahmen der Mitarbeit im EUREKA-Projekt VADIS entwickelt, implementiert und für Vergleichstests an die TV-Codierung mit 4 und 9 Mbit/s angepaßt. Die mit diesem System erzielten Simulationsergebnisse wurden bei der internationalen ISO-Arbeitsgruppe MPEG (= motion picture experts group) eingereicht und einer Bewertung anhand subjektiver Tests, die in Japan durchgeführt wurden, unterzogen. Die erzielten Ergebnisse sind vielversprechend und die verwendeten Ansätze wurden im Folgeprojekt weiterentwickelt.



## Digitale Magnetbandaufzeichnung für HDTV

Projektleiter: Dipl.-Ing. P. Kauff  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 3  
Laufzeit: 1.7.89-31.12.92

### Ziel

Mit dem europäischen Vorschlag für einen progressiven Produktionsstandard (HDP) ergibt sich die Notwendigkeit, die hierzu benötigten Studiokomponenten zu realisieren. Während progressive Kameras zumindest schon als Prototypen vorhanden sind, bildet die Magnetbandaufzeichnung (MAZ) momentan die Schwachstelle des europäischen Konzeptes. Aufgrund der enormen Bandbreite von HDTV-Signalen ist ein ausreichender Störabstand nur in digitaler Form zu erreichen, jedoch wird die Technologie zur Realisierung einer digitalen MAZ mit einer benötigten Datenrate von 1728 Mbit/s auf absehbare Zeit nicht beherrscht. Aus diesem Grunde sollen im Rahmen des EUREKA 95 Projektes Codierverfahren entwickelt werden, mit denen sich die Datenrate auf den realisierbaren Wert von 1152 Mbit/s reduzieren läßt, ohne dabei die Nachverarbeitung der aufgezeichneten Signale zu beeinträchtigen. Weiterhin sollen Codierverfahren entwickelt werden, um Zeilensprungsignale, die gemäß HDI-Standard eine Datenrate von 1152 Mbit/s aufweisen, mit der halben Datenrate aufzuzeichnen, wodurch sich die effektive Spielzeit einer digitalen HDTV-MAZ verdoppeln ließe.

### Stand im Projekt

Im zugrundeliegenden Berichtszeitraum, in dem das Projekt erfolgreich abgeschlossen wurde, konzentrierte sich die Arbeit im wesentlichen auf die folgenden vier Punkte:

#### *Subjektive Bewertung des HDI-Codexs:*

Mit Hilfe von Computersimulationen und subjektiven Tests wurde die Bildqualität eines DCT-Codexs untersucht, der eigens für die datenreduzierte Magnetbandaufzeichnung von HDI-Signalen entworfen wurde und der alle Anforderungen der professionellen Studioanwendung erfüllt (z.B.: bildweises Schneiden, konstante Datenrate pro Vollbild oder erkennbare Bilder im schnellen Suchlauf) /154/. Für diesen Untersuchungspunkt wurden insbesondere drei Beurteilungskriterien zugrunde gelegt, nämlich die Basisqualität nach einem Codiervorgang, die Bildqualität nach mehreren Kopier- und Editiervorgängen, sowie die Nachverarbeitung mit dem Chromakey-Verfahren. Die Ergebnisse haben gezeigt, daß insbesondere bei einer Nachverarbeitung mit dem Chromakey-Verfahren und beim mehrfachen Kopieren nur relativ geringe Reduktions-

faktoren (im Bereich von 2 bis 3) zugelassen werden können, während bezüglich der Basisqualität durchaus höhere Faktoren (bis 5) erlaubt sind, ohne daß sichtbare Störungen auftreten /65/. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden für die Studioanwendung zwei Konzepte zur datenreduzierten Magnetbandaufzeichnung vorgeschlagen: Ein Produktionsrecorder mit einer aufzuzeichnenden Datenrate von etwa 500 Mbit/s und ein Archivierungsrecorder mit einer aufzuzeichnenden Datenrate von etwa 200 Mbit/s /62, 64/.

#### *Fehlerschutz bei der Datenreduktion:*

Um gravierende Störungen durch Fehler im Magnetbandkanal zu vermeiden, wurden geeignete Verfahren zum Fehlerschutz und zur Fehlerverdeckung entworfen /63/. Die Leistungsfähigkeit dieser Algorithmen wurde mit Hilfe einer speziellen Spurbildsimulation, die typische Fehler eines Magnetbandkanals nachbildet, untersucht. In diesem Zusammenhang konnte u.a. gezeigt werden, daß die Störungen erst bei Fehlerraten mit sehr geringer Auftrittswahrscheinlichkeit sichtbar werden (z.B. 2 nicht mehr korrigierbare Bitfehler pro Vollbild). Selbst bei extremen Fehlerereignissen (extrem lange Burstfehler, wie z.B. der vollständige Ausfall zweier Magnetbandspuren) kann immer noch eine verhältnismäßig gute Bildqualität sichergestellt werden.

#### *Verlustfreie Codierung von HDP-Signalen:*

Für die datenreduzierte Magnetbandaufzeichnung progressiver HDP-Signale wurden mehrere Verfahrensansätze bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit untersucht. Dabei hat es sich gezeigt, daß ein Verfahren zur hierarchischen Interpolation (HINT) besonders gut für den gegebenen Anwendungsfall geeignet ist /150/. Mit einem optimierten HINT-Codec konnte bei allen untersuchten natürlichen Bildvorlagen eine verlustfreie Kompression um den Faktor 1.5 erreicht werden (von 1728 Mbit/s auf 1152 Mbit/s), wodurch eine transparente Aufzeichnung progressiver HDP-Signale auf einem HDTV-Zeilensprungrecorder möglich wird. Bei überkritischen Testbildern (z.B. Zonenplatten oder Rauschmuster) muß dagegen ein sogenannter Fall-back-Modus mit geringfügiger, visuell aber nicht wahrzunehmender Quantisierung eingeschaltet werden.

#### *Verlustbehaftete Codierung von HDP-Signalen:*

Darüber hinaus wurde noch untersucht, inwieweit auch eine verlustbehaftete Codierung bei der digitalen Magnetbandaufzeichnung progressiver HDP-Signale eingesetzt werden kann. Zu diesem Zweck wurde das eingangs erwähnte HDI-Codec so modifiziert, daß auch progressive Eingangssignale verarbeitet werden können. Die Ergebnisse von subjektiven Tests haben gezeigt, daß eine Reduktion um den Faktor 3 bis 4 möglich ist, ohne daß sichtbare Fehler auftreten /65/. Folglich könnten HDP-Signale zumindest für die Archivierungsanwendung sogar mit einer Datenrate von nur 500 Mbit/s aufgezeichnet werden.



### Digitaler Codec für die HDTV-Magnetbandaufzeichnung

Projektleiter: Dr. P. Stammnitz  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 9  
Laufzeit: 1.7.90-30.6.92

#### Ziel

Zu Beginn des Vorhabens lag die Schwachstelle des im Rahmen des EUREKA 95 Projekts entwickelten Systems für das hochauflösende Fernsehen (HDTV) bei der Magnetbandaufzeichnung (MAZ), da die analoge Aufzeichnung aufgrund schlechter Störabstände bei hohen Frequenzen für das hochauflösende Fernsehen nicht geeignet war. Eine digitale MAZ stand in Europa jedoch noch nicht zur Verfügung bzw. wurde erst in einem parallel laufenden Forschungsprojekt von der Firma BTS als Kassettengerät entwickelt. Der Einsatz von Kassetten hätte jedoch zur Folge, daß wegen der gegenüber offenen Spulen geringeren Bandfläche die Spielzeit vorerst auf 40 Minuten begrenzt wäre. Deshalb entstand die Notwendigkeit, die Aufzeichnungszeit durch Halbierung der Bandgeschwindigkeit auf 80 Minuten zu erhöhen. Es war das Ziel des Vorhabens, für diesen Fall die Eingangsdatenrate von 1,152 Gbit/s mit Hilfe eines datenreduzierenden Codecs auf 576 Mbit/s zu verringern.

#### Stand im Projekt

Als Ergebnis des Vorhabens entstand ein programmierbarer Codec als Experimentalgerät für Reduktionsfaktoren im Bereich zwischen 2 und 5 (siehe Bild). Im Codec erfolgt aufgrund der Verwendung einer MAZ mit vier Kopfsystemen eine Aufteilung des Datenstroms auf vier identische, völlig voneinander unabhängig arbeitende Subsysteme. In den einzelnen Kanälen wird eine adaptive Diskrete-Cosinus-Transformation (DCT) im Halb- oder Vollbild vorgenommen. Zur Steuerung der Quantisierer wurde eine Datenraten-Regeleinheit mit Voranalyse aufgebaut /66, 147/. Für die Variable-Längencodierung (VLC) der quantisierten DCT-Koeffizienten wurde ein 0,8  $\mu\text{m}$  CMOS-Gatearray entwickelt /67/. MAZ-Coder und Decoder sind in je einem 19" Gestellrahmen untergebracht.

Das Projekt wurde erfolgreich abgeschlossen.

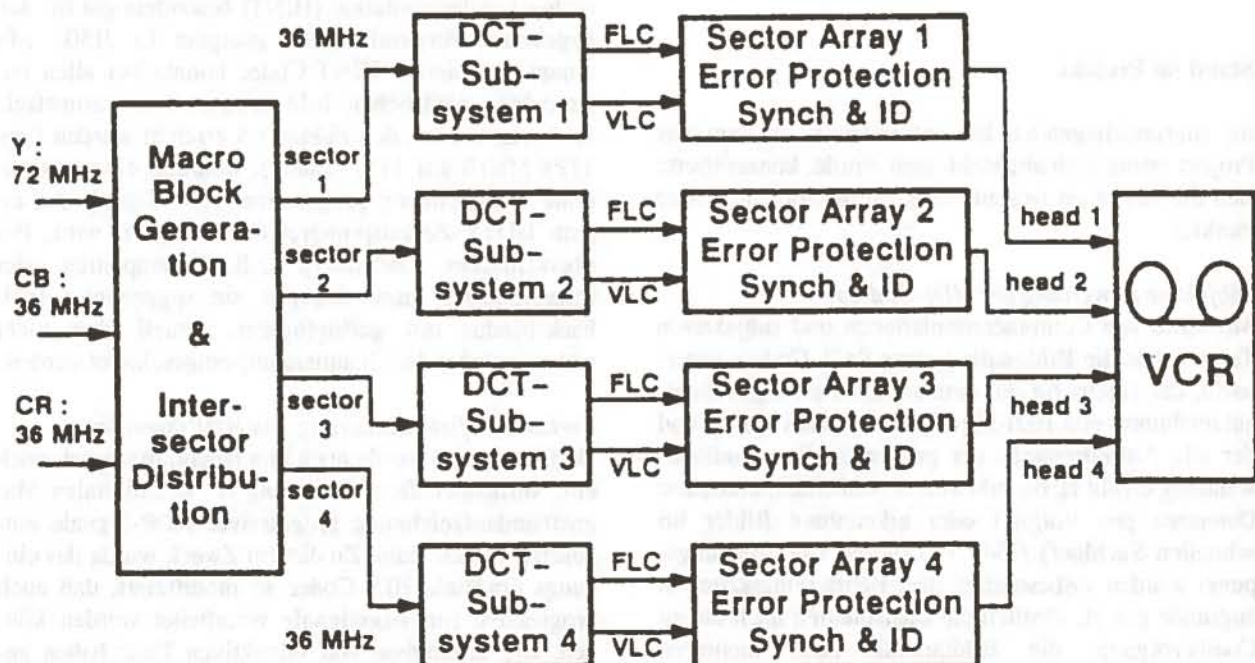


Bild: Blockschaltbild des Hardware-Codecs mit 4 parallelen Kanälen



## Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung

Projektleiter: Dr. G. Schamel  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 5  
Laufzeit: 1.4.92-30.6.94

### Ziel

Es ist Ziel des Projekts, die theoretischen Untersuchungen und Computersimulationen zu einem digitalen terrestrischen HDTV-Vertriebsdienst weiter zu vertiefen und die wesentlichen Komponenten der HDTV-Codierung mit Hilfe der Rechnersimulation zu untersuchen. Dabei soll ein besonderes Gewicht auf die hierarchische und kompatible TV/HDTV-Codierung gelegt werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen, die in enger Kooperation mit den Partnern des Forschungsschwerpunkts durchgeführt werden, sollen Grundlage für einen Codec werden, der im HHI als Teil des Demonstrators für eine Gesamtübertragungsstrecke (digitales terrestrisches HDTV) aufgebaut werden soll.

Sendeseitig wird das Videosignal im Quellencoder komprimiert, so daß eine Datenrate zwischen 20 und 30 Mbit/s entsteht. Die komprimierten Bilddaten müssen gegen Übertragungsfehler geschützt werden, indem im FEC-Coder (forward error correction) Schutzdaten berechnet und eingefügt werden. Weiterhin müssen digitale Tonsignale und Synchronisationssignale hinzugefügt werden (MUX), so daß ein Datenstrom von 30 bis 40 Mbit/s entsteht, der übertragen werden muß. Danach folgt der RF-Modulator, in dem der digitale Bitstrom in ein sendefähiges Signal moduliert wird, dessen Bandbreite 6-8 MHz betragen muß. Mit einem Mischer wird das Signal in den gewünschten Frequenzbereich (z.B. UHF) umgesetzt und kann dann ausgestrahlt werden. Für das Kabel und für den Satelliten müssen prinzipiell die gleichen Stufen durchlaufen werden, jedoch gelten hier andere Frequenzangaben, für das Kabel z.B. 300-450 MHz. Empfangsseitig müssen die inversen Operationen durchgeführt werden. Ein besonderes Interesse liegt bei der Transcodierung des komprimierten Signals, denn die Aufzeichnbarkeit ist ein extrem wichtiger Gesichtspunkt bei jedem Fernsehsystem, denn ohne die Bereitstellung von Videorecordern wird sich ein solches System kaum durchsetzen können.

Innerhalb dieser gesamten Übertragungskette sollen im beantragten Projekt besonders die Problemkreise Quellencodierung, Transcodierung und damit zusammenhängende Fragen der Kanalcodierung bearbeitet werden.

### Stand im Projekt

Im Zeitraum seit dem Projektbeginn wurde intensiv an hierarchischen Bildcodierverfahren basierend auf der DCT gearbeitet. Die Untersuchungen wurden in enger Kooperation mit den internationalen Projekten VADIS und vor allem MPEG durchgeführt, da in diesen beiden Projekten die europa- bzw. weltweiten Aktivitäten zur Videocodierung stattfinden. Zur Zeit gibt es zwei Ansätze für die hierarchische Codierung von TV und HDTV: Der erste Ansatz verbindet die beiden Auflösungen TV und HDTV über den Frequenzbereich, indem DCT-Koeffizienten von TV als Prädikt der entsprechenden HDTV-Koeffizienten verwendet werden. Beim zweiten Ansatz wird die Verbindung über den Ortsbereich durchgeführt, d.h. das TV-Signal selbst wird auf HDTV-Dimension hochkonvertiert und dann ebenfalls als Prädikt für das HDTV-Signal verwendet. Beide Ansätze werden zur Zeit bei MPEG und VADIS verglichen, und eine Entscheidung über das weitere Vorgehen wird im Frühjahr 1993 fallen.

Erste Simulationen für HDTV mit 24 Mbit/s wurden durchgeführt, und eine gute Bildqualität wurde erzielt. Vergleiche mit HD-MAC und mit PAL-Plus wurden ebenfalls durchgeführt und die Überlegenheit der digitalen Codierung wurde bereits demonstriert.





## Codec für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung

Projektleiter: Dr. P. Stammnitz  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 9  
Laufzeit: 1.7.92-31.12.95

### Ziel

Weltweit wird eine Digitalisierung sämtlicher Videodienste angestrebt. Dies geschieht einerseits in Hinblick auf die Einführung digitaler Netze wie ISDN und B-ISDN sowie digitaler Speichermedien (CD-ROM, digitaler VCR) und andererseits aus Gründen der Integrationsmöglichkeit auf Silizium und damit der kostengünstigen Herstellung.

Diese Entwicklung hat auch vor der TV- und HDTV-Übertragung über terrestrische und Satellitenkanäle nicht halt gemacht und wird vor allen Dingen durch die jüngsten Entwicklungen in den USA stimuliert.

Im Rahmen des nationalen Forschungsschwerpunktes "Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - HDTV-T" soll in diesem Projekt ein Quellencoder und -decoder für eine experimentelle Gesamtübertragungskette aufgebaut werden (s. Bild). Aufgrund der auf 20 bis 30 Mbit/s

begrenzten Datenrate kommen hierfür nur hybride Transformations- oder Subband-Codiervverfahren mit Bewegungskompensation in Betracht. Weiterhin soll der Codec die Möglichkeit bieten, aus dem Datenstrom des HDTV-Signals ein TV-Signal abzuleiten (Kompatibilität). Nach seiner Fertigstellung soll der Codec zusammen mit den anderen Komponenten (Kanalcodec, Modulationsstufe, HF-Stufe) in Feldversuchen getestet und optimiert werden.

### Stand im Projekt

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes "Digitale terrestrische HDTV-Übertragung - HDTV-T" ist die Mitarbeit der verschiedenen Firmen und Forschungseinrichtungen auf vier Hauptarbeitsgruppen mit den Themenschwerpunkten Systemaspekte (AG 1), Bildkompression (AG 2), Modulation (AG 3) und Hardware (AG 4) verteilt. Das hier vorgestellte Projekt arbeitet in der AG 4 mit. Im Projekt wurde damit begonnen, den mechanischen und elektromechanischen Teil für den Quellencoder aufzubauen, damit sofort mit der Realisierung der Algorithmen zur Datenreduktion begonnen werden kann, wenn der Hardwarearbeitsgruppe von der Arbeitsgruppe AG 2 entsprechende Vorgaben gemacht werden.

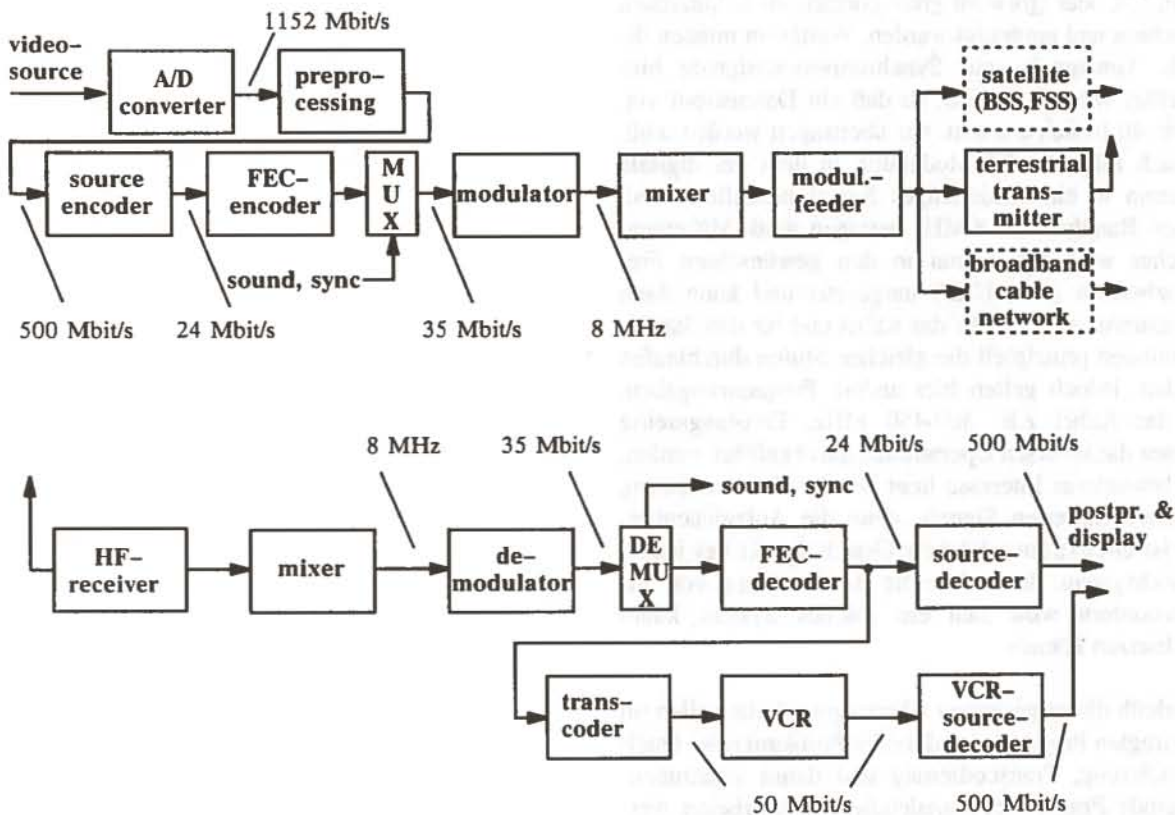


Bild: Übertragungskette für den digitalen HDTV-Rundfunk



### Schlüsselkomponenten für Elektronische Bildtechniken

Projektleiter: Dipl.-Ing. M. Talmi  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 9  
Laufzeit: 1.1.92-31.12.95

#### Ziel

Ziel des Vorhabens ist einerseits, Möglichkeiten zur Hochintegration neuer volldigitaler HDTV-Systeme unter Zugrundelegung zukünftiger Submicron-Technologien aufzuzeigen und andererseits Realisierungsentwürfe auszuarbeiten, die zu einer Prototypentwicklung von integrierten Teilsystemen für die Bildkompression zur digitalen terrestrischen HDTV-Übertragung führen. Diese Teilsysteme umfassen Komponenten zur Bewegungsschätzung und Bewegungskompensation sowie zur Bildcodierung/-decodierung für die Aufzeichnung und Übertragung.

Die im Vorhaben zu entwickelnden Chips bzw. Teilsysteme sollen in Codecs und in Studiogeräten eingesetzt werden, die am HHI für den Forschungsschwerpunkt "Digitale Terrestrische HDTV-Übertragung - HDTV-T" und in der Industrie (z.B. BTS) im Rahmen der EUREKA- und RACE-Programme (EU95, VADIS) entwickelt werden.

#### Stand im Projekt

Im Berichtszeitraum lagen die Schwerpunkte beim Architekturentwurf und bei der Hardware-Aufwandsabschätzung für die Hybridcodierung und für die Bewegungsschätzung. Die Untersuchungen und Entwurfsarbeiten bezogen sich auf Codierverfahren, die auf der DCT-Transformation bzw. Teilbandzerlegung basieren. Im Vordergrund standen die Fragen der Realisierbarkeit des Codecs mit verfügbaren Chips bzw. CMOS-ASIC-Technologien.

Ein Konzept zur Hardware-Realisierung des Codecs für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung wurde unter Berücksichtigung verfügbarer VLSI-Chips und CMOS-Technologien erarbeitet. Dabei wurde die Aufteilung des Codecs in zwei voneinander unabhängigen Entwicklungen (Encoder, Decoder) zugrunde gelegt.

Mit dem Ziel einer Datenreduzierung für die terrestrische HDTV-Übertragung mit Bildpunktfrequenzen bis 54 MHz wurde eine DCT/DCT-Struktur für verschiedene Blockgrößen (4x4, 8x8 und 2\*(4x8) Bildpunkte) konzipiert und für eine Schaltungsumsetzung in CMOS-Technologie entwickelt. Die Rechengenauigkeitsuntersuchung gemäß CCITT-Norm übertraf die Mindestanforderungen.

Für den Echtzeittest der Chips bzw. Module, die bereits vorliegen oder im Projekt noch entwickelt werden, wird ein THP-Prozessor (THP: TV-HDTV frame store Processor) realisiert. Diese Einheit kann Bilddaten von einer digitalen TV-MAZ (D1) einlesen, das TV-Bild in das HDTV-Format (EUREKA HDI) konvertieren und auf einem Monitor oder über die digitale Schnittstelle ausgeben. Bei Echtzeit-Untersuchungen kann mit diesem Gerät eine HDTV-Kamera ersetzt werden. Der Kern seiner Struktur besteht aus dem Speicherboard, das zusammen mit dem HCON72-Controller aus dem Vorläuferprojekt "VLSI für HDTV" entwickelt worden ist. Weitere Komponenten stammen aus Entwicklungen der Firmen BTS (Interface-Chip) und ITT (72 MHz D/A-Wandler).

Für die Fa. BTS wurde die Architektur eines DCT/DCT-Chips für variable Transformationsblockgrößen untersucht und entworfen.

Die Zusammenarbeit mit der Telekom der Bundespost wurde auf dem Gebiet der Bewegungsschätzung fortgesetzt. Das Ziel ist die Realisierung eines Multichip-Moduls (MCM) unter Verwendung von Chips, die im Vorläuferprojekt "VLSI für HDTV" entwickelt worden sind. Einsatzgebiet des MCM ist die Bewegungsschätzung im HDTV-T Encoder und Deinterlacers. Die Fertigstellung der Module ist für Ende 1993 vorgesehen.



### Flexible Advanced Satellite HDTV-System (RACE 2064)

Projektleiter: Dr. R. Schäfer  
Zuwendungsgeber: EG (50%)

Mitarbeiter in 92: 12/3  
Laufzeit: 1.1.92-31.12.94

#### Ziel

Bei der Kontribution von HDTV-Programmen von mobilen Übertragungswagen zum HDTV-Studio über Satellitenstrecken ist es wichtig, mit möglichst geringer Übertragungsrate auszukommen, um einerseits den Durchmesser der mobilen Satellitenschüssel möglichst gering zu halten und andererseits mit möglichst geringer Leistung im mobilen Sender und im Satellitentransponder auszukommen. Im RACE-Projekt "Flexible Advanced Satellite HDTV-System - FLASH" soll ein Übertragungssystem entwickelt und aufgebaut werden, das mit flexiblen Datenraten zwischen 34 und 70 Mbit/s arbeitet und sich somit den aktuellen Übertragungsbedingungen optimal anpaßt. Dabei wird bei guten Übertragungsbedingungen eine hohe Nutzdatenrate und ein geringer Fehlerschutz verwendet, während bei schlechten Bedingungen auf eine robuste Modulationsart mit höherem Fehlerschutz bei gleichzeitig reduzierter Videorate umgeschaltet wird. Neben Kanalcodierungs- und Modulationsverfahren muß auch ein für diese Aufgabenstellung optimales Codierverfahren entwickelt werden. Der HHI-Beitrag, der sich hauptsächlich auf das Jahr 1992 beschränkte, bestand in der Leitung der Codierarbeitsgruppe, in der Erarbeitung von Vorschlägen zur Codecsteuerung sowie in der Durchführung subjektiver Tests.

#### Stand im Projekt

Von HHI-Seite wurden Vorschläge zur Voranalyse des Videosignals eingebracht, mit dessen Hilfe die Datenrate eines Hybridcodecs (MPEG-Typ) gesteuert werden kann. Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, daß sich der Codec an den aktuellen Informationsgehalt des Signals anpaßt und immer die möglichst niedrigste Datenrate wählt.

In der zweiten Hälfte des Jahres wurde jedoch entschieden, daß das System ausschließlich mit einem Rückkanal arbeiten wird, d.h. es wird empfangsseitig die Fehlerrate gemessen, und bei steigender Fehlerrate wird der Fehlerschutz auf Kosten der Videorate erhöht. Deshalb konzentrierten sich die Arbeiten auf die Optimierung eines Hybrid-DCT Codecs, der in 1993 aufgebaut werden soll, auf die Durchführung subjektiver Tests, die am HHI durchgeführt wurden und auf die Prüfung der Verträglichkeit der codierten Signale auf eine Nachverarbeitung bzw. anschließende HDMAC-Übertragung.

Am Ende des Jahres waren der Codec voll spezifiziert und die Erfüllung der "Requirements" nachgewiesen /69/.

Der HHI-Beitrag zum FLASH-Projekt ist somit beendet.

## Transcoding of Images for Terminals (RACE 2055)

Projektleiter: Dr. R. Schäfer  
Zuwendungsgeber: EG (50%)

Mitarbeiter in 92: 2¼  
Laufzeit: 1.1.92-31.12.94

### Ziel

Die Darstellung verschiedener Bildformate auf einem Display wird in Zukunft immer mehr an Bedeutung gewinnen, wenn sich die Anzahl der Dienste (Bildtelefon, TV, HDTV, Bildinformationsdienste etc.) und der Übertragungswege (Satellitenübertragung, terrestrische Übertragung, Kabelübertragung, ISDN, B-ISDN) vervielfacht. Im RACE-Projekt "Transcoding of Images for Terminals - TRANSIT" sollen einige wichtige Probleme der Formatkonversion im Empfänger gelöst werden, wobei zur Beibehaltung einer hohen Bildqualität bewegungskompensierende Verfahren zum Einsatz kommen sollen. Im HHI soll ein bewegungskompensierter TV/HDTV-Konverter hardwaremäßig aufgebaut werden.

### Stand im Projekt

Basierend auf im HHI erarbeiteten Simulationsergebnissen zur Formatkonversion im allgemeinen und zur Hochkonversion (TV, 625 Zeilen, 50 Hz, 2:1, 4:3 nach HDTV, 1250 Zeilen, 50 Hz, 2:1, 16:9) im besonderen, wurden die Spezifikation für den TV/HDTV-Konverter entwickelt. Dieser besteht aus einem hierarchischen Bewegungsschätzer, einer Klassifizierungseinheit (Bild-

schnitt-/Überblenderkennung, Bewegungsdetektion), einem orts- und zeitvarianten bewegungskompensierten Filter für das "Deinterlacing" sowie einem örtlichen Filter zur Hochkonversion und zur Höhen-Seiten-Verhältnis (4:3 nach 16:9)-Wandlung.

### Architekturentwurf

Die Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens verursacht für die Echtzeitverarbeitung einen sehr großen Rechenaufwand und hohe Datenraten. Die Schaltungsanforderungen werden außerdem noch durch die Vielfalt der verschiedenen Teilfunktionen (Such- und Vergleichsoperationen und verschiedene Rechenoperationen) vergrößert. Parallelarchitekturen sind für die Bewältigung dieser Anforderungen erforderlich. Es werden Multiprozessorstrukturen bei der Berechnung der Blockmatching-Werte (Blockmatching-Prozessor-Array PAME 117) bei der Filterung (Mehr-Tap-Filter-Prozessoren) sowie Multi-Datensignalprozessor-Karten eingesetzt. Durch die universelle Programmierbarkeit von Multi-DSP-Karten können unterschiedliche Funktionen mit einer Hardware-Struktur abgedeckt werden.

### Simulationsmodell

Voraussetzung für den Entwurf und die Optimierung der Architekturen ist die Beschreibung des Verfahrens in Form eines Simulationsmodells. Damit können dann hardwarenahe Simulationen durchgeführt werden, mit denen die Schnittstellenprobleme der Teilfunktionen untereinander (Timing und interne Wortbreiten) untersucht werden. Das Simulationsmodell des Systems wurde im Berichtszeitraum erstellt und einige Simulationen zur Generierung der Referenz-Ergebnisse für eine spätere Optimierung durchgeführt.

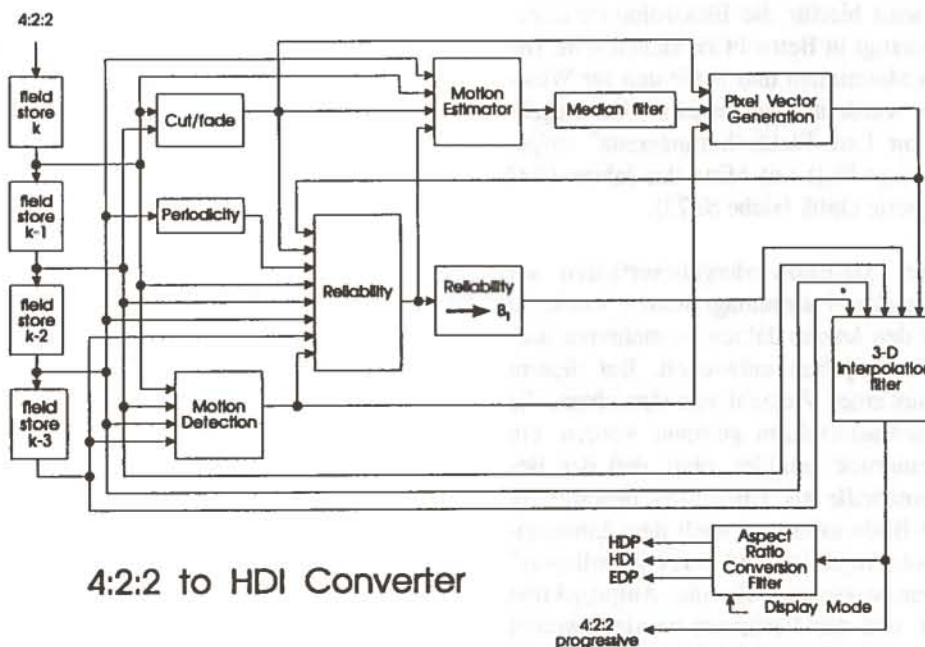


Bild: Blockschaubild des Gesamtsystems



## Abteilung Bildeneinrichtungen

### Übersicht

Die Aufgaben der Abteilung beziehen sich auf Großbild-Displaytechnologie und auf autostereoskopische Bildwiedergabe für 3DTV. Daneben wurde auch mit physikalischen und technologischen Grundlagenuntersuchungen zu Materialien und zu elektrisch steuerbaren Lichtbeugungselementen begonnen, die im Bereich der elektro-optischen Bild- und Signalverarbeitung (Photonik) eingesetzt werden könnten.

Die elektronische Großbildwiedergabe ist für Qualitätsansprüche, wie sie etwa von HDTV gestellt werden, nach wie vor nur durch Projektionsverfahren zu erreichen; in weiterer Zukunft erst könnte auch dafür das Flachbild-Direktsichtdisplay infrage kommen. Die HHI-Arbeiten befaßten sich mit Lichtventilverfahren für die Projektion. Lichtmodulatoren unter Verwendung des Effekts der Lichtbeugung, gesteuert durch elektrische Felder, wurden entwickelt. In dem Projekt "Lichtventilprojektion mit Festkörpersteuerschichten" wurden visko-elastische, metallisierte Dünnschichten mit einer Transistormatrix zur Ansteuerung kombiniert und in einem Dreifarben-Dunkelfeldprojektionssystem eingesetzt. Das Arbeitsgebiet wurde 1992 abgeschlossen.

Für das flache Direktsichtdisplay gibt es noch viele ungelöste Probleme, wenn großflächige Displays hoher Auflösung bei vollfarbiger Darstellung und ohne Begrenzung der Graustufenanzahl gefordert werden. Langfristig und hinsichtlich einfacher und preisgünstiger Herstellung wird hierfür die Elektrolumineszenz-Technologie bevorzugt in Betracht zu ziehen sein. Die Entwicklung von Materialien und Schichten für Weißlicht-EL-Displays wurde in dem Projekt "Grundlagenuntersuchungen zur Farb-Elektrolumineszenz" aufgenommen. Das Projekt läuft seit Mitte des Jahres 1992 im Bereich Integrierte Optik (siehe S. 73).

Ein elektronisches 3D-Bildwiedergabeverfahren auf der Basis von Parallax-Panoramagrammen wurde in der Abteilung in den letzten Jahren in mehreren aufeinanderfolgenden Projekten entwickelt. Bei diesem Verfahren wird aus einer Vielzahl von Ansichten, die durch einen Linsenrasterschirm getrennt werden, ein räumlicher Bildeindruck gebildet, ohne daß der Betrachter eine Stereobrille als Hilfsmittel benötigt. In dem Projekt "3D-Bildwiedergabe nach dem Linsenrasterverfahren durch Projektion und Direktsichtdisplay" wurde der Linsenrasterschirm für die Aufprojektion weiter verbessert, und das Verfahren wurde erweitert auf Rückprojektion mit einem LCD-Video- und Overhead-Projektor und auf einen großen Flachbildschirm

(Elektrolumineszenz-Display), wofür ein auf verschiedene Betrachtungsentfernungen einstellbarer Linsenrasterschirm eingesetzt wird. Für die Aufprojektion von Parallax-Panoramagrammen wurde ein spezieller Multikanalprojektor entwickelt.

Ausgehend von den langjährigen Erfahrungen, die in der Abteilung zur Technologie und Physik von Lichtsteuerschichten und Beugungsmodulatoren für die Displaytechnik vorhanden sind, werden in zwei Projekten Grundsatzuntersuchungen mit Hinblick auf Anwendungen bei der optischen Signalverarbeitung aufgenommen. Im Projekt "Technologien für Photonik-Komponenten auf der Basis von Polymerschichten" sollen insbesondere das Polungsverhalten und die Stabilität der Dipolausrichtung von Polymeren für elektro-optische und nichtlinear-optische Anwendungen in Wellenleitern geklärt werden, um die Auswahl und die Präparation solcher Materialien optimieren zu können; daneben sollen auch Polymerschichten für den Einsatz als passive Wellenleiter und als Pufferschichten sowie Polymerkomposite untersucht und optimiert werden. Im Projekt "Lichtmodulatoren mit festen Beugungsgittern" wird ein Konzept verfolgt, bei dem photolithographisch hergestellte Beugungsgitter durch ein geeignetes Steuerschichtmaterial elektrisch steuerbar werden. Das elektrische Feld moduliert dabei die Beugung ohne eine mechanische Verformung.



## Lichtventilprojektion mit Festkörpersteuerschichten

Projektleiter:

Dr. R. Gerhard-Multhaupt

Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 7

Laufzeit: 1.2.89-30.6.92

### Ziel

In diesem Projekt sollten die grundlegenden wissenschaftlichen und technologischen Probleme der Lichtventil-Großbildprojektion mit verspiegelten viskoelastischen Steuerschichten und aktiven Silizium-Ansteuer-matrizen soweit geklärt werden, daß das Verfahren im Labor demonstriert werden kann, um seine grundsätzliche Eignung nachzuweisen und um Zweifel an seiner Funktionsfähigkeit auszuräumen. Ziel war es vor allem, die festgestellten Probleme einer zu hohen Lichtempfindlichkeit der aktiven Ansteuer-matrizen, eines Ladungsstaus in der Passivierungsschicht der Matrizen, einer zu großen Anzahl von Defekten in der viskoelastischen Schicht, einer fraglichen Langzeitstabilität der Steuerschicht sowie einer (für diese Anwendung) zu geringen Ebenheit der Matrixoberfläche durch geeignete Lösungen zu beseitigen und bis Mitte 1992 einen vorführbaren farbtauglichen optischen Aufbau mit Steuerelementen und Ansteuerung zu erstellen.

### Stand im Projekt

Das Projekt wurde im Laufe des Jahres 1992 abgeschlossen. Das Projektergebnis konnte im Rahmen eines Workshops im Januar 1993 der Fachöffentlichkeit vorgestellt werden. Dabei wurde die Farbprojektion von Fernseh- und Videobildern mit drei aktiven Ansteuer-matrizen zu je  $196 \times 328$  Bildelementen (auf einer Chip-Fläche von jeweils  $14,1 \times 23,6 \text{ mm}^2$ ) demonstriert [70, 71, 72, 73, 77]. Das dazu erforderliche optische System war von der Firma Docter-Optic in Wetzlar und Wien geliefert worden, während Entwurf und Herstellung der Silizium-CMOS-Matrizen am Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Duisburg erfolgten [71]. Eine weitere aktive Matrix mit  $580 \times 776$  Bildelementen (auf einer Fläche von  $41,5 \times 55,9 \text{ mm}^2$ ) konnte nur in einigen wenigen Exemplaren gefertigt werden, so daß ihr Einsatz im Projektionsaufbau während der Projektlaufzeit nicht mehr möglich war.

Zusammenstellung der wesentlichen Projektergebnisse:

(1) Es wurde eine Theorie verspiegelter Elastomerschichten entwickelt, in der sowohl die viskoelastische

Schicht als auch die plattenartige Spiegelelektrode nahezu vollständig erfaßt sind. Sie führt zu Voraussagen über die Verformung des untersuchten Mehrschichtsystems und ergibt Anhaltspunkte für die Auslegung der schließlich realisierten Lichtventile.

(2) Zur Herstellung der Lichtventil-Steuerschichten wurde eine eigene Elastomer-Dünnschicht-Technologie aufgebaut, die ein sehr gleichmäßiges Aufschleudern des Zweikomponenten-Silikongels erlaubt. Um dessen Oberfläche verspiegeln zu können, wurden sowohl Nitrozellulose-Häutchen als auch durch Plasma-behandlung aus der Elastomeroberfläche entstandene Zwischenschichten benützt, wobei der Plasmaprozess in Zusammenarbeit mit der École Polytechnique in Montreal erarbeitet wurde. Schließlich wurden besonders schonende Verspiegelungsverfahren entwickelt.

(3) Für den experimentellen Nachweis der Steuerschichtverformung wurde das Verfahren der 3-Phasen-Interferometrie entwickelt, das auch zur Optimierung der Matrixplanarisierung verwendet werden konnte. Weitere Einsatzmöglichkeiten dieses Verfahrens im Bereich der Mikroelektronik, der Optoelektronik und der Mikrooptik werden zur Zeit erschlossen.

(4) Bei den aktiven Silizium-Ansteuer-matrizen wurde die Grenzschichtaufladung zwischen Passivierung und Elastomerschicht eliminiert, die Planarisierung der Matrix-Oberflächen optimiert, der Lichtschutz durch aktive und passive Elemente um mehrere Größenordnungen verbessert und schließlich mikroelektronische Schaltungen mit Flächen von bis zu  $30 \text{ cm}^2$  entworfen und prozessiert.

(5) Für die Projektion wurde ein farbtaugliches Dunkel-feldsystem mit reflektierenden Lichtstueerelementen realisiert, dessen Lichtquelle durch einen im Projekt entwickelten asphärischen Beleuchtungsspiegel eine gleichmäßige Ausleuchtung ermöglicht. Vorschläge zur Verbesserung des optischen Wirkungsgrads mit einem zweistufigen Wabenkondensator und einem optimierten Stufenspiegel wurden erarbeitet, konnten aber nicht mehr in die Praxis umgesetzt werden.



### 3D-TV nach dem Linsenrasterverfahren

Projektleiter: R. Bömer  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 4  
Laufzeit: 1.4.90-31.3.93

#### Ziel

Ausgehend von den Ergebnissen des Vorläuferprojektes, in dem autostereoskopische Videosysteme zur Aufnahme und Wiedergabe räumlicher Bilder durch eine Linsenrastergroßprojektion von Parallax-Panoramagrammen entwickelt wurden, sind in dem gegenwärtigen Projekt folgende Arbeiten durchzuführen: Der Linsenraster für die Großbildprojektion soll verbessert werden, und für diesen Bildschirm soll ein mehrkanaliger Diaprojektor entwickelt werden, dessen Dias später für die Videoprojektion durch Lichtventilsteuerschichten ersetzt werden könnten. Weiterhin ist die Anwendung des Linsenrasterverfahrens auf die Rückprojektion und auf große Flachbildsdisplays zu untersuchen. Bei bislang zur Verfügung stehenden Geräten reicht allerdings die Pixelanzahl nur für zweikanalige Systeme aus. Trotzdem können damit die Probleme experimentell bereits bearbeitet werden. Mit LC-Overhead- und LC-Lichtventilprojektion sollen zwei autostereoskopische Rückprojektionsstrecken aufgebaut werden, wobei der Lichtventilprojektor seine Signale von zwei Farbkameras erhalten soll. Weiterhin sollen auf einem monochromatischen EL-Flachbilddisplay stereoskopische Rechnergraphik und Videobilder von zwei Kameras mit Hilfe des Linsenrasterverfahrens dargestellt werden.

#### Stand im Projekt

Für die Großprojektion konnte beim Linsenrasterbildschirm das Selektivitätsverhalten durch ein neues Verfahren der optischen Korrektur weiter verbessert werden. Zusätzlich werden die bei der Aufprojektion entstehenden Oberflächenreflexe durch den Linsen überlagerte Strukturen gemindert. Beide Konzepte waren Gegenstand von Patentanmeldungen /155, 156/. Mit dem Hersteller der Rasterplatten, der Firma Philips in Eindhoven, sind neue Fertigungsverfahren diskutiert und abgestimmt worden. Der Linsenrasterbildschirm mit Pitchkorrektur konnte nach seiner Auslieferung im September 1992 sehr gute Selektivitätseigenschaften in fünf Panoramazonen beweisen, allerdings mit den Reflexionsbändern, die durch die Projektoren bei der Aufprojektion verursacht werden. Ebenfalls sehr gutes Selektivitätsverhalten zeigten dann die Linsenrasterbildschirme mit zusätzlicher Antireflexstruktur, bei denen selbst bei Einsatz des 24-kanaligen Projektors die störenden Reflexbänder vollständig verschwunden sind.

Der Multikanalprojektor ist fertiggestellt, und zwar

eine 18-kanalige Variante für eine Projektionsentfernung von etwa 5 m und eine 24-kanalige für die bisherige Projektionsentfernung von 3,5 m. Sie werden jeweils aus 3 bzw. 4 Ebenen à 6 Kanälen zusammengesetzt. Eine Vergrößerung der Projektionsentfernung verbessert u. a. die Deckungsfehler der vielen Stereoteilbilder erheblich. Die Fotografie der Dia-Serie für die 24-kanalige Variante ist nach einem aufwendigen theoretischen Konzept zur Wiedergabe einer möglichst unverfälschten Originalszene realisiert worden. Das Bildmaterial ist in den Projektor eingesetzt worden und liefert 5 Panoramagramme mit sehr fein abgestuften diskreten Perspektiven guter Qualität.

Für die Rückprojektion ist das Konzept für einen transparenten Auffangschirm mit vorgeseztem Linsenraster in Rechenprogramme zur Optimierung und Fertigung umgesetzt worden. Es werden hier zwei Wege besprochen: Mit Hilfe eines modifizierten Overhead-Projektors und eines dafür geeigneten LC-Displays großer Abmessungen wird Computeranimation zweikanalig dargestellt. Auf einem zweiten Rückprojektionsschirm werden mit einem umgebauten LC-Lichtventilfarbprojektor Videobilder zweier Kameras autostereoskopisch dargestellt. Die speziellen Diffusions-schichten der Auffangschirme, die gute Richtungsselektivität und die Abbildungseigenschaften der im September 1992 von Philips gelieferten Linsenraster mit extrem geringen Fertigungstoleranzen sowie die geringen Verzeichnungen der Projektionsobjektive haben als Ergebnis helle Stereobilder in vielen brauchbaren Kanalpaaren bei sehr guter Kanaltrennung geliefert. Unbefriedigendes Übersprechverhalten der Videoprojektion ist auf die interne, hier nicht veränderbare Signalverarbeitung im Videoprojektor zurückzuführen, könnte aber in einem anderen Gerätetyp vermieden werden.

Ein 18"-Elektrolumineszenz-Flachbilddisplay ist mit vorgeseztem Linsenraster zur autostereoskopischen Darstellung von Computer- und Kamerabildern kombiniert worden. Die mit gerasterter Computergraphik dargestellten stereoskopischen Raumbilder sind in allen inneren Betrachtungszonen von sehr guter Qualität. Mit einer Justagevorrichtung des Linsenrasters in bezug auf den Bildschirm kann die Wiedergabe für unterschiedliche Betrachtungsentfernungen eingestellt werden, Voraussetzung für ein Trackingverfahren bei zweikanaligen Systemen (USA Patent 5,083,199) /155/. Da eine beauftragte Firma die für Videobilder erforderlichen Graustufen nicht realisieren konnte, sind die Videobilder nur mit zwei Grauwerten darstellbar.

Die drei beschriebenen Systeme können die wichtigsten 3D-Anwendungen - Workstation, mittelgroße Rückprojektion und Großprojektion - abdecken. Damit sind alle im Projekt gesteckten Ziele bis auf die nicht realisierbaren Graustufen des EL-Displays erreicht worden /78, 79/.



### Technologien für Photonik-Komponenten auf der Basis von Polymerschichten

Projektleiter:	Mitarbeiter in 92:
Dr. R. Gerhard-Mulhaupt	6 (+ 1 Postdoktorand)
Zuwendungsgeber: HHI	Laufzeit: 1.7.92-31.3.94

#### Ziel

In diesem Vorlaufprojekt zum BMFT-Schwerpunktprogramm Photonik II sollen die einschlägigen Präparationsverfahren für dünne Polymerschichten /140/ sowie die dazugehörigen Meßverfahren erarbeitet und reproduzierbar zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin soll das Polungsverhalten und die Stabilität von Polymeren mit optischen Nichtlinearitäten zweiter Ordnung für elektro-optische und nichtlinear-optische Anwendungen in Wellenleitern untersucht und besser verstanden werden. Wesentliche Fragestellungen betreffen den zeitlichen Verlauf des Polungsvorgangs, die räumliche Verteilung der Dipol-Polarisation und die zeitliche Stabilität der Dipolrichtung sowie deren Optimierung. Die Technologie einer dreidimensional strukturierten Polung soll vor allem im Hinblick auf mögliche Anwendungen in der Quasi-Phasenanpassung bei der Frequenzverdopplung, in der Optimierung des Überlappungsintegrals bei parametrischen Effekten und in der nachträglichen Polung von bereits fertiggestellten Bauelementen entwickelt und untersucht werden.

#### Stand im Projekt

Für die Polung und gleichzeitige Untersuchung von Polymerschichten /74/ wurde eine Korona-Aufladungsapparatur /76/ mit Steuergitter und heizbarem Probenstisch entworfen und aufgebaut, die das Anfahren und Halten beliebiger Proben Temperaturen zwischen Raumtemperatur und etwa 300° C, das Fahren von Temperaturrampen mit unterschiedlichen Heiz- oder Kühlraten, die Kontrolle der Polymeraufladung durch das Steuergitter und die in-situ-Messung sowohl des Polungsstroms als auch des jeweils erreichten Oberflächenpotentials schon während der Polung erlaubt. Damit wurde bereits das Polungsverhalten exemplarischer Polymerproben studiert und durch Optimierung der Polungsparameter eine wesentliche Verbesserung der elektro-optischen Aktivität erreicht.

Für den Entwurf schneller elektro-optischer Modulatoren muß das dielektrische Verhalten des eingesetzten Polymermaterials genau bekannt sein. Auch für die Interpretation und die Optimierung des Polungsvorgangs sind diese Eigenschaften von großem Interesse. Die bereits durchgeführten dielektrischen Messungen

deuten darauf hin, daß chemisch unterschiedliche Polymermaterialien auch große Unterschiede in der Temperaturstabilität aufweisen. Die elektro-optische Aktivität kann aufgrund eines einfachen Modells aus dem dielektrischen Verhalten vorhergesagt werden.

Für elektro-optische Messungen wurde eine Reflexionsanordnung aufgebaut. Die damit ermittelten elektro-optischen Koeffizienten und der temperaturabhängige Zerfall der elektro-optischen Aktivität korreliert sehr gut mit den kolorimetrisch bestimmten Glasktemperaturen der Probenmaterialien.

Zur Charakterisierung von strukturiert gepolten Polymerschichten wurden schließlich zwei Mikroskopietechniken entwickelt: Das pyroelektrische Mikroskop wurde bereits in der Fachliteratur beschrieben, während das im **oberen Bild** gezeigte elektro-optische Mikroskop eine eigene Neuentwicklung darstellt. Die Funktionen von Polarisator und Analysator wurden dabei in einem einzigen Bauelement, dem polarisierenden Strahlteiler, zusammengefaßt. Das im **unteren Bild** gezeigte Meßsignal des elektro-optischen Mikroskops für eine örtlich periodisch gepolte Polymerschicht zeigt die Funktionsfähigkeit des neuen Verfahrens.

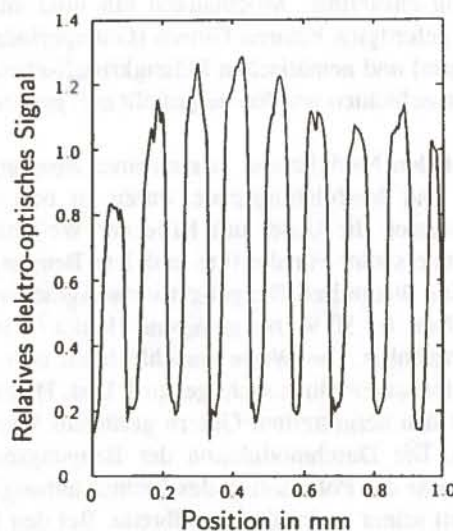
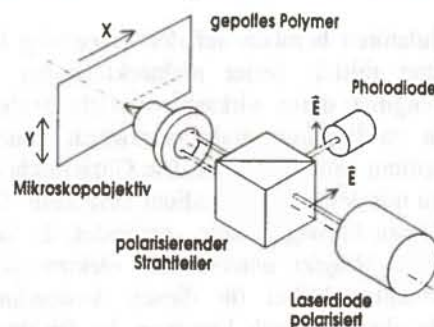


Bild: Elektro-optisches Mikroskop zur Untersuchung strukturierter nichtlinear optischer Schichten (oben) u. typisches Meßergebnis an einem Polymer (unten)



### Lichtmodulatoren mit festen Beugungsgittern

Projektleiter:

Dr. R. Gerhard-Multhaupt/E. Schulze Mitarbeiter in 92: 3

Zuwendungsgeber: HHI

Laufzeit: 1.1.91-31.12.92

#### Ziel

Im Projekt sollen die grundlegenden Eigenschaften neuartiger Lichtmodulatoren mit durch Photolithographie fixierten Beugungsgittern theoretisch und experimentell untersucht werden. Die Herstellung zur Steuerung geeigneter dünner elektro-optischer Kristallschichten mit Hilfe der Laserspulsabscheidung soll genauer studiert werden (in Fortführung der im Projekt "Hochauflösende räumliche Lichtmodulatoren mit elektrischer Ansteuerung" begonnenen Arbeiten). Ziel der Arbeiten ist die Klärung der grundsätzlichen Funktionsfähigkeit des Modulatorprinzips und der technologischen Realisierbarkeit der Modulatoren.

#### Stand im Projekt

Die Modulatoren beruhen auf der Erzeugung binärer Phasengitter mittels fester rechteckförmiger Reflexionsstufengitter, deren wirksame optische Stufenhöhe durch ein im Brechungsindex elektrisch steuerbares Phasenmedium veränderbar ist. Die Gitterfurchen werden hierzu mit dem Phasenmedium ausgefüllt. Derzeit werden hierzu Flüssigkristalle verwendet, da sich die ebenfalls im Projekt untersuchten elektro-optischen Kristallschichten bisher für diesen Anwendungsfall noch nicht eignen. Durch Variation des Brechungsindex des Flüssigkristalls ist die optisch wirksame Stufenhöhe und damit die Phasengitteramplitude und die Beugung einstellbar. Modulatoren mit mikrolithographisch gefertigten binären Gittern (Gitterperioden von 2 - 10  $\mu\text{m}$ ) und nematischen Flüssigkristall-Phasenmodulationsschichten wurden hergestellt und getestet.

Die mit den Modulatoren erreichbaren Beugungswirkungs- und Modulationsgrade waren zu bestimmen. Dazu wurden die Gitter mit Hilfe der Wellentheorie näher untersucht. Für die 0-te und 1-te Beugungsordnung sind theoretisch Beugungswirkungsgrade von 0 - 100 % bzw. 0 - 50 % (bei genügend kleiner Gitterperiode) erreichbar. Die Werte verschlechtern sich, wenn das Gitterastverhältnis nicht genau 1:1 ist. Daher wurden bei den hergestellten Gittern geringere Werte gemessen. Die Durchmodulation der Beugungsordnungen ist von der Polarisation des Lichtes abhängig und sinkt mit seiner spektralen Bandbreite. Bei den hergestellten Modulatoren, die die Gitter in Kombination mit der Flüssigkristallschicht enthalten, wurden im Vergleich zur Theorie etwas schlechtere Beugungsei-

genschaften festgestellt, da die verwendete Modulatorzellentechnologie noch nicht genügend ausgereift ist und unerwünschte Reflexionen hinzutreten. Zukünftige Arbeiten dienen der Verbesserung der Modulator-technologie unter Berücksichtigung von Photonik-Anwendungen.

Die Arbeiten zur Laserspulsabscheidung elektro-optischer KTN-Schichten wurden fortgeführt. Dabei wurde festgestellt, daß der lineare wie auch der quadratische elektro-optische Effekt bei Feldstärken von mehr als 6 kV/cm in eine Sättigung übergeht, offenbar ein grundsätzliches physikalisches Phänomen. Daher ist der größtmögliche elektro-optische Phasenhub in KTN-Schichten von etwa 1  $\mu\text{m}$  Dicke auf ungefähr  $\pi/100$  begrenzt. Diese Sättigung ist auf das ferroelektrische Hystereseverhalten von Kalium-Tantalat-Niobat (KTN) zurückzuführen. Für die vollständige Modulation in einem longitudinalen Modulator sind daher Schichtdicken von mehr als 50  $\mu\text{m}$  erforderlich, was die mit einem zweidimensionalen räumlichen Lichtmodulator erreichbare Auflösung stark einschränken würde. Mit diesem Forschungsergebnis, dessen Veröffentlichung derzeit vorbereitet wird, wurden die Arbeiten an elektro-optischen KTN-Schichten abgeschlossen.

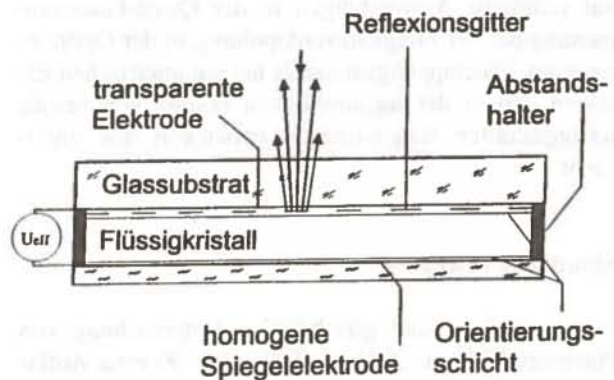


Bild: Struktur des Lichtmodulators

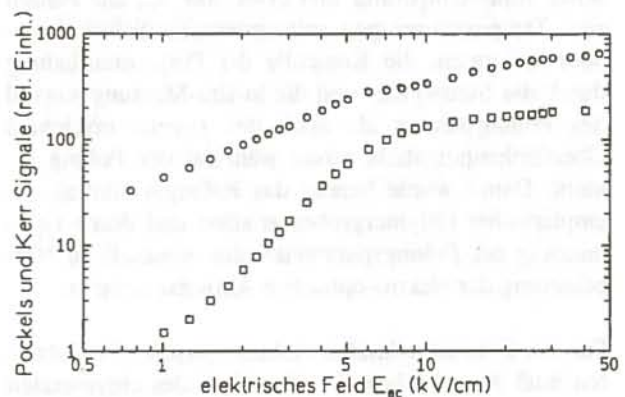


Bild: Sättigung des linearen (Pockels)  $\circ$  und quadratischen (Kerr)  $\square$  elektro-optischen Effekts in ferroelektrischen KTN-Schichten







# Bereich Integrierte Optik

## Übersicht

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Darstellung der...  
 Die Arbeit ist in drei Hauptbereiche unterteilt: 1. Grundlagen der integrierten Optik, 2. Herstellungstechniken, 3. Anwendungen. Im ersten Teil werden die physikalischen Grundlagen der Lichtausbreitung in Wellenleitern behandelt. Im zweiten Teil werden verschiedene Herstellungsprozesse wie Lithographie und Ätzen beschrieben. Der dritte Teil zeigt Beispiele für optische Schaltkreise und deren Funktion.

Als Nächstes wird die Herstellung der Wellenleiter...  
 In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Materialien für Wellenleiter diskutiert, darunter Silizium, Siliziumnitrid und Indiumphosphid. Die Eigenschaften dieser Materialien in Bezug auf Brechungsindex, Verluste und Kompatibilität mit Halbleitertechnologien werden analysiert. Zudem werden die Herausforderungen bei der Integration von Wellenleitern mit anderen Komponenten auf einem Chip besprochen.

In der folgenden Tabelle sind die Eigenschaften...  
 Die Tabelle vergleicht die optischen Eigenschaften von Silizium, Siliziumnitrid und Indiumphosphid. Silizium hat einen hohen Brechungsindex, was für kompakte Wellenleiterstrukturen vorteilhaft ist. Siliziumnitrid zeichnet sich durch niedrige Verluste aus, während Indiumphosphid für nichtlineare optische Effekte geeignet ist.

## Bereich Integrierte Optik

## Physikalische Grundlagen der integrierten Optik

Die physikalischen Grundlagen der integrierten Optik...  
 In diesem Abschnitt werden die physikalischen Grundlagen der Lichtausbreitung in Wellenleitern behandelt. Es werden die Maxwell-Gleichungen für die elektromagnetischen Felder in Wellenleitern hergeleitet und die Dispersionseigenschaften von Wellenleitern diskutiert.

### Wellenleiter-Komponenten

Die Wellenleiter-Komponenten sind...  
 In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Komponenten von integrierten optischen Schaltkreisen beschrieben. Dazu gehören Wellenleiter, Gitterkoppler, Ringresonatoren, Modulatoren und Detektoren. Die Funktionsweise und die Eigenschaften dieser Komponenten werden detailliert erläutert.



## Bereich Integrierte Optik

### Übersicht

Ziel der Integrierten Optik ist die Entwicklung von Prototypen optoelektronischer Bauelemente und integrierter Subsysteme für die anwendungsbezogene nachrichtentechnische Grundlagenforschung. Sie dienen zur Demonstration der Machbarkeit neuer Systementwicklungen. Die Einführung eines optischen Breitbandkommunikationsnetzes auf der Teilnehmerebene bildet weltweit einen wichtigen Schwerpunkt der Systementwicklung. Man ist überzeugt, daß ein wirtschaftliches und zuverlässiges Netz nur dann verwirklicht werden kann, wenn die monolithische Integration von optoelektronischen Schaltkreisen gelingt. Wie in den führenden nachrichtentechnischen Zentren in Japan, den USA und in Europa wird in der Integrierten Optik des HHI an der Entwicklung dieser neuartigen optoelektronisch integrierten Schaltungen (OEICs) schwerpunktmäßig gearbeitet.

Als Materialien für die optoelektronische Integration dient die Klasse der InP-III-V-Halbleiter, die wegen ihres Bandabstandes die Herstellung von Lasern und Detektoren für den optimalen Übertragungsbereich von Glasfasern im Wellenlängenbereich 1,3 bis 1,6  $\mu\text{m}$  ermöglicht. Mit dieser Materialklasse können neben den optoelektronischen Komponenten auch passive Wellenleiterstrukturen und elektronische Komponenten, wie zum Beispiel Transistoren, hergestellt werden. Eine monolithische Integration von komplexen optoelektronischen Schaltkreisen ist daher im Prinzip möglich. Die besondere Schwierigkeit ergibt sich in der Verbindung von Funktionselementen, die bezüglich ihrer epitaktischen Schichtzusammensetzung und ihrer geometrischen Struktur völlig verschieden aufgebaut sind. Die optoelektronische Integration zielt auf die Beherrschung der materialtechnischen und strukturellen Komplexität bei einer verhältnismäßig niedrigen Anzahl von Elementen ab.

In den fünf Abteilungen Epitaxie, Prozeßtechnologie, Lithographie, Meßtechnik und Komponentenintegration werden die technologischen, meßtechnischen und theoretischen Grundlagen bereitgestellt, die für die Bearbeitung der Projekte benötigt werden. Es ist Aufgabe der Abteilungen, diese Grundlagen so weiterzuentwickeln, daß für die Komponenten- und OEIC-Entwicklung jeweils der neueste Stand der Technik zum Einsatz kommen kann. Ein technologisches Zentrallabor mit der Reinraumklasse 10 im Lithographiebereich und der Reinraumklasse 1000 für die Epitaxie und Prozeßtechnik steht zur Verfügung.

Anläßlich des zehnjährigen Bestehens der Integrierten Optik am HHI wurde im Rahmen einer Festveranstaltung der am Institut erreichte Entwicklungsstand präsentiert und die Bedeutung dieses Arbeitsgebietes durch eine Reihe von namhaften nationalen und internationalen Fachleuten gewürdigt.

### Projekte im Bereich Integrierte Optik

Projekte werden in der Integrierten Optik in drei Schwerpunktbereichen durchgeführt: Integrierte Komponenten, diskrete Bauelemente und Technologieweiterentwicklung. Die meisten in 1992 durchgeführten Projekte werden durch externe Stellen gefördert, vom BMFT im Rahmen der Photonik- und Drei-Fünf-Elektronik (DFE)-Verbundprogramme, von der DBP-Telekom und von der Europäischen Gemeinschaft im Rahmen der RACE-Programme. Nur ein sehr kleiner Teil der Projekte läuft als Hausprojekte.

### Integrierte Komponenten

Der Schwerpunkt der Arbeiten zu den integrierten Komponenten liegt bei der Entwicklung eines "Monolithisch integrierten optischen Überlagerungsempfängers", einem Teilprojekt des im Photonikprogramm des BMFT im Zeitraum 1990-1994 geförderten Projektes "Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung". In diesem Projekt soll der Nachweis erbracht werden, daß die Integration eines abstimmbaren Lasers mit einer Reihe von optischen Komponenten, Detektoren und Transistoren in InP-Technologie möglich ist. Die Entwicklung der wichtigsten Komponenten und der Aufbautechnik wird in eigenen Teilprojekten durchgeführt, die im folgenden auch ausführlich beschrieben werden. Ein optischer Überlagerungsempfänger stellt für die kohärente Übertragungstechnik eine Schlüsselkomponente dar. Wenn es gelingt, diesen wichtigen Systembestandteil kompakt, zuverlässig und ohne optischen Isolator herzustellen, wird dies einen bedeutenden Schritt zur praktischen Einführung dieser Technik bedeuten. Ein wichtiger Teil des Überlagerungsempfängers - das passive Polarisations-Diversity-Netzwerk - wird schon seit 1988 in dem RACE-Projekt "Subscriber Coherent Multichannel System, Technologieteil" bearbeitet, das Ende 1992 erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Die Ergebnisse dieses Projektes finden direkt im Photonikprojekt Anwendung. Die Arbeiten zum integrierten Wellenlängen-Demultiplexer-Empfänger auf InP aus dem Vorjahr wurden im Berichtszeitraum in geringem Umfang fortgeführt und zum Abschluß gebracht /128/.



## Diskrete Bauelemente

Die Beherrschung von verschiedenen Diodenlasertypen stellt eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung von komplexen OEICs dar. Laser wurden 1992 vorrangig im Rahmen des BMFT-Projektes zur Entwicklung des integrierten Überlagerungsempfängers in Form von abstimmbaren DBR-Lasern weiterentwickelt. Beim BMFT-Verbundprojekt "Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung" geht es auch um die Entwicklung von "Schnellen optischen Schaltern". Diese sollen in hochratigen OATM-Systemen Anwendung finden. Weitere Projekte, die sich mit der Entwicklung von diskreten Bauelementen befassen, werden von der DBP-Telekom gefördert. Es handelt sich dabei um das Projekt "Optischer Verstärker", das neben der Optimierung von Verstärkerstrukturen auch die Entwicklung von zwei Sektionselementen mit Speicher-Eigenschaften und weiteren Funktionen, die bei der optischen Signalverarbeitung von Bedeutung sind, zum Inhalt hat. Im Projekt "Wellenleitertaper für optoelektronische integrierte Schaltungen auf der Basis von InP", wird eine Komponente entwickelt, die eine einfache Ankopplung einer Faser an einen Wellenleiter in InP-Technologie zum Ziel hat. Im Projekt "Optimierung von MBE-Al(Ga)InAs/GaInAs-Schichtenfolgen für Heterostruktur-Feldeffekttransistoren" wird in Zusammenarbeit mit dem Daimler-Benz-Forschungsinstitut in Ulm an Quantenwellstrukturen gearbeitet, die eine elektrische Signalverarbeitung im 10-100 GHz-Bereich ermöglichen sollen. Schließlich geht es im HHI-finanzierten Projekt "Oberflächenemittierende Halbleiterlaser mit vertikaler Resonatoranordnung" um die Entwicklung von oberflächenemittierenden Lasern im 1  $\mu\text{m}$ -Wellenlängenbereich. Diese Entwicklung wird in enger Zusammenarbeit mit dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik und dem Paul-Drude-Institut in Berlin durchgeführt.

## Technologieweiterentwicklung

Bei den technologiebezogenen Projekten wurde 1991 das Projekt "Selektive MOMBE für planare elektronische Bauelemente auf InP-Basis" aufgenommen, das im DFE-Verbundprogramm des BMFT gefördert wird. Die MOMBE ist für die InP-Materialien besonders wichtig, da mit dieser Gas-Quellen-Molekularstrahl-epitaxie auch die Verwendung von phosphorhaltigen Verbindungen möglich wird und damit der InP-Technologie alle Möglichkeiten der GaAs-Technologie offen stehen. Ein weiteres technologiebezogenes Projekt "Semi-isolierende InP-Epitaxieschichten auf VPE-Basis" ist ein von der DBP-Telekom finanziertes Gemeinschaftsprojekt mit der RWTH Aachen und der Fa. Aixtron. Dieses Projekt wurde Mitte 1992 erfolgreich abgeschlossen. Schließlich wurde in 1992 das Projekt "Oberflächenpassivierung von optoelektronischen Bau-

elementen auf InP-Basis" als Hausprojekt gestartet, das in Kooperation mit der Humboldt-Universität, Institut für Festkörperphysik (Prof. Wandel) bearbeitet wird.

## Abteilung Epitaxie

Die Aufgabe der Abteilung Epitaxie ist die Herstellung von III-V-Schichtstrukturen für die in den verschiedenen Projekten des Bereichs Integrierte Optik zu entwickelnden Bauelemente. Neben der Bereitstellung von Standardstrukturen umfassen die Arbeiten in Verbindung mit entsprechenden Charakterisierungsverfahren die Anpassung und Optimierung der Epitaxieprozesse zur fortlaufenden Verbesserung der jeweiligen Material- und Bauelementeigenschaften. Darüber hinaus liegt eine wichtige Aufgabe in der Weiterentwicklung der Epitaxietechnologie insgesamt, um einerseits neue Realisierungsmöglichkeiten für Bauelemente zu erschließen und andererseits den Reifegrad dieser Schlüsseltechnologie im Hinblick auf einen industriellen Einsatz weiter zu erhöhen. Als Epitaxieverfahren stehen die metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE) und die Molekularstrahl-epitaxie (MBE) zur Verfügung.

War die MOVPE-Technologie bisher ausschließlich auf das Materialsystem InGaAsP ausgerichtet, so wurde im Berichtsjahr erstmals auch das System InGaAlAs in diese Aktivitäten einbezogen. Die epitaktische Herstellung dieser Schichten wurde von vornherein unter Wachstumsbedingungen untersucht, die mit denen der InGaAsP-Verbindungen kompatibel sind, um die Kombination beider Materialsysteme und dadurch eine zusätzliche Flexibilität im Aufbau von Bauelemente-Heterostrukturen zu ermöglichen. Erste erfolgreiche Anwendungen fanden solche kombinierten Schichtsysteme in sogenannten BRAQWET-Elementen /97/ auf der Grundlage von InGaAsP/InP-/InAlAs-Heterostrukturen.

Zur Erweiterung der apparativen Basis wurde eine zusätzliche LP-MOVPE-Anlage in Betrieb genommen. Diese von der Fa. Aixtron gelieferte Anlage des Typs AIX 200/4 erlaubt die Epitaxie auf Einzelwafern bis zu einem Durchmesser von 4 Zoll, optional auch die gleichzeitige Beschichtung von bis zu 3x2"-Substraten. Die von diesem System erwarteten Verbesserungen vor allem hinsichtlich der ganzflächigen Uniformität von InGaAsP-Epitaxieschichten konnten durch die bisherigen Ergebnisse bestätigt werden.

Die MBE-Technologie unter Verwendung von Feststoffquellen wurde weiterhin zur Herstellung von Schichtstrukturen auf der Basis des Materialsystems InGaAlAs eingesetzt. Ein Schwerpunkt war dabei die Optimierung von HEMT-Strukturen, für die vor allem



auch der Einsatz von  $\delta$ -Dotierungen und verspannter Schichten untersucht wurde. Wachstumsprobleme, die sich bei der Entwicklung des Heterodynempfängers bei der MBE auf vorstrukturierten MOVPE-gewachsenen Schichten ergaben, konnten nach umfangreichen Testreihen erfolgreich gelöst werden. Mit der Herstellung von QW-Laserstrukturen im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart innerhalb des Photonik-Programms wurde begonnen. Die Arbeiten zu oberflächenemittierenden Lasern auf GaAs-Basis wurden fortgesetzt.

Die Molekularstrahlepitaxie mit gasförmigen Quellen gewinnt zunehmend an Attraktivität, da sie der MBE-Technik den Zugang zu phosphorhaltigen Materialien ermöglicht. Die äußerst effiziente Verwertung der eingesetzten Ausgangsstoffe ist eines von weiteren vorteilhaften Merkmalen. Speziell die MOMBE-Methode (Verwendung metallorganischer Gruppe (III)-Quellen) bietet Vorteile für die für die optoelektronische Integration wichtige lokale Epitaxie. Insbesondere mit Blick auf diese Anwendung wurde im Rahmen des BMFT-Vorhabens "Selektive MOMBE für planare elektronische Bauelemente auf InP-Basis" eine kommerzielle Anlage der Fa. VG Semicon beschafft, deren Aufbau abgeschlossen wurde.

Das Projekt "Semi-isolierende InP-Epitaxiesubstrate auf VPE-Basis", das im Rahmen des OEIC-Programms der DBP-Telekom durchgeführt wurde und an dem das HHI mit Charakterisierungsaufgaben beteiligt war, wurde planmäßig abgeschlossen.

## Abteilung Lithographie

Der Aufgabenbereich der Abteilung Lithographie erstreckt sich auf die Technologie zur lateralen Strukturdefinition der optoelektronischen Bauelemente, die im Institut entwickelt werden. Die Technologien sind die Elektronenstrahlolithographie, verbunden mit der Maskentechnik, die Photolithographie und die holographische Strukturierung.

Die Elektronenstrahlolithographie wurde zunehmend für die Direktstrukturierung von Halbleiteroberflächen im Submikron-Bereich eingesetzt. Es wurden hierzu Untersuchungen zu Mehrlagen-Resistsystemen durchgeführt, um die Herstellung von kurzen Kanälen ( $0,5 \mu\text{m}$  und darunter) für HEMTs vorzubereiten, die zur Leitererhöhung mit einem T-förmigen Profil ausgelegt werden. Mit Elektronenstrahlbelichtung werden auch reliefartige Oberflächentopographien im Resist erzeugt, die mittels Ionenstrahlätzen formtreu in die Halbleiter übertragen werden und dreidimensionale Oberflächenstrukturen ergeben. Diese Technik wird mit gutem Erfolg zur Herstellung von Wellenleiter-

tapern für die OEIC-Faser-Schnittstelle verwendet. Im Berichtszeitraum ging es dabei um die Entwicklung verbesserter Belichtungsstrategien zur Kompensation der Subfeld-Inkohärenz ("stitching"-Fehler) und um die Verminderung der Mikrorauigkeit der Lackoberfläche durch geeignete Temperverfahren vor und nach der Profilbildung. Beide Maßnahmen sind besonders bedeutend für neuartige Taper in asymmetrischen Wellenleitern gegen Luft (hoher Brechzahlssprung).

In der Photolithographie konnte eine neue Anlage zur Kontaktbelichtung in Betrieb genommen werden, die sich durch verbesserte Eigenschaften bei der Vakuumkontaktlithographie und bei der Maskenjustierung auszeichnet. Um die Prozeßtoleranzen in der Photolackentwicklung weiter einzuschränken, wurde eine Sprühentwickleranlage für alkalische Medien installiert, wozu ein Spray-/Puddle-Verfahren entwickelt wurde. Die getroffenen Maßnahmen haben das Niveau der Photolithographie weiter angehoben, die gerade für die Vielstufen-Prozesse bei der Herstellung von OEICs hohe Ausbeute, Überlagerungsgenauigkeit und Dimensionstreu leisten muß.

Die holographische Belichtung ist weiterhin unverzichtbar für die Herstellung von DFB- und DBR-Lasern. Mit Verfügbarkeit der neuen Elektronenstrahl-Lithographieanlage soll geprüft werden, ob diese Anlage eine praktikable Alternative für diese Strukturierungsaufgaben bietet und die Holographie durch Entwicklungen neuartiger hochauflösender optischer Lithografiertechniken abgelöst werden kann.

Das zweite, die zeitliche Auslastung dominierende Einsatzgebiet der Elektronenstrahlolithographie ist die Maskentechnik, die außer der Optoelektronik auch die Vorhaben zur Entwicklung von Polymerwellenleiter-Komponenten und von Fresnelzonenplatten und Beugungsgittern für die räumliche Freistrahilverbindungstechnik mit den benötigten Photomasken versorgt hat. Die CAD-Entwurfshilfsmittel wurden zu diesem Zweck weiter vervollkommen. Außerdem war für den Mikron- und Submikron-Bereich die Einbeziehung von Verfahren zur Korrektur von Proximityeffekten erforderlich, besonders für die Herstellung der Maskensätze für die 16-stufigen Zonenplatten.

Die alte Elektronenstrahlanlage, die zuletzt noch gravierende Ausfälle zeigte, wurde im Oktober abgebaut. An ihre Stelle tritt die neue Anlage EBPG 5-HR100 von Cambridge-Leica, die der neuesten Generation von Vektor-Elektronenstrahlschreibern mit Hochoflöschung angehört. Die bei der werkseitigen Abnahme erzielten Resultate waren durchweg zufriedenstellend und stellen eine deutliche Verbesserung der bisherigen Leistungsdaten dar. (Die Installation der neuen Anlage wird im Februar 1993 abgeschlossen sein). Parallel erfolgen umfangreiche Neuerungen in der CAD-seitigen



Muster-Vorprozessierung (Implementierung des Pre-processor Programms CATs).

## Abteilung Prozeßtechnologie

In das Arbeitsgebiet der Abteilung Prozeßtechnologie fallen die Verfahren der Deposition von Metallen und Dielektrika durch Bedampfung im Hochvakuum, Plasma-Abscheidung und Sputtern, der Feinstrukturübertragung mittels reaktiver Ionenätzung und Ionenstrahlätzung, der lokalen Dotierung von Halbleitermaterialien durch Diffusion aus der Gasphase sowie durch Ionenimplantation; weiterhin umfaßt es die Methoden der konventionellen Chip-Aufbautechnik wie das Ritzen, Spalten und Sägen von Wafern sowie das Chip- und Draht-Bonden. Neben der Anwendung dieser Basistechnologien in der Herstellung von optoelektronischen Bauelementen und OEICs konzentrierten sich die Aktivitäten in 1992 auf die Erweiterung der Prozessierungstechniken auf 2"-Wafer und auf die Verbesserung bestehender Prozesse dort, wo sie durch die fortschreitende Bauelemententwicklung notwendig wurden. Für die naßchemische Reinigung und Ätzung von 2"-InP-Wafern wurde ein rechnergesteuerter Sprüh-Prozessor installiert. Das Gerät erlaubt einen automatisierten Ablauf dieser Prozesse einschließlich der abschließenden Spülung und Trocknung der Wafer, wobei eine genaue Kontrolle der Verfahrensparameter (Ätzzeit, Temperatur und Zusammensetzung der Ätzlösungen) gewährleistet ist. Die bisher in ihren Grundlagen entwickelte In-Situ-Prozeßkontrolle der Ionenstrahlätzung durch SIMS-Analyse rückgesputterter Teilchen wurde nunmehr für ihren Einsatz in der Herstellung von Bauelementen, die auf Vielschichtstrukturen beruhen, optimiert. Unter Anwendung dieser Methode konnte die Ätzung der DBR-Spiegel von VCSEL-Lasern, die einen exakten Ätzstopp nach der Entfernung von 20 GaAs/AlAs-Schichtpaaren mit einer Dicke von jeweils ca. 70 bzw. 85 nm erfordert, erfolgreich durchgeführt werden. Fernerhin wurde für die Herstellung von optischen Schaltern nach dem BRAQWET-Prinzip eine Prozedur zur Strukturierung von Metallkontakten (Ti/Pt/Au), geätzt mit Ar-Ionen, und darunter liegenden Halbleiterschichten (InGaAsP/InP/InAlAs), geätzt mit  $N_2^+$ -Ionen, in einem durchgehenden Arbeitsgang entwickelt, ermöglicht durch die genaue Bestimmung des Durchätzpunktes der Metallschichten mittels der begleitenden SIMS-Messung. Auf dem Gebiet der reaktiven Ionenätzung (RIE) wurde die standardmäßige In-Situ-Kontrolle der Wafer-Temperatur durch Ellipsometrie eingeführt. Untersuchungen zur Erzeugung enger, tiefer Strukturen in InP durch RIE im  $CH_4/H_2$ -Plasma zeigten, daß für Grabenbreiten von kleiner als 1  $\mu m$  der Ätzvorgang durch Geometrie-Effekte beeinflußt wird, die das maximal erreichbare Aspektverhältnis auf ca. 4 : 1 begrenzen.

## Abteilung Meßtechnik

Schwerpunkte der Arbeiten in der Abteilung Meßtechnik bilden sowohl die Material- als auch die Bauelement-Charakterisierung mit der Untergliederung in optische und elektrische Techniken, ergänzt durch Methoden, die auf Ionen-, Elektronen- und Röntgenstrahlen gegründet sind (Physikalische Meßtechnik).

Auf dem Gebiet der optischen Material-Charakterisierung besteht nach Abschluß einer entsprechenden Aufbauphase die Möglichkeit, die für Laser und Optische Verstärker wichtige Größe der Materialverstärkung ('gain') zu bestimmen, ohne daß entsprechende Bauelemente hergestellt werden müssen. Aktuelle Arbeiten konzentrierten sich auf gain-Messungen an verspannten Schichten ('strained layers'), die entwickelt werden als Basis für Laser und Optische Verstärker mit besonders günstigen Eigenschaften. Möglichkeiten der Lasercharakterisierung wurden in mehrfacher Hinsicht verbessert: Absolutwerte der emittierten Leistung, der Quantenwirkungsgrad und die charakteristische Temperatur  $T_0$  können effizient bereits an Barren gemessen werden. Parameter von Lasern im Barren und die Daten des aufgebauten Elementes können unter identischen Bedingungen bestimmt und damit aussagekräftig verglichen werden, und schließlich wurde die Genauigkeit verbessert, mit der die Rückwirkungsempfindlichkeit von Lasern ermittelt werden kann. Ein weiterer Aufgabenkomplex war die Charakterisierung von Materialien für schnelle optische Wellenleiter-schalter. Wichtige Parameter sind in diesem Zusammenhang die durch ein äußeres elektrisches Feld erreichbaren Brechungsindex- und Absorptionsänderungen, und zur Bestimmung dieser Größen wurde das Meßverfahren der differentiellen Absorptions-Spektroskopie bereitgestellt. Aktuelle Untersuchungen konzentrierten sich auf Multi-Quantum-Well-Schichten. Alle genannten Arbeiten waren stark von den Anforderungen in Projekten geprägt, und deshalb finden sich weitere, mehr detaillierte Angaben in den Beschreibungen der verschiedenen Projekte.

In der Elektrischen Meßtechnik wurde zur Automatisierung der Meßabläufe bei der Kennlinienanalyse von Dioden, Transistoren und Teststrukturen (Kontaktwiderstände, 'transition line model'-Analyse) ein rechnergesteuerter analytischer Wafer-Prober mit einer Ortsauflösung im sub-mikron-Bereich in Betrieb genommen. Die Steuersoftware wurde in vorhandene Programme zur Wafermaskenbeschreibung, Meßablauf und Auswertung (Statistik, Histogramme) eingebunden. Damit können Parameter wie Durchbruchspannung, Stromverstärkung, Steilheit, Serienwiderstand, Kontaktwiderstand und beliebige andere, daraus rechnerisch ableitbare Kenngrößen in Form eines Wafer-mapping gewonnen werden, und Beziehungen zwischen Prozeßvariationen und Bauelementeigenschaften



werden mit statistisch gut gesicherter Aussagekraft verfügbar. Die Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen des Al(Ga)InAs-Materialsystems, vornehmlich mit der Methode der 'deep level transient spectroscopy' (DLTS), wurden im Rahmen einer Dissertation zusammengefaßt /144/, die zu Beginn des Jahres abgeschlossen wurde. DLTS-Messungen an Al(Ga)InAs wurden aber auch danach weitergeführt, spezielles Interesse galt dabei der Konzentration tiefer Störstellen in Abhängigkeit von einer Materialtemperatur. Ein wesentliches Ergebnis dieser Untersuchungen ist die Erkenntnis, daß die tiefen Störstellen zum größten Teil bereits beim Wachstum der Epitaxieschichten entstehen. In Kombination mit einem manuellen Waferprober wurde ein Rauschmeßsystem aufgebaut, welches Messungen bis zu 2 GHz gestattet. Als Voraussetzung für eine einheitliche Parametererfassung und Simulation der DC- und HF-Eigenschaften von Bauelementen, insbesondere Transistoren, wurde eine UNIX-Vernetzung dreier Meßkontrollrechner installiert. In künftigen schnellen Detektorstufen werden 'high electron mobility transistors' (HEMT) eine wichtige Rolle spielen. Die dafür notwendigen, nach dem Verfahren der Molekularstrahl-Epitaxie (MBE) hergestellten Schichtstrukturen wurden elektrisch charakterisiert, und es wurden speziell Widerstandsmessungen an Au/Ge/Ni-Kontakten durchgeführt, die in HEMT-Schichtenfolgen einlegiert waren. Schließlich befanden sich wie bereits in vergangenen Jahren zur laufenden Charakterisierung von Epitaxieschichten zwei elektrochemische Profiler im routinemäßigen Einsatz. Ähnlich wie im Bereich der Optischen Meßtechnik gilt auch für die Elektrische Meßtechnik, daß viele Arbeiten eng mit Projekten verknüpft waren und weitere Einzelheiten im jeweiligen Zusammenhang dargestellt sind.

Im Bereich der Physikalischen Meßtechnik befinden sich unverändert zwei Rasterelektronen-Mikroskope im Einsatz, die sämtliche Anforderungen angefangen von Standard-Untersuchungen bis zu anspruchsvollen Einzelmeßaufgaben erfüllen. Eine besonders wirksame Unterstützung bei der Materialentwicklung bilden Untersuchungen nach dem Verfahren der 'secondary ion mass spectroscopy' (SIMS) /139/. Auf der Basis von SIMS-Messungen konnten unakzeptabel hohe Leckströme von Zn-dotierten GaInAsP/InP-Heterostrukturen auf Zn-Akzeptor-Ausdiffusion zurückgeführt werden, und der Übergang zu GaInAsP/AlInAs-Heterostrukturen führte dann zu wesentlich verbesserten Materialeigenschaften. Ähnliche Untersuchungen galten der Be-Ausdiffusion in MBE-gewachsenen GaAs/AlAs-Schichtenfolgen für DBR-Laser. Auch hier unterstützen SIMS-Messungen die Ermittlung von Wachstumsparametern, unter denen eine unerwünschte Be-Ausdiffusion weitgehend vermieden wird.

## Abteilung Komponentenintegration

Im Mittelpunkt der Arbeiten der Abteilung Komponentenintegration stehen theoretische Probleme der Integration von optischen und elektrooptischen Komponenten in InGaAsP/InP. Arbeiten zur Entwicklung und Charakterisierung passiver optischer Komponenten sind überwiegend projektbezogen und werden im Abschnitt "Projekte des Bereiches Integrierte Optik" dargestellt.

In der Arbeitsgruppe "Numerische Simulation optischer Bauelemente" wurden die vorhandenen Programme gepflegt, erweitert und für Charakterisierung und Design der Bauelemente in den Projekten angewendet. Daneben wurden neue numerische Simulationsprogramme entwickelt.

Ein Schwerpunkt der Neuentwicklungen lag bei den Propagationsmethoden, die zur Simulation von optischen Bauelementen mit in Ausbreitungsrichtung veränderlicher Geometrie benötigt werden. Es wurden folgende Methoden weiterentwickelt:

- Beam Propagation Theory (BPM) mit adaptiver Schrittweitensteuerung /85, 124/
- Bidirektionale Eigenmoden Propagation (BEP) mit geführten Moden und Strahlungsmoden /88/
- Eigenmoden Propagation mit geführten Moden für spezielle Bauelemente (Meander, Richtkoppler) /84, 89, 95, 123/
- 3D Coupled-Mode Method (3D CMM) /80, 105, 114/

In Zusammenarbeit mit dem Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin wurde bei der Entwicklung der adaptiven BPM die Möglichkeit einer direkten Lösung der Helmholtzgleichung ohne die sonst übliche paraxiale Näherung untersucht. Erste Ansätze einer direkten Lösung führten zwar noch nicht zum Erfolg, jedoch konnte aus den Überlegungen ein Fehlerschätzer als Maß für die Abweichung der paraxialen Lösung von der Helmholtzlösung abgeleitet werden.

Ebenso wurden neue Modelle für die Randbedingungen an den Rändern parallel zur Ausbreitungsrichtung entwickelt, und zwar ein neuer Ansatz mit transparenten Randbedingungen bei der adaptiven BPM und eine Lösungsmöglichkeit mit einem absorptiven Rand bei der BEP.

Anhand einer abgemagerten Version der Eigenmode Propagationmethode, die nur mit geführten Moden arbeitet, konnte für den Fall von Gitterkopplern (Meanderkoppler /121/) gezeigt werden, daß bei nicht allzu starker Abstrahlung die Überkopplung hinrei-



chend gut mit geführten Moden beschrieben werden kann. Diese Methode ist für ein schnelles Design spezieller Komponenten besonders geeignet.

Die 3D CMM zur genauen Simulation von Koppler- und Filterstrukturen wurde so weiterentwickelt, daß neben den lokalen Moden auch die Supermoden des Gesamtwellenleitersystems als Basis für die Coupled-Mode Berechnung verwendet werden können. Damit wird die exakte Simulation von X-Kopplern möglich. Für spezielle Wellenleiter (schwach führend) konnte große Herstellungstoleranz und Polarisationsunabhängigkeit gezeigt werden.

Bei den Simulationsprogrammen für Multi-Quantum-Wells (MQWs) gab es zwei Neuentwicklungen für n-pin-Strukturen (BRAQWETS). Eine gleichzeitige Lösung der Poisson-, Kontinuitäts- und Schrödingergleichung ermöglicht die selbstkonsistente Berechnung von MQW-Strukturen unter Berücksichtigung der zweidimensionalen Elektronendichte im Quantentopf. Ein weiteres Programm berechnet die Kapazität von MQW-Strukturen. Beide Programme wurden speziell für die Simulation schneller optischer Schalter entwickelt, können aber für die Berechnung auch anderer MQW-Bauelemente verallgemeinert werden.

Eine grundlegende Untersuchung von Strukturen mit mehr als zwei geführten Moden als optische Schalter oder Leistungsteiler zeigt, daß spezielle Anordnungen von 3-Moden- und 5-Modeninterferenz vorteilhaft sind [110]. Die Schalter sind insbesondere für verlustbehaftete MQW-Schichten geeignet und ermöglichen geringes Nebensprechen bei symmetrischer Ausgangsleistung.



### Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung

Projektleiter: Prof. Dr. H. Preier  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 19½  
Laufzeit: 1.4.90-31.3.94

#### Teilprojekt B: "Monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger"

Leiter des Teilprojekts B: Dr. H. Heidrich

Leiter der Aktivitäten:

1. Integration: Dr. U. Niggebrügge
2. Abstimmbarer Laser: Dipl. Phys. F. Fidorra
3. Polarisations Diversity Wellenleiter-Netzwerk: Dr. H. Heidrich
4. Detektorstufe: Dipl. Phys. G. Unterbörsch
5. Optoelektronische Aufbau- und Verbindungstechnik:  
Dr. H.-G. Bach

### Ziel

Im Rahmen des Photonik-Verbundprojektes "Optische Signalverarbeitung" des BMFT ist geplant, bis März 1994 einen Überlagerungsempfänger-Eingangsstufen-OEIC zu entwickeln. Die Subeinheiten dieses Chips bilden ein abstimmbarer Laser, ein Polarisations Diversity Wellenleiter-Netzwerk (mit Polarisationsrotator, TE/TM-Modensplittlern, 3 dB-Kopplern) und ein Empfängerbauelement (mit Detektorpaaren und einer ersten Vorverstärkerstufe). Das Teilprojekt ist in die fünf Arbeitsschwerpunkte "Integration", "Abstimmbarer Laser", "Polarisations Diversity Netzwerk", "Detektorstufe" und "Optoelektronische Aufbau- und Verbindungstechnik" gegliedert. Mit der Verfügbarkeit eines OEIC ergeben sich die entscheidenden Vorteile der Kompaktheit und Zuverlässigkeit, des Wegfalls eines teuren optischen Isolators und der Notwendigkeit nur noch einer Faser/Chip-Koppelstelle.

### Stand im Projekt

Im Projektjahr 1992 wurden drei Schwerpunktthemen bearbeitet:

Die Arbeiten zum abstimmbaren Laser mündeten in ersten Bauelementen, die im Puls- und im Dauerstrichbetrieb charakterisiert wurden.

Es wurde die Herstellung eines sogenannten "Prozeßtest"-OEIC, bestehend aus einem DFB-Laser, einem 3 dB-Koppler und der bereits erfolgreich getesteten Detektorstufe, eingeleitet, um die Tragfähigkeit des Integrationskonzepts für den Gesamtprozeß zu prüfen, eventuelle Schwierigkeiten bei der Prozeßabfolge auszuräumen und frühzeitig erste experimentelle Ergebnisse zur "Performance" des integrierten Lasers im OEIC erhalten zu können. Der erste Wafer steht kurz vor der Fertigstellung.

Den dritten Schwerpunkt bildete die Konstruktion und der Aufbau eines Flip-Chip-Bonders, der die anspruchsvollen Anforderungen für die optoelektronische Aufbautechnik erfüllt.

### Aktivität: "Integration"

Die Arbeiten konzentrierten sich auf die technologische Realisierung einer Basisversion des integrierten Heterodynempfängers ohne Polarisationsanpassungsnetzwerk, bestehend aus einem Lokaloszillator-Laser vom DFB-Typ, einem 3 dB-Koppler und einem als "balanced detector" konfigurierten Photodioden-Paar mit vorverstärkendem Transistor. Die Prozessierung dieser OEICs wurde auf acht Wafern zugleich begonnen, um genügend Spielraum für während des Herstellungsablaufes als notwendig erkannte Änderungen einzelner Prozesse zu gewährleisten. Kritische Prozeßschritte, die vor allem bei der Realisierung der integrationsfähigen Laserstruktur und der Schnittstelle zwischen Laser und Wellenleiternetzwerk auftreten, sowie ihre Kompatibilität wurden erfolgreich getestet. Ein Wafer mit "Prozeßtest"-OEICs hat nunmehr sämtliche der sechs erforderlichen Epitaxieprozesse durchlaufen, die den Herstellungsgang abschließende Strukturierung des Detektor-Funktionsblocks, dessen Technologie weitgehend etabliert ist, wurde aufgenommen.

Die OEIC-Entwicklung wurde unterstützt durch detaillierte Untersuchung von spezifisch bei der Integration auftretenden technologischen Problemen:

- Die Erzeugung von Bragg-Gittern 1. Ordnung für den Lokal-Laser durch direkt-schreibende Elektronenstrahl-Lithographie wurde optimiert. Durch systematische Variation der Prozeßparameter, insbesondere der Elektronenstrahl-Dosis, wurden die Bedingungen ermittelt, für die eine Ausformung der Gitter ohne Unter- oder Überbelichtungseffekte erzielt wird und die eine dimensionsgetreue Übertragung in das Halbleitermaterial durch reaktives Ionenätzen im  $\text{CH}_4/\text{H}_2$ -Plasma erlauben.

- Für die Kopplung von Laser und Wellenleiternetzwerk, einer der kritischen Punkte der Empfängerintegration, wurde eine geeignete Struktur entwickelt. Durch selektive metallorganische Gasphasenepitaxie (MOVPE), bei der der Laser-Streifen durch eine  $\text{SiN}_x$ -Maske abgedeckt ist, wurde das Wellenleiterschicht-Paket seitlich an die Laserschichten angewachsen. Der bei selektiver MOVPE bekanntermaßen auftretende Effekt nicht-uniformer Schichten, der sich in einer zur Maskenkante hin zunehmenden Schichtdicke manifestiert, konnte durch Anwendung eines Designs mit kleiner Maskierungsfläche (10  $\mu\text{m}$  Streifenbreite, 300 - 400  $\mu\text{m}$  Streifenlänge) in akzeptablen Grenzen gehalten werden. Die Überhöhung der Schichtdicke an der



Stoßstelle zwischen Laser und Wellenleiter beträgt maximal nur ca. 2  $\mu\text{m}$  und klingt auf einer Entfernung von weniger als 10  $\mu\text{m}$  völlig ab.

- Es wurden Vorversuche zum Einsatz Eisen (Fe)-dotierter Strom-Blockierungsschichten in den Laser-Bau-elementen unternommen. In planaren Teststrukturen, bei denen durch MOVPE Laser-Schichten mit Fe-dotierten InP-Schichten ( $[\text{Fe}] = 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ) überwachsen wurden, zeigte sich, wie aus SIMS-Messungen zu ersehen war, eine beträchtliche Fe-Ausdiffusion in benachbartes Halbleitermaterial. Diese führte zu einer drastischen Reduzierung der Photolumineszenz-Ausbeute in den aktiven Laserschichten. Während eine Absenkung der Wachstumstemperatur für die InP:Fe-Schichten keine Verbesserungen erbrachte, konnte eine zumindest teilweise Blockierung der Fe-Diffusion durch Einfügen einer dünnen, Schwefel-dotierten Zwischenschicht erreicht werden.

#### Aktivität: "Abstimmbarer Laser"

Das Ziel dieser Aktivität ist die Entwicklung eines im Heterodyn-Empfänger-OEIC integrierbaren abstimmbaren DBR-Lasers, bestehend aus einer aktiven Sektion zur Lichtverstärkung, zwei Bragg-Sektionen als wellenlängen-selektive Spiegel und einer Phasenkontrollsektion zur Anpassung der Resonatorlänge an die selektierte Wellenlänge. Im Berichtszeitraum konnten die ersten 4-Sektions DBR-Laser am HHI hergestellt und charakterisiert werden.

Die Laser weisen im Pulsbetrieb Schwellenströme von ca. 50 mA auf. Eine typische Leistungskennlinie ist im Bild dargestellt. Die maximale Leistung beträgt über 20 mW.

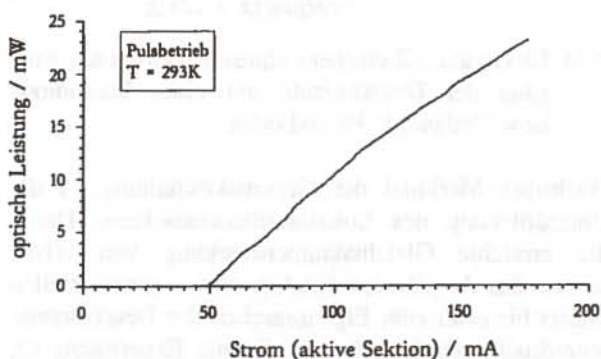


Bild: Leistungskennlinie eines 4-Sektions DBR-Lasers im Pulsbetrieb (ohne elektrische Ansteuerung der passiven Sektionen).

Im Dauerstrichbetrieb steigen die Schwellenströme um bis zu 10 mA an. Die maximale Leistung im quasi-linearen Teil der Kennlinie beträgt dann noch 6 mW.

Die Emission der Laser ist longitudinal einmodig, und die Seitenmodenunterdrückung liegt bei 30 dB (Bild). Die Linienbreite beträgt 10 bis 20 MHz. Der Durchstimmbereich von bisher nur 0,4...1,3 nm (kontinuierlich) muß allerdings noch verbessert werden. Die Ausbeute an funktionsfähigen Laserkomponenten auf der prozessierten Probe beträgt mehr als 80%, was im Hinblick auf die Integration als wichtig anzusehen ist.

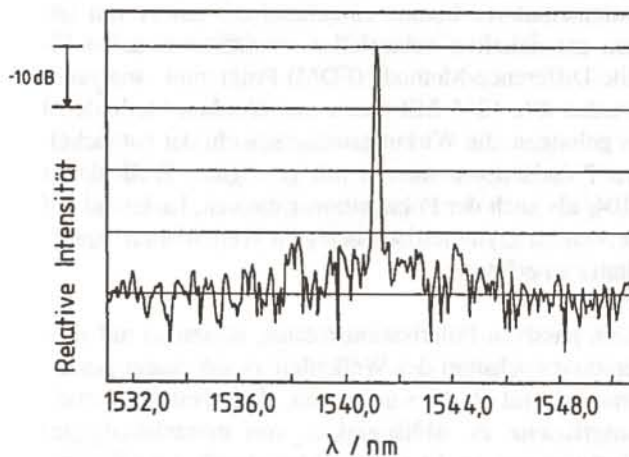


Bild: Spektrale Verteilung der Laseremission bei einer Ausgangsleistung von 4 mW und nicht angesteuerten passiven Sektionen.

Mit der Integration des Lasers im Empfänger-OEIC entfällt der Einsatz eines teuren optischen Isolators zum Schutz des Lasers vor Reflexionen. Um den Einfluß von Reflexionen auf die Linienbreite, das Modenverhalten und das Intensitätsrauschen des Lasers untersuchen zu können, wurde ein neuer Meßplatz aufgebaut. Erste Messungen wurden an Ein-Sektions-DFB-Lasern durchgeführt. Für kleine reflektierte Leistungen (etwa -70 dB) ist theoretisch eine ausgeprägte Abhängigkeit der Linienbreite von der Phase des reflektierten Lichtes zu erwarten (Linienverbreiterungen von 12 MHz auf bis zu 30 MHz). Diese Abhängigkeit konnte experimentell in sehr guter Übereinstimmung zur Theorie nachvollzogen werden. Weiterhin hängt die Empfindlichkeit der Laser gegen Reflexionen auch von der Entfernung der externen Reflexionsstelle von dem Laserresonator ab. Für kleine Distanzen (unter ca. 0,5 m) gilt, daß sich die Empfindlichkeit der Laser auf externe Reflexionen mit abnehmendem Abstand verringert. Mit dem von uns verwendeten Meßaufbau sind optische Distanzen von 0,4 m bis 0,15 m realisiert worden. Auf dem Chip wird diese optische Distanz unter 0,04 m liegen. Durch die Verringerung des Abstandes um eine Größenordnung gewinnt man gemäß der Theorie zwei Größenordnungen in der Rückwirkungsempfindlichkeit. Damit können für den integrierten DBR-Laser tolerierbare reflektierte Leistungen bis zu -50 dB abgeschätzt werden.



### Aktivität: "Polarisation Diversity Netzwerk"

Die Arbeiten konzentrierten sich zum einen auf die Untersuchungen zur Empfindlichkeit des passiven Polarisationsrotators auf Herstellungstoleranzen und zum anderen, in Zusammenarbeit mit der Detektorgruppe, auf die Entwicklung eines alternativen Polarisations-Diversity-Detektor-Konzepts.

Die Wirkungsweise und Effizienz von passiven Polarisationsrotatoren konnte eingehend mit einem von uns neu entwickelten vektoriiellen zweidimensionalen Finite-Difference-Method (FDM)-Programm analysiert werden [86, 125]. Mit dieser numerischen Methode ist es gelungen, die Wirkungsweise sowohl der entwickelten Polarisationsrotatoren mit geneigtem Wellenleiter [104] als auch der Polarisationsrotatoren, basierend auf periodisch asymmetrisch belegten Wellenleitern, quantitativ zu erfassen.

Zum passiven Polarisationsrotator, basierend auf dem Epitaxiewachstum des Wellenleiters auf einem gestuftem Substrat [104], wurden das Verhalten der Rotations-effizienz in Abhängigkeit von epitaxiebedingter Veränderung der Lage der Substratstufe zum Wellenleiter und von der TE/TM-Schwebungswellenlänge experimentell untersucht. Die Ergebnisse ergaben, daß die Bauelemente relativ prozeßtolerant sind. Eine Polarisationsrotation eines Testbauelements von  $57^\circ \pm 5^\circ$  wird für einen Offset von  $0 \mu\text{m}$  bis  $1,8 \mu\text{m}$  und einem Bereich der halben TE/TM-Schwebungswellenlänge (= Segmentlänge) von  $275 \pm 50 \mu\text{m}$  eingehalten. Die Arbeiten zum passiven Polarisationsrotators dieses Typs wurden mit diesem Nachweis des prozeßtoleranten Verhaltens abgeschlossen.

Die geringe Anzahl der aus einem 2"-Wafer herstellbaren Polarisations-Diversity-OEICs, bedingt durch die relativ großen Dimensionen des konventionellen Polarisations-Diversity-Netzwerks, ist ein großer Nachteil. R.J. Deri et al. ist mit der Realisierung einer vertikal koppelnden, kompakten Modensplitter/Detektor-Kombination eine drastische Verringerung der Fläche des Chips und damit eine entsprechende Vergrößerung der Chi-Anzahl pro Wafer gelungen. Basierend auf diesem Bauelementprinzip wurde unter Einbeziehung der Anforderungen für die Laserintegration und Verwendung ein- und zweidimensionaler Simulationsmethoden ein modifiziertes Design erarbeitet. Der Maskensatz zur Herstellung erster Polarisations-Diversity-Detektorstrukturen ist hergestellt, die Prozessierung wurde aufgenommen.

### Aktivität: "Detektorstufe"

Die Detektorstufe als Teil des gesamten Überlagerungsempfänger-OEICs besteht aus einem Photodi-

oden-Paar zur optoelektrischen Signalkonversion, einem Photodioden-Lastwiderstand und einem Feldefektranzistor (FET) als Verstärker- und Impedanzanpaßstufe. An der Detektorstufe wurden Überlagerungsexperimente durchgeführt, das Schichtenwachstum und die Detektor-spezifische Meßtechnik weiterentwickelt und ein neuer FET-Typ erfolgreich hergestellt.

Die wesentlichen Kenndaten der Detektorstufe sind eine statische Stromverstärkung von 12 dB, eine 3dB-Grenzfrequenz von 1 GHz und eine Rauschstromdichte von  $8 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ . Mit einer nachgeschalteten hybriden Equalizer-Stufe, bestehend aus einem GaAs-HEMT und einem RC-Netzwerk, konnte die Bandbreite auf 2,5 GHz erhöht werden.

An einer Detektorstufe mit monolithisch integriertem optischen 3dB-Koppler [90] wurden Überlagerungsexperimente durchgeführt. Hierzu wurden zwei optische Signale mit leicht unterschiedlicher Wellenlänge in die beiden Eingangswellenleiter eingekoppelt. Im Bild ist das resultierende Zwischenfrequenzspektrum dargestellt.

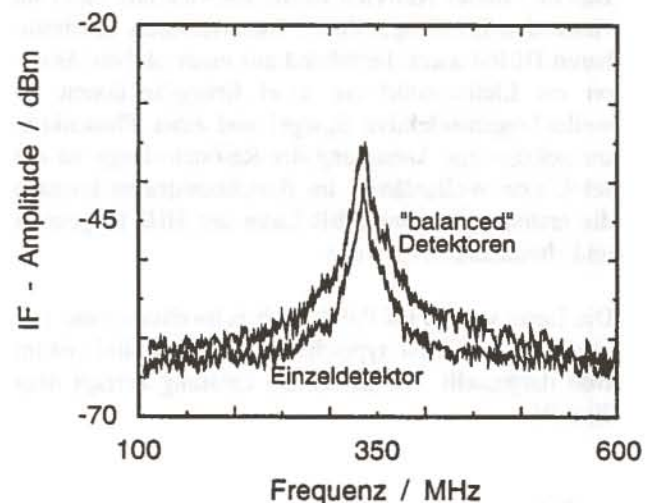


Bild: Elektrisches Zwischenfrequenzspektrum am Ausgang der Detektorstufe mit einer Photodiode bzw. "balanced" Photodioden

Wichtiges Merkmal der Gegentaktschaltung ist die Unterdrückung des Lokaloszillatorrauschens. Durch die erreichte Gleichtaktunterdrückung von 30 dB konnte das Amplitudenrauschen eines kommerziellen Lasers bis etwa zum Eigenrauschen der Detektorstufe unterdrückt werden, das in diesem Experiment ca. 5 dB oberhalb des Quantenrauschens des eingekoppelten Lasersignals ( $P_{\text{opt}} = -8 \text{ dBm}$ ,  $\lambda = 1,5 \mu\text{m}$ ) lag.

Im Hinblick auf den technologischen Herstellungsprozess des Überlagerungsempfänger-OEICs wurden verschiedene Methoden untersucht, um mittels MOVPE aufgewachsene InGaAsP/InP:Fe-Schichten ( $\lambda_G = 1,05 \mu\text{m}$ ), die mittels RIE strukturiert wurden, für das Auf-



wachsen der InGaAs-Detektor/FET-Schichten mittels MBE zu präparieren. Geeignet erwies sich eine kurze Anätzung der InGaAsP-Halbleiteroberfläche mit gepufferter Schwefelsäure.

Für Serienmessungen an Bauelementen der Detektorstufe wurde ein halbautomatischer Waferprober in Betrieb genommen. Im Rahmen der hierfür bereits entwickelten Meßsystemsoftware wurde ein Auswerteverfahren implementiert, mit dem die parasitären Serienwiderstände in FETs meßtechnisch erfaßt und anschließend analysiert werden können. Hochfrequenz-Rauschmessungen im 50  $\Omega$ -Meßsystem an den Transistoren der Detektorstufe ergaben eine Rauschzahl von minimal 6 dB bei 8 GHz.

Verbesserte Transistoreigenschaften verspricht ein FET-Typ, bei dem die üblicherweise homogen verteilte Kanalladung in eine  $\delta$ -förmige, hochdotierte Zone komprimiert wird. Bei den ersten hergestellten  $\delta$ -dotierten FETs wurde eine statische extrinsische Steilheit von 600 mS/mm und eine Transitfrequenz von 30 GHz gemessen.

#### Aktivität: "Optoelektronische Aufbau- und Verbindungstechnik"

Die Aktivität "Optoelektronische Aufbau- und Verbindungstechnik" (OEAVT) hat zum Ziel, Komponenten der Integrierten Optik wie Heterodyn-Empfänger-OEICs, Laser, optische Verstärker und schnelle optische Schalter sowohl HF-technisch wie optisch, d.h. mit Fasern gekoppelt, systemeinsatzfähig aufzubauen.

Die Arbeiten zur Gehäusung und langzeitstabilen Faserkopplung von Empfänger-OEICs wurden fortgeführt. Zum einen wurde ein einheitliches Gehäusungskonzept zur elektrischen und optischen Ankopplung für OEICs entwickelt, welches außer leichter Herstellbarkeit in modularer Form auch die Meßtechnik an Chip-Komponenten unterstützt. Die vorliegende Modulform erlaubt an optischen Kopplungsmethoden neben der Klebetechnik die Faserjustage in V-Nuten, die "Röhrchenbiegemethode" (Justage eines in einem Kupferföhrchen eingebetteten Fasertapers an den OEIC-Eingang durch plastische Verformung des Kupferföhrchens) und die spätere passive Selbstjustage mittels der Flip-Chip-Bondtechnik. Erste Koppel- und Fixierversuche von Glasfasertapern im Modul nach der "Röhrchenbiegemethode" sind durchgeführt worden, und Prototypen von Gehäusen mit dieser Faserkopplungsmethode wurden hergestellt.

Für die selbstjustierende Faser/Chip-Kopplung konnten die Konstruktion und der Aufbau eines Flip-Chip-Bonders (siehe Bild) abgeschlossen werden. Die für die Chip-Positionierung erforderlichen Verschiebeein-

ten wurden zur Justage und Fixierung von InP-OEICs auf V-Nuten-Si-Chips mit 0,1  $\mu$ m Ortsauflösung dimensioniert. Der Flip-Chip-Bonder wird insbesondere den Reflow-Mode unterstützen, bei dem die Einschwimmeigenschaft des OEICs auf den flüssigen "Bumps" relativ zum (Si)-Verdrahtungsträger zur optischen passiven Selbstjustierung eingesetzt werden soll. Der rechnergesteuerte Bonder ist mit sechs Achsen, Piezoschwinger und einem Split-Screen-Mikroskop ausgerüstet.

Mit Si-Chips von der TU Dresden (Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik) sind erste Flip-Chip-Bondungen gelungen. Zur Einführung der Bump-Technologie im HHI wurde eine von diesem Institut gelieferte Elektrolytzelle zur SnPb-Galvanik zu einer Galvanikeinrichtung ausgebaut, mit der eutektische SnPb Mikro-Bumps in 30-50  $\mu$ m hohen Fotolackschichten gewachsen und nach Entfernen des Lacks in Glycerin bei 200-210°C aufgeschmolzen werden. In weiteren Schritten soll eine Oxid-Maskentechnik für die laterale Definition der Bump-Grundfläche eingesetzt werden mit dem Ziel der Höhenkontrolle der aufgeschmolzenen Bumps auf  $\pm 1 \mu$ m.

Damit liegen Erfahrungen zu allen wichtigen Teilschritten der Flip-Chip-Bondtechnik vor.

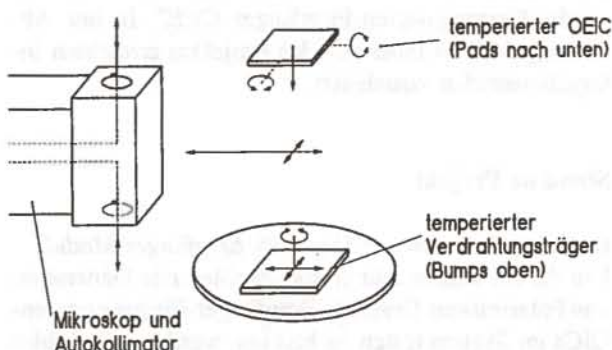


Bild: Prinzipieller Aufbau des Flip-Chip-Bonders zur Justierung eines InP-OEIC zum Träger unter Verwendung eines Split-screen-Mikroskops.

Weiterhin konnten erstmals V-Nuten der Faseraufnahme im InP-Material realisiert werden /106/.



### Subscriber Coherent Multichannel System, Technologieteil (RACE 1010)

Projektleiter: Dr. H. Heidrich      Mitarbeiter in 92: 5½  
Zuwendungsgeber: EG 18%, HHI 82%      Laufzeit: 1.4.88-31.12.92

#### Ziel

Das Konsortium des von der EG geförderten Projektes RACE 1010, das mit Ablauf des Jahres endete, setzte sich zusammen aus den Firmen Philips (NL/Projektleitung), GEC Marconi (UK), Siemens (D) und den Instituten IMEC (B) und HHI(D). Das Projekt hatte zum Ziel, in einem Demonstrator den heutigen Stand der kohärenten optischen Technik anhand eines TV/HDTV-Fernsehverteilsystems unter Beweis zu stellen und die Entwicklung fortschrittlicher Technologien für zukünftige ökonomische Lösungen voranzutreiben. Einen Schwerpunkt der technologischen Aktivitäten bildeten die monolithischen optischen Empfängerkomponenten. Die Forschungsaktivitäten des HHI konzentrierten sich auf die Entwicklung eines passiven Polarisations-Diversity-OIC und im letzten Jahr über das zuerst definierte Projektziel hinaus auf die Integration dieses OIC mit einer außerhalb dieses Projektes entwickelten Detektorstufe zu einem Polarisations-Diversity-Eingangsstufen-Empfänger OEIC. In der Abbildung sind die innerhalb des Projektes erreichten Integrationsstufen visualisiert.

#### Stand im Projekt

##### Hybrider Polarisations-Diversity-Empfänger-Modul:

Um die im letzten Jahr fertiggestellte erste Generation von Polarisations Diversity Empfänger-Eingangsstufen-OICs im System testen zu können, wurde ein hybrides Gehäuse entwickelt. Dieses Modulgehäuse beinhaltet einen Polarisations Diversity OIC und einen von oben zu beleuchtenden "balanced" Detektor-OEIC mit zwei Detektorpaaren, der in enger Zusammenarbeit mit der Firma Siemens entwickelt wurde /103, 113/. Die Architektur ist schematisch im Bild skizziert. Die Abstände zwischen den Ausgangswellenleitern und den Photodetektoren betragen 150 µm. Die Einfügungsdämpfung des Moduls ist 13 dB pro Pfad, hervorgerufen durch die großen Faser/Chip-Stoßkoppelverluste von mindestens 10 dB pro Schnittstelle. Eine Einfügungsdämpfung von 3 dB erscheint mit einer verbesserten Faser/Chip-Kopplung möglich. Das Modul wurde in einem Heterodyn-Übertragungsexperiment untersucht und zeigte eine Bandbreite von über 2,2 GHz. Im wesentlichen wird die Bandbreite durch die hohen Faser/Chip-Koppelverluste begrenzt (diese Problematik war nicht Inhalt des Projektes), die zu störenden Interferenzen von gestreutem Licht innerhalb des Chips

führen. Das kompakte kohärente Eingangsstufen-Modul ist gegenwärtig im Heterodynspektrometer einer weiterentwickelten Vielkanalstabilisierung für ein CMC-System mit einem Stabilisierungsbereich von 800 GHz eingesetzt, die im HHI entwickelt und realisiert wurde /13/.

*Polarisations Diversity Empfänger Eingangsstufen OEIC:* Es konnte ein erster Polarisations Diversity Empfänger-Eingangsstufen-OEIC auf semi-isolierendem InP-Material realisiert werden. Die Entwicklung basierte auf einem Integrationskonzept, mit dem sowohl die Schlüsselkomponenten eines Polarisations Diversity OIC wie TE/TM-Konverter, TE/TM-Modensplitter und 3 dB-Koppler /137/ als auch eine Wellenleiter-integrierte Detektorstufe mit "balanced" Detektoren und einer JFET-Vorverstärkerstufe hergestellt werden können. (Die Entwicklung der Detektoreinheit wurde außerhalb von RACE 1010 durchgeführt.) Die Schlüssigkeit des Integrationskonzepts konnte mit der Vereinigung der beiden integrierten Komponenten zu einem Polarisations Diversity OEIC unter Beweis gestellt werden. Die Integration des TE/TM-Konverters wurde in dieser ersten Demonstration ausgespart /138/.

Ende dieses Jahres wurden die ersten OEICs in 2"-Wafer-Technologie fertiggestellt. Die semi-isolierenden Wellenleiterschichten wurden mittels MOVPE und die Schichten für die Detektorstufe mittels MBE gewachsen. Die abschließende Charakterisierung wird nach dem Aufbau der OEICs zu einem Polarisations Diversity Empfänger-Modul erfolgen können. Es werden ähnliche Werte erwartet wie für den OIC (intrinsischer Verlust <3 dB, TE-Polarisationsextinktion 13 dB, TM-Polarisationsextinktion >30 dB, 3 dB-Kopplerbalance 40%...60%) und für den Wellenleiter-integrierten Detektorstufen-OEIC (vorgespannte Photodiodendunkelströme 10 nA, JFET Transitfrequenz 22 GHz, Eingangsrauschstromdichte 10 pA/√Hz, Photodiodengleichförmigkeit >90%, Verstärkungs-Bandbreite-Produkt 4 GHz, Gleichtaktunterdrückung >30 dB) /90/. Das Projekt endete mit Ablauf des Jahres.

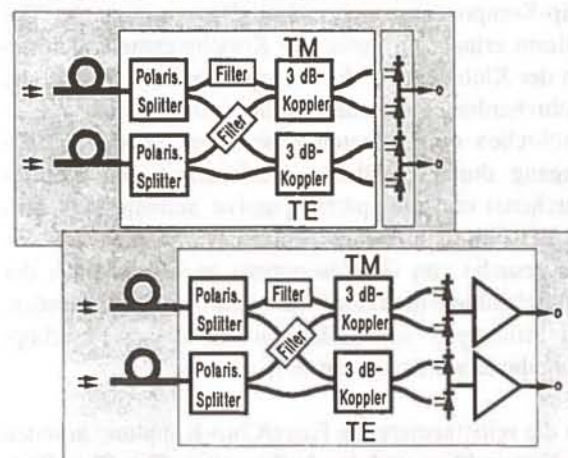


Bild: Realisierte Integrationsstufen für eine Polarisations-Diversity-Empfänger-Eingangsstufe.



### Schlüsselbauelemente für die optische Signalverarbeitung

Projektleiter: Prof. Dr. H. Preier

#### Teilprojekt C: "Schnelle optische Wellenleiter-schalter für OATM-Systeme"

Leiter des Teilprojekts C:

Dr. D. Hoffmann

Mitarbeiter in 92: 4

Zuwendungsgeber: BMFT

Laufzeit: 1.1.91-31.3.94

#### Ziel

Im Rahmen des Photonik-Verbundprojektes "Optische Signalverarbeitung" des BMFT soll ein integriert optischer Wellenleiterumschalter auf InP für Bitraten  $> 10$  Gbit/s hergestellt werden. Angestrebt wird ein "digitaler optischer Wellenleiterschalter" auf der Basis von Volumenmaterial bzw. von Vielfach-Quantenfilmschichten. Dieser Schalter ist sowohl mit elektrischer als auch mit optischer Ansteuerung (optisch nichtlineare Schalter) grundsätzlich zu untersuchen. Zur Demonstration seiner Verwendbarkeit in zukünftigen OATM-Systemen sollen Umschalter und  $1 \times 4$  Schaltmatrizen mit elektrischer Ansteuerung für Systemstudien aufgebaut werden. Dieses Teilprojekt dient als Einstieg in die neue Technologie optisch geschalteter schneller Schalter und soll vor allen Dingen Grundlagen für die nächste Generation von Schaltern für OATM-Systeme erarbeiten.

#### Stand im Projekt

Hinsichtlich einer späteren monolithischen Integrierbarkeit des Schalters wurde von Beginn an eine Kompatibilität mit dem InGaAsP/InP-Materialsystem vorgesehen, dessen Herstellung auf MOVPE beruht. Als geeigneter physikalischer Effekt mit großer Brechzahländerung erwies sich die BRAQWET (Barrier, Reservoir, And Quantum Well Electron Transfer)-Struktur /111/.

Die Arbeiten konzentrierten sich schwerpunktmäßig auf die Verbesserung der Materialien für die Elektron-Transfer-Heterostrukturen. Die zunächst verwendete Struktur mit quaternärem InGaAsP Reservoir und Quantenbrunnen sowie einer InP Barriere zeigte zwar die gewünschte Brechzahländerung, doch war der auftretende Leckstrom recht groß und nachteilig für eine schnelle Modulation /115/. Deshalb wurde das InP als Barrierenmaterial durch InAlAs ersetzt /97/. Diese Materialherstellung gelang erstmals mit der MOVPE in guter kristalliner Qualität. Die Kombination der Materialgruppen InGaAsP und InGaAlAs eröffnet über die Anwendung im schnellen Schalter hinaus neue Perspektiven für die Bauelemententwicklung. Durch die

erhöhte Barriere für die Elektronen ließ sich der Leckstrom um ca. drei Größenordnungen im Vergleich zu der anfangs realisierten Struktur reduzieren.

In einem nächsten Schritt wurde versucht, den Betrag der Brechzahländerung durch den Einbau eines Übergitters - ähnlich wie beim Wannier-Stark-Effekt - /83/ zu erhöhen /102/. Das Übergitter ersetzt dabei in der BRAQWET-Struktur den einzelnen Quantenbrunnen. Zweidimensionale Rechenmethoden zeigten, daß durch den Einbau von fünf Quantenbrunnen statt eines sich der Anteil des elektrooptisch aktiven Bereichs in der Struktur von 5 % auf 20 % erhöht. An den hergestellten Bauelementen konnte hingegen nur eine Verbesserung um den Faktor 2 gemessen werden. Diese experimentellen Ergebnisse, zusammen mit verbesserten theoretischen Berechnungen, deuten darauf hin, daß nur der zusätzliche Einbau eines weiteren Quantenbrunnens sinnvoll erscheint. Der Einfluß des Übergitters auf das Dämpfungsverhalten wird zur Zeit noch untersucht.

Die Hochfrequenztauglichkeit der ersten Wellenleiterbauelemente konnte ebenfalls unter Beweis gestellt werden. Es wurde eine Grenzfrequenz von 7 GHz für den Betrieb als Amplitudenmodulator mit einem Extinktionsverhältnis besser 10 dB erzielt. Eine weitere Steigerung der Grenzfrequenz ist durch den Einsatz von Polyimid zu erwarten. Dieser Isolator ermöglicht eine Reduzierung der parasitären Kapazität, wie sie an den Kontaktflächen entsteht. Gleichzeitig wirkt das Polyimid als Passivierung und schützt so das Bauelement vor Umgebungseinflüssen, wie sie im Feldeinsatz erwartet werden. Die Arbeiten zur Entwicklung einer geeigneten Technologie wurden begonnen und stehen kurz vor ihrem Abschluß.

Parallel zu den Quantenfilmbauelementen wurden die Arbeiten an Wanderfeldleitungen zur Ansteuerung eines Schalters fortgesetzt. Dazu wurden Teststrukturen hergestellt und die Kapazitäts- und Induktivitätsbeläge experimentell bestimmt. Diese Werte dienen nun als Basis für die korrekte Dimensionierung der Schalterbauelemente. Die Polyimidtechnologie kann zudem auch die Eigenschaften der Lauffeldleitungen verbessern.

Bei den Arbeiten zu den BRAQWETS wurde die erfolgreiche Zusammenarbeit mit Professor M. Wegener (Universität Dortmund) fortgesetzt. In Dortmund werden insbesondere differentielle Absorptionsmessungen bei tiefen Temperaturen (77 K) durchgeführt. Solche Messungen zeigen ausgeprägte Resonanzen in den Spektren und erlauben eine wesentlich genauere Zuordnung der Signale. Für die Untersuchung der optischen Ansteuerung der Quantenfilm-Schalter wurde eine Zusammenarbeit mit dem Max-Born-Institut (Berlin) etabliert.



## Optischer Halbleiterverstärker

Projektleiter: Dr. B. Sartorius

Mitarbeiter in 92: 6½

Zuwendungsgeber: DBP-Telekom

Laufzeit: 1.1.91-31.12.93

### Ziel

In derzeitigen optischen Kommunikationssystemen werden noch zahlreiche Aufgaben rein elektronisch gelöst, und zwar unter wiederholter Signalwandlung vom optischen in den elektronischen Bereich und zurück. Wesentlich leistungsfähigere Systeme sind zu erwarten, wenn in zunehmendem Umfang elektronische Lösungen durch optische ersetzt werden. Beispiele hierfür sind optische Signal-Verstärkung, optische Regeneration, optische Frequenzumsetzung und die Vermittlung mit optischen Schaltern. Alle genannten Funktionen können von Komponenten geleistet werden, die im wesentlichen die Struktur eines Halbleiterlasers haben, und bei denen durch geeignete Modifikationen das gewünschte Verhalten erreicht wird.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes sollen optische Verstärker und verwandte Funktionselemente auf der Basis von Mehrsektions-Fabry-Perot- bzw. Distributed-Feedback-Lasern entwickelt und hergestellt werden.

### Stand im Projekt

Im vorliegenden 2. Projektjahr wurden auf der Basis von "Ridge-Waveguide" Lasern/Verstärkern von den verschiedenen Bauelement-Typen

- Halbleiterverstärker
- nichtlineare Funktionselemente/bistabile Mehrsektionslaser
- selbstpulsierende Laser

jeweils erste Exemplare erfolgreich hergestellt und charakterisiert. Selektierte Bauelemente konnten an korrespondierende Systemprojekte für systemspezifische Untersuchungen weitergegeben und Informationen für eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Chip-Technologie bzw. für ein Re-Design der Bauelement-Strukturen gewonnen werden.

Bei Verstärkern auf der Basis von "large optical cavity" Heterostrukturen wurde ein "single pass gain" von 25 dB bei der Zielwellenlänge von 1550 nm sowie eine sehr große spektrale Bandbreite erreicht. Die Einkoppelverluste mit Fasertapern in die Verstärker betragen 4 dB, die Polarisationsabhängigkeit wurde auf 2-3 dB reduziert. Verbesserte Heterostrukturen befinden sich in der Chip-Fertigung, erste "strained layer" Schichten wurden hergestellt und charakterisiert.

Mehrsektions-Laser können als nichtlineare Funktionselemente genutzt werden, wenn eine Sektion als sättigbarer Absorber betrieben wird. Für dieses Ziel wurden 2-Sektions Fabry-Perot Elemente mit Trennwiderständen von  $1 \text{ k}\Omega$  an  $7 \mu\text{m}$  breiten Gräben hergestellt. In einer umfangreichen Untersuchungsserie wurde die Bedeutung der Sektionslängen zur Optimierung des nichtlinearen Schaltverhaltens untersucht, und für die eingesetzte Struktur wurden Längen von  $300 \mu\text{m}$  und  $120 \mu\text{m}$  als optimal für Gain bzw. Absorbersektion ermittelt. An entsprechenden Bauelementen wurden Sprünge in der Ausgangsleistung von  $84 \mu\text{W}$  auf  $4,8 \text{ mW}$  durch kleine Stromänderungen von weniger als  $1 \text{ mA}$  Absorber erreicht. Bei optisch-optischem Schalten reichten  $5,5 \mu\text{W}$  Eingangsleistung aus, um  $2,5 \text{ mW}$  Ausgangsleistung "Ein" und "Aus" zu schalten. Das entspricht einer Verstärkung von 26 dB. Der Kontrast der Ausgangsleistung zwischen An- und Aus-Zustand betrug dabei 18 dB. Die hier erreichten Werte für Verstärkung und Kontrast übertreffen in ihrer Kombination die besten bisher veröffentlichten Werte anderer Gruppen.

Selbstpulsierende Laser sind eine Möglichkeit zur Erzeugung kurzer optischer Pulse. Für Anwendungen als "optical clock" für eine rein optische Taktregeneration sind hohe Pulsationsfrequenzen erforderlich. Im Projekt wurde ein neuer Pulsationstyp in Mehrsektions-DFB-Lasern entdeckt, bei dem ein sättigbarer Absorber nicht erforderlich ist [120]. Beide DFB-Sektionen können oberhalb der Laserschwelle betrieben werden, und obwohl beide Sektionen mit konstanten Strömen betrieben werden, kommt es durch inhärente Instabilitäten im Bauelement zur Emission von Lichtpulsen. Mit diesem neuen Pulsationstyp können wesentlich höhere Frequenzen als bei Nutzung eines sättigbaren Absorbers erreicht werden. Die höchste von uns erreichte Frequenz [101] ist mit 30 GHz 6 mal höher als die bei Pulsation mit einem sättigbaren Absorber erreichte. Von Vorteil gegenüber der Pulserzeugung mit "mode-locking" ist, daß die Pulsationsfrequenz rein elektrisch in sehr weiten Grenzen abgestimmt werden kann [107], typisch über ca. 1 Oktave, z.B. von 12 GHz bis zu 30 GHz. Für viele Anwendungen ist es von großer praktischer Bedeutung, daß die Pulsationsfrequenz auf einen optisch oder elektrisch injizierten Datenstrom verwandter Frequenz einrasten kann und dadurch die Pulsation synchronisierbar ist. Demonstriert wurde auch, daß Pulsation und einmodige Emission gleichzeitig erreicht werden können. Der selbstpulsierende DFB-Laser kann durch seine besondere Kombination von Eigenschaften ein wichtiger Baustein werden bei der Entwicklung schneller optischer Signalverarbeitungs-Schaltkreise.



### Wellenleitertaper für optoelektronische integrierte Schaltungen auf der Basis von InP

Projektleiter: Dr. L. Mörl

Mitarbeiter in 92: 4

Zuwendungsgeber: DBP-Telekom

Laufzeit: 1.10.90-30.9.92

#### Ziel

Die verlustarme Kopplung der Wellenleiter eines optoelektronischen integrierten Schaltkreises (OEIC) an eine Glasfaser erfordert die Anpassung der unterschiedlichen Fleckgrößen und -formen. Die relativ konzentrierten, astigmatischen Modenverteilungen eines planaren Wellenleiters lassen sich mit Hilfe eines integrierten Tapers aufweiten. Dann ist die Faser-Chip-Kopplung mit relativ großen Justiertoleranzen und geringen Koppelverlusten möglich. Ziel dieses Vorhabens ist es, die Glasfaserkopplung eines exemplarisch ausgewählten vergrabenen Rippenwellenleiters zu optimieren, wobei für die Modenaufweitung ein Dickentaper in der Wellenleiter-Kernschicht eingesetzt wird. Mit den gewonnenen theoretischen und experimentellen Ergebnissen sollen Kriterien für den optimalen Aufbau integrierter Wellenleitertaper ermittelt werden.

#### Stand im Projekt

Die wesentliche Aktivität des letzten Jahres war die Herstellung von vergrabenen Rippenwellenleitern ("chipseitiger Wellenleiter"), die an beiden Enden mit einer integrierten Faserkoppelsektion versehen sind. Diese besteht aus einem verdünnten Streifenwellenleiter ("faserseitiger Wellenleiter"), dessen Geometrie eine der Glasfaser angepaßte Modenverteilung ergibt, und einem 1000  $\mu\text{m}$  langen Dickentaper, der diese Geometrie in die des chipseitigen Wellenleiters transformiert. Der Dickentaper wurde zunächst als Dickenkil in PMMA durch eine Elektronenstrahlbelichtung mit variierender Dosis realisiert. Anschließend wurde das PMMA-Profil durch  $\text{N}_2$ -Ionenstrahlätzen in den Halbleiter übertragen.

Messungen am fertigen Bauelement zeigten einerseits eine sehr gute Anpassung des Nahfelds des faserseitigen Wellenleiters an das der Glasfaser, andererseits die Transformation vom Nahfeld des chipseitigen auf das des faserseitigen Wellenleiters. Die Ergebnisse der Dämpfungsmessungen bei Einfügen des Bauelements zwischen zwei Glasfasern sind im Bild dargestellt. Darin sind die Werte für die optimale Ankopplung und der Einfluß einer vertikalen bzw. horizontalen Verschiebung der Faser wiedergegeben. Die Einfügedämpfung für Wellenleiter mit beidseitigen Faserkoppelsektionen ist mit 5,5 dB deutlich niedriger als die 13,6 dB für durchgehende chipseitige Referenzwellen-

leiter. Mit einer Antireflexionsschicht kann eine weitere Verbesserung auf 3,1 dB erzielt werden. Berücksichtigt man die intrinsischen Wellenleiterverluste, so ergibt sich pro Faserkoppelsektion eine Dämpfung unter 1,5 dB, die durch restliche Fasermode-Fehlanspassung und durch Streuverluste längs des Tapers entsteht. Um Zusatzverluste durch Fehljustage unter 1 dB zu halten, können Faserverschiebungen bis zu  $\pm 3 \mu\text{m}$  zugelassen werden.

Zur Zeit wird an integrierten Faserkoppelsektionen für Wellenleiter mit an Luft liegenden Rippen gearbeitet. Hier entfällt die zweite Epitaxie zum Vergraben der Strukturen mit dicken Schichten. In theoretischen Simulationen wurde eine erfolversprechende Bauelementstruktur bestimmt, deren Herstellung gegenwärtig begonnen wird.

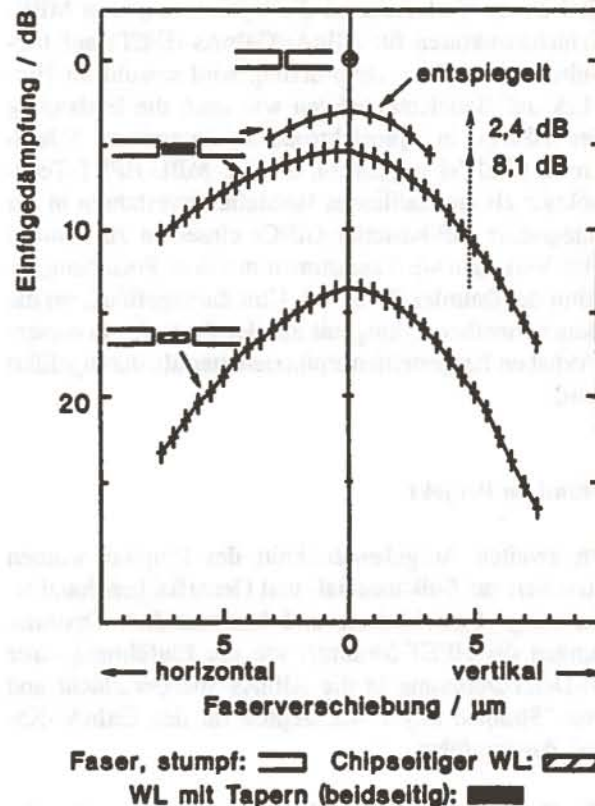


Bild: Einfluß vertikaler und horizontaler Faserverschiebungen auf die Einfügeverluste für verschiedene Faserkoppelanordnungen.



### Optimierung von MBE-Al(Ga)InAs/GaInAs-Schichtenfolgen für Heterostruktur-Feldeffekttransistoren

Projektleiter: Dr.-Ing. H.-G. Bach      Mitarbeiter in 92: 2  
Zuwendungsgeber: DBP-Telekom      Laufzeit: 1.1.91-31.1.93

#### Ziel

InP-basierte AlInAs/GaInAs-Heterostruktur-Feldeffekttransistoren (HFETs) erreichen zur Zeit die höchsten Transitfrequenzen von >300 GHz bei gleichzeitig sehr niedrigen Rauschzahlen. Damit sind HFETs wichtige Verstärkerelemente in breitbandigen Telekommunikations-ICs und OEICs.

Ziel dieses Vorhabens ist die Optimierung von MBE-Schichtstrukturen für AlInAs/GaInAs-HFETs auf InP-Substratbasis. Eine Optimierung wird sowohl im Hinblick auf Bauelementedaten wie auch die Einbettung der HFETs in optoelektronische integrierte Schaltkreise (OEICs) angestrebt, um die MBE-HFET-Technologie als ein etabliertes Herstellungsverfahren in der Integration InP-basierter OEICs einsetzen zu können. Das Vorhaben wird zusammen mit dem Forschungsinstitut der Daimler-Benz AG, Ulm durchgeführt, wo die Bauelementherstellung mit auf der Basis des in diesem Vorhaben hergestellten Epitaxiematerials durchgeführt wird.

#### Stand im Projekt

Im zweiten Aufgabenabschnitt des Projekts wurden Arbeiten zur Bulkmaterial- und Grenzflächencharakterisierung abgeschlossen und hauptsächlich Optimierungen der HFET-Struktur, wie die Einführung einer Si-Delta-Dotierung in die AlInAs-Spenderschicht und von "Strained Layer"-Konzepten für den GaInAs-Kanal, durchgeführt.

Für Zwecke der Materialcharakterisierung wurden die Gate Schottky-Kontakte verbessert, indem die TiPtAu-Metallisierung durch PtTiPtAu ersetzt wurde. Die Barrierenhöhe stieg damit um ca. 100meV auf 0,7eV und der Leckstrom wurde um mehr als eine Dekade gesenkt. Es wurde mittels DLTS-Messungen die gute Materialqualität und thermische Stabilität von AlInAs/AlGaInAs (keine Instabilitäten durch DX-Center) nachgewiesen. Dazu ist eine praktisch 100%-ige Dotiereffizienz auch im Bereich der hohen Entartung des Si-dotierten AlInAs festgestellt worden /93, 94, 98/, was der 2-DEG Kanaldichte im HFET zugute kommt.

Ebenfalls zur Steigerung der Kanalträgerdichte wurde

die bislang homogene Si-Dotierung in der AlInAs-Spenderschicht durch eine Si-Delta-Dotierung ersetzt. Damit sind auch kleinere Gate-Kanalabstände mit dem Ziel gesteigerter Grenzfrequenzen und Steilheiten realisierbar. Dabei wurden die Höhe der Delta-Dotierung sowie deren Abstand zum Kanal variiert. Für die Delta-dotierten Strukturen ergibt sich bei gleicher Si-Flächenkonzentration eine ca. 30%-ige Steigerung der 2-DEG-Kanalträgerdichte, womit der höhere Transferwirkungsgrad Delta-dotierter HFET-Strukturen gezeigt ist. Gleichzeitig reduziert sich die unerwünschte Parallellleitung in der Spenderschicht /99, 127/. Optimale Spacerdicken liegen im Bereich von 3-5 nm.

Verspannte Kanalschichten durch Erhöhung des In-Gehalts im GaInAs wurden zur Verbesserung der Transporteigenschaften (höhere Beweglichkeit und Driftsättigungsgeschwindigkeit) studiert. Dazu wurde an Standard-HFET-Strukturen mit Kanaldicken von 32nm der In-Gehalt bis ca. 68% erhöht, wo Relaxationsversetzungen zu Materialdegradation führt. Damit ließ sich die 2-DEG-Dichte um 15% steigern. Darüber hinaus wurde die Kanaldicke reduziert, wobei die In-Konzentration weiter bis 80% gesteigert werden konnte, bis bei Kanaldicken unter 10 nm die Ausdehnung der Elektronenwellenfunktion zu einer Besetzungsreduktion führt. Unter Einschluß von 2-DEG Kanälen gestaffelter Bandabstände wurde der gesamte Parameterraum für das "Strained Layer"-Design von HFETs experimentell wie rechnerisch untersucht /100, 119/.

Optimierte Standard-HFET-Schichtenfolgen wie auch solche, die Delta-dotierte Spenderschichten und verspannte Kanalschichten enthalten, wurden dem Projektpartner zur Transistorprozessierung zur Verfügung gestellt /118/. Mit den Standardstrukturen wurden Grenzfrequenzen  $f_T = 77$  GHz erreicht mit Standardabweichungen um 6,3 GHz. Die Reproduzierbarkeit auch aller sonstigen Transistorparameter erlaubt eine Nutzung des Materialsystems im industriellen Maßstab. Ergebnisse von Delta-dotierten Strukturen wie auch von solchen mit In-reichen Kanälen werden zum Projektende erwartet. Die hohe Qualität und Reproduzierbarkeit der MBE-Schichtenfolgen wurden bei Daimler-Benz durch den Bau eines Mikrowellen-Schmalband-Verstärkers MMIC (23 dB Verstärkung bei 28-32 GHz) belegt.



### Oberflächenemittierende Halbleiterlaser mit vertikaler Resonatoranordnung

Projektleiter: Dr. A. Paraskevopoulos Mitarbeiter in 92: 3  
Zuwendungsgeber: HHI Laufzeit: 1.8.91-31.12.93

#### Ziel

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung, Untersuchung und Herstellung von oberflächenemittierenden Halbleiterlasern (Vertical Cavity (VC) Laser), deren Beherrschung eine Grundvoraussetzung für weiterführende Integrationen ist, die eine Schlüsselrolle für Anwendungen in der optischen Signalverarbeitung, optischen Verbindungstechnik und optischen Meß- und Sensortechnik spielen werden. Bei der zu verfolgenden Laserstruktur wurde der gain-geführten implantierten VC-Laserstruktur wegen der Planarität, der besseren Wärmeableitung und der relativ einfachen Herstellung der Vorzug gegeben. Für die Laseremission wurde der Wellenlängenbereich  $1 = 900-1000$  nm gewählt, als Epitaxieverfahren wird die MBE eingesetzt.

#### Stand im Projekt

Das Projekt, das am 1.8.91 gestartet wurde, wird in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe MBE des Paul-Drude-Instituts und dem Bereich Optoelektronik des Ferdinand-Braun-Instituts durchgeführt.

In diesem Jahr wurden zunächst die Voruntersuchungen zur Realisierung von VC-Lasern fortgeführt. TEM-Aufnahmen von DBR-Spiegeln haben die Kompositionsgraduierung der Übergangsschichten sichtbar gemacht und eine gute Übereinstimmung mit den an-

gestrebten Schichtdicken nachgewiesen. Die Verbesserung des Trägerkonfinements im aktiven Bereich mit Hilfe einer dem VC-Laser angepaßten stufenförmigen GRINSCH-Struktur wurde ebenfalls untersucht. Beim Einbau eines verspannten Quantum Wells in legierte und stufenförmige Strukturen waren keine Unterschiede bei den PL-Ausbeuten festzustellen.

Der Abschluß der Teilschritte führte zu der Realisierung erster vollständiger VC-Laserschichtstrukturen. Eine beim ersten Anlauf beobachtete Abweichung der Lage der FP-Moden konnte mit Hilfe der optischen Simulation der Reflexionskurve beim nachfolgenden Versuch korrigiert werden. Die PL-Untersuchung dieser Proben zeigte eine gute Reproduzierbarkeit der Emissionswellenlänge und eine gute Homogenität der drei in die aktive Zone eingebauten, verspannten QWs. Die aus der zweiten Probe hergestellten kantenemittierenden Broad-Area-Laser zeigten Laseremission bei einer Schwellstromdichte von  $220 \text{ A/cm}^2$ . Negativ für die Realisierung von VC-Lasern wirkten die festgestellten hohen Serienwiderstände, deren Ursache in einem ungünstigen Dotierverhalten liegt. Neueste Untersuchungen an Testspiegeln zeigten jedoch, daß mit dem Aufbau geeignet dotierter Übergangsschichten eine Reduzierung des Serienwiderstands um einen Faktor 300 möglich ist.

Die Protonenimplantation in DBR-Spiegeln konnte erfolgreich mit SIMS-Messungen ausgewertet werden. Das erlaubte die Festlegung der Implantationsparameter, mit denen eine isolierende Schicht tief im p-Spiegel ohne Beeinträchtigung der aktiven Zone erzeugt werden konnte. Metallisierungsuntersuchungen haben nachgewiesen, daß die Implantation durch die obere hochdotierte Kontaktschicht zu keiner nennenswerten Erhöhung des Kontaktwiderstands führt, wenn nach der Implantation und Metallisierung ein kurzzeitiger Temperprozeß folgt.

Wichtige Informationen für das Design von VC-Lasern konnten durch die Erweiterung des optischen Lasermodells durch Berücksichtigung von Gain bzw. Absorption in den Schichten gewonnen werden /96/. Der Schwellengewinn und die Emissionswellenlänge können jetzt ermittelt und der Einfluß von Parametern wie Spiegelabsorption oder Schichtdickenabweichungen studiert werden.

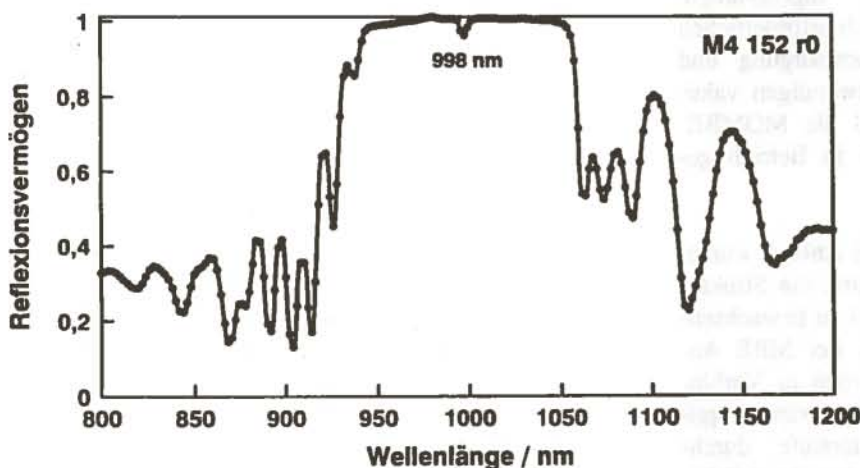


Bild: Gemessene Reflexionskurve einer vollständigen VC-Laserstruktur (20+24 Spiegelpaare). Der einzelne Reflexionsdip bei 998 nm zeigt die gute Anpassung der Spiegelreflektivität mit den FP-Moden.



### Selektive MOMBE für planare elektronische Bauelemente auf InP-Basis

Projektleiter: Dr. H. Künzel  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: ¼  
Laufzeit: 1.1.91-31.12.95

#### Ziel

Die Weiterentwicklung der Molekularstrahlepitaxie (MBE) zur sog. Gasquellen-MBE hat es ermöglicht, daß die MBE-Technologie auch auf phosphorhaltige Materialien, insbesondere auch InP und InGaAsP, angewendet werden kann. Hervorragende großflächige Schichthomogenitäten wurden demonstriert. Im Vergleich zur MOVPE deutlich niedrigere Wachstumstemperaturen sowie ein sehr geringer Materialverbrauch sind weitere vorteilhafte Eigenschaften. Die spezielle Form der MOMBE, bei der metallorganische Verbindungen als Gruppe(III)-Quellen verwendet werden, bietet darüber hinaus entscheidende Vorteile für ein flächenselektives Wachstum.

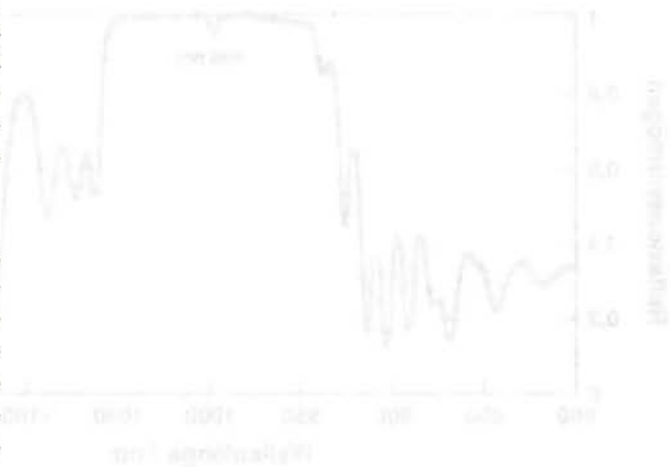
Ziel in der ersten Phase des Projektes, das im Rahmen des BMFT-Förderschwerpunktes "Drei-Fünf-Elektronik" durchgeführt wird, ist die Entwicklung der MOMBE-Technologie für InGaAs- und InP-Schichten. Diese Technologie soll als Basis für die Entwicklung einer selektiv einfüllenden Epitaxie dienen. Das Potential der selektiven MOMBE soll im späteren Verlauf des Vorhabens an speziellen HBT-Bauelementstrukturen demonstriert werden.

#### Stand im Projekt

Eine MOMBE-Anlage des Typs V80H MkII CBE der Fa. Fisons/VG Semicon wurde im zweiten Halbjahr installiert und funktionstechnisch abgenommen. Gleichzeitig wurden die für den Betrieb erforderlichen peripheren Einrichtungen, wie Gasentsorgung und -detektion, installiert. Nach noch notwendigen vakuumtechnischen Modifizierungen wird die MOMBE-Anlage mit Beginn des Jahres 1993 in Betrieb genommen.

Parallel zur Installation der MOMBE-Anlage wurde, als Vorarbeit zum selektiven Wachstum, ein Strukturierungsprozeß für die Erzeugung lokal zu bewachsender Flächen oder Gruben entwickelt, der MBE Ansprüchen genügt. Diese Arbeiten wurden in Verbindung mit dem Projekt "Monolithisch integrierter optischer Überlagerungsempfänger/Detektorstufe" durchgeführt und auf spezifische Aspekte des "MOMBE"-Projektes hin ergänzt. Es wurden Reinigungs- und Strukturierungsschritte erarbeitet, die am Beispiel des MBE-Wachstums von GaInAs auf strukturierten

InP:Fe Substraten optimiert wurden. Bezüglich der kristallinen und elektrischen Qualität dieser Schichten wurde ein mit homogen abgeschiedenen Schichten vergleichbarer Stand erreicht. Dieser Strukturierungsprozeß wird im Verlauf des Projektes auf die MOMBE übertragen.





### Semi-isolierende InP-Epitaxiesubstrate auf VPE-Basis

Projektleiter: Dipl. Phys. M. Schlak      Mitarbeiter in 92: ½  
Zuwendungsgeber: DBP-Telekom      Laufzeit: 15.6.90-30.8.92

#### Ziel

Die kommerziell erhältlichen InP-Substrate weichen - trotz unübersehbarer Verbesserungen in den vergangenen Jahren - in ihrer Qualität noch beträchtlich von den gestellten Anforderungen ab. Im Vorhaben wurde ein alternativer Weg zur Herstellung verbesserter Substrate beschritten, indem dicke InP-Schichten auf möglichst defektarmlen Trägersubstraten epitaktisch abgeschieden werden sollten. Die erwarteten Vorteile dieser sogenannten Epitaxiesubstrate sind geringe Defektdichten unabhängig von der Art der Dotierung, sehr geringe Restverunreinigungen sowie die gute Kontrollierbarkeit der elektrischen Eigenschaften. Wegen der erreichbaren niedrigen Hintergrunddotierungen bestand die Hoffnung, die Fe-Konzentrationen gegenüber denen konventionell hergestellter Substrate deutlich senken zu können. Zur Schichtabscheidung wurde das Niederdruck-Hydrid-VPE-Verfahren eingesetzt, das extrem hohe Wachstumsraten ermöglicht und als Vielscheibenprozeß eine kostenverträgliche Herstellung von Epi-Substraten ermöglichen sollte.

Das Vorhaben wurde zusammen mit dem Institut für Halbleitertechnik der Technischen Hochschule Aachen (federführend) und der Firma Aixtron GmbH, Aachen durchgeführt. Die Aufgabe des HHI lag vor allem in der Materialcharakterisierung.

#### Stand im Projekt

In dem Vorhaben konnte die Nutzbarkeit von Reineisen- und metallorganischen Ferrocen-Quellen bei der Herstellung semiisolierender InP-Schichten in einer Niederdruck-VPE-Anlage anhand von umfangreichen SIMS-Untersuchungen im HHI gezeigt werden /139/. Schichten mit Fe-Konzentrationen bis  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  konnten hinreichend glatt und störungsarm hergestellt werden. Die Schichten konnten anschließend in einer Niederdruck-MOVPE-Anlage im HHI ohne weitere Vorbehandlung ("epi-ready") problemlos überwachsen werden, Oberflächenmorphologie und Defektdichte der Folgeschichten entsprachen denen von direkt auf Substraten mittlerer Qualität gewachsenen LP-MOVPE-Schichten. Spezifische Schichtwiderstände  $>10^6 \Omega \text{ cm}$  wurden bei den LP-VPE-Schichten aber erst bei Fe-Konzentrationen oberhalb von  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  erzielt, Konzentrationen, die zu einer erheblichen Ausdiffusion von Fe in Folgeschichten führen können.

Diese Ergebnisse zeigen, daß der elektrische Aktivierungsgrad von Fe in den VPE-gewachsenen InP-Schichten deutlich geringer ist als in vergleichbaren MOVPE-hergestellten Schichten oder in LEC-gezogenen Substratkristallen. Dies gilt insbesondere bei den untersuchten hohen Wachstumsraten. Dadurch konnte das Projektziel, dicke InP-Schichten mit hohen spezifischen Schichtwiderständen  $>10^7 \Omega \text{ cm}$  bei niedrigen Fe-Konzentrationen (möglichst  $<10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ) und kurzen Wachstumszeiten mit der LP-VPE herzustellen, nicht erreicht werden.

Bei den im HHI durchgeführten Voruntersuchungen zur Fe, Ti-Kodotierung auf MOVPE-Basis ergab sich kein Hinweis, daß eine zusätzliche Dotierung mit Ti zu verbesserten anwendungsrelevanten Eigenschaften führt, die insbesondere zur Isolation von pn-Übergängen genutzt werden könnten.

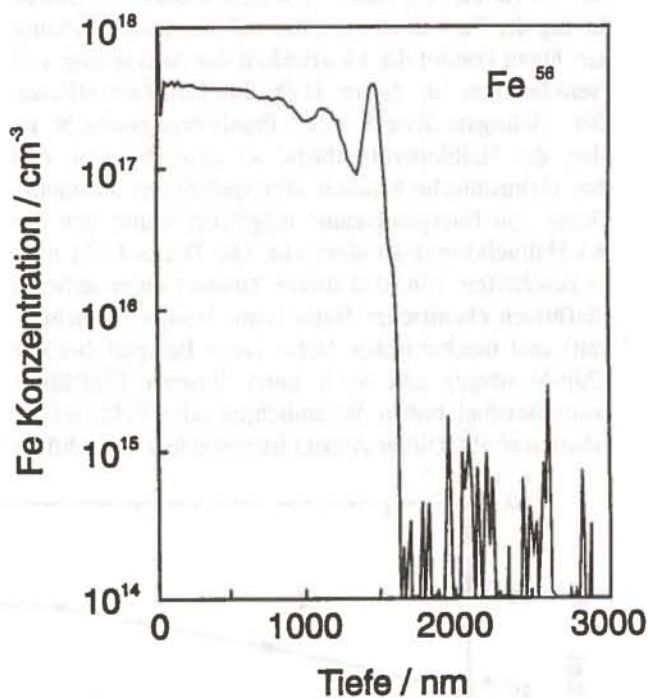


Bild: Typischer Dotierungsverlauf von  $\text{Fe}^{56}$  in einer LP-VPE gewachsenen InP-Schicht mit Ferrocen als Dotierstoffquelle



### Oberflächenpassivierung von optoelektronischen Bauelementen auf InP-Basis

Projektleiter: Dipl. Phys. W. Schlaak    Mitarbeiter in 92: 1  
Zuwendungsgeber: HHI    Laufzeit: 1.1.92-31.12.94

#### Ziel

Der Systemeinsatz der optoelektronischen Komponenten auf InP-Basis, die in den Projekten der Integrierten Optik entwickelt werden, setzt hochwertige und zugleich langzeitstabile optische und elektrische Bauelementeigenschaften voraus. Diese angestrebten Eigenschaften erfordern nicht nur ein hochwertiges Halbleitermaterial, sondern auch dessen möglichst perfekten Übergang zur äußeren Umgebung. Die Oberfläche des Halbleiters selbst stellt bereits durch die Beendigung der Periodizität des Kristallgitters eine Störung dar, hinzu kommt die Möglichkeit der Anlagerung von Fremdatomen an dieser Halbleiter/Luft-Grenzfläche. Der wichtigste Zweck einer Passivierungsschicht ist also, die Halbleiteroberfläche so abzuschließen, daß ihre elektronische Struktur (Energiebänder, Zustandsdichte von Energieniveaus) möglichst wenig von der des Halbleiterinneren abweicht. Die Deckschicht muß so beschaffen sein, daß dieser Zustand unter äußeren Einflüssen chemischer Natur (zum Beispiel Feuchtigkeit) und mechanischer Natur (zum Beispiel bei der Chip-Montage) und auch unter inneren Einflüssen (zum Beispiel hohen Stromdichten oder Feldstärken) erhalten bleibt. Dieser Aspekt ist besonders hinsichtlich

einer Langzeitstabilität der Bauelementeigenschaften von Bedeutung.

Im Rahmen dieses Projektes sind Siliziumnitrid ( $\text{SiN}_x$ ), das mittels der Methode der sogenannten "Downstream"-Plasmadeposition abgeschieden wird, und Polyimid, dessen Auftragung durch die "Spin-On"-Technik erfolgt, als Passivierungsmaterialien vorgesehen. Weitere Materialien ( $\text{SiO}_2$ ) und Verfahren (direkte und Afterglow-PECVD, Flash-LPCVD und UV-CVD) werden in Zusammenarbeit mit der Humboldt-Universität (Institut für Festkörperphysik, Prof. Wandel), an der in einem BMFT geförderten Projekt Arbeiten zu den Grundlagen dielektrischer Schichten für die Optoelektronik erfolgen, untersucht.

#### Stand im Projekt

Im Rahmen dieses Projektes werden Untersuchungen zum Einfluß der Vorbehandlung, der Abscheideparameter und nachfolgender Prozesse auf die Passivierungseigenschaften durchgeführt. Als oberste Halbleiterschicht, auf die die Passivierungsfilm aufzubringen sind, handelt es sich um das in dieser Hinsicht problematische InGaAs. Bereits die Entfernung des natürlichen Oxides mit einer HF-Ätzlösung erzeugt Rauigkeiten von 2-6 nm; falls die Oberfläche mit einer  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Ätzlösung vorbehandelt wird, treten Rauigkeiten von bis zu 12 nm auf. Auger-Messungen zeigen den Reinigungseffekt einer Ätzlösung auf die Halbleiteroberfläche, wobei im Falle des HF die organischen Verunreinigungen fast vollständig entfernt werden.

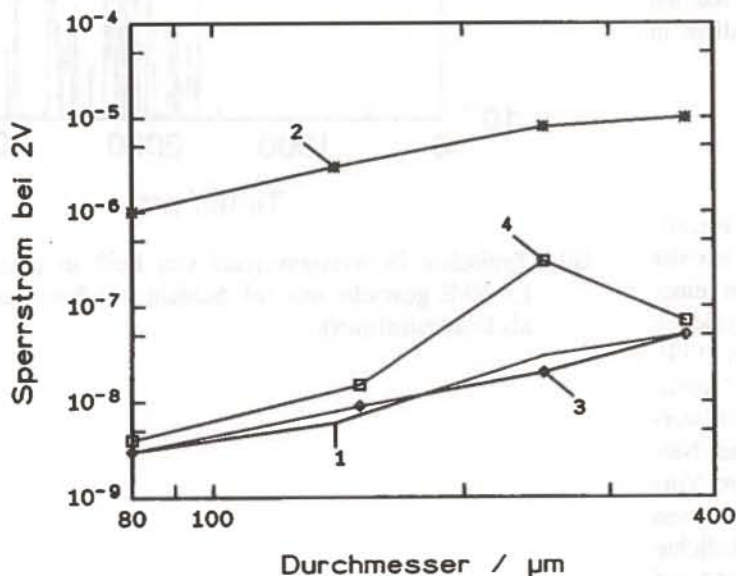


Bild: Sperrstrom von InGaAs-Dioden

- 1: unpassiviert
- 2: Reinigung HF:A-Lösung, 200 nm  $\text{SiN}_x$
- 3: zusätzliche Temperatur (3 min, 350°C)
- 4: Reinigung HF 5%, 200 nm  $\text{SiN}_x$ , Temperatur (3 min, 350°C)

Der Einfluß von Vor- und Nachbehandlungsprozeduren auf das Sperrverhalten von InGaAs-Mesadioden ist in der Abbildung dargestellt. Der Sperrstrom erhöht sich nach der Beschichtung mit  $\text{SiN}_x$  um nahezu drei Größenordnungen im Vergleich zu unpassivierten Dioden. Eine kurze Temperatur (3 min bei 350°C) in einer Stickstoffatmosphäre ergibt Bestwerte, die denen der unbeschichteten Dioden gleichkommen. Auch hier ist ein Einfluß der Vorbehandlung vorhanden, wie die Unterschiede in den Sperrströmen nach einer Reinigung in gepufferter Flußsäure (HF:A-Lösung) bzw. 5prozentiger Flußsäure zeigen.

Im weiteren Verlauf des Projektes soll versucht werden, die Abscheideparameter des  $\text{SiN}_x$  so zu variieren, daß das Sperrstromverhalten von beschichteten dem von unbeschichteten InGaAs-Dioden, wie hier gezeigt wurde, nicht nur entspricht, sondern die Ströme kleiner als die der nicht passivierten Dioden sind.



### Grundlagenuntersuchungen zur Farb-Elektrolumineszenz

Projektleiter: Dr. R. Mauch  
Zuwendungsgeber: BMFT

Mitarbeiter in 92: 9  
Laufzeit: 1.3.92-30.6.95

#### Ziel

Für vollfarbige Hochfeldelektrolumineszenz-Displays gibt es gegenwärtig zwei verschiedene Grundkonzepte: 1) Herstellung einer strukturierten Phosphorschicht, so daß jeder Bildpunkt eine der drei Primärfarben rot, grün oder blau emittiert, oder 2) Herstellung einer un-strukturierten, weißes Licht emittierenden aktiven Schicht und Erzeugung der Primärfarb-Pixel durch strukturierte Farbfilter ("Farbe-aus-Weiß-Konzept"). Ziel des Projektes ist es, herauszufinden, ob nach dem Farbe-aus-Weiß-Konzept hergestellte Displays die für praktische Anwendungen geforderten Spezifikationen hinsichtlich Farbreinheit, Leuchtdichte und Effizienz erfüllen (können). Dazu sollen grundlegende Materialuntersuchungen durchgeführt und Elektrolumineszenzstrukturen hergestellt, elektrisch und optisch charakterisiert und optimiert werden.

#### Stand im Projekt

Die Thematik "Hochfeldelektrolumineszenz" wurde unter der Leitung von Prof. Dr. G.O. Müller innerhalb der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR seit vielen Jahren bearbeitet /109, 112/. Einem Beschluß des Wissenschaftsrates gemäß wurde die Elektrolumineszenz-Gruppe dem Heinrich-Hertz-Institut zum 1.1.1992 angegliedert. Die Projektleitung lag

bis zum 30.6.1992 in den Händen von Prof. Müller und wurde dann nach einer mehrmonatigen Übergangszeit zum 1.11.1992 von Dr. Mauch übernommen.

Das Konzept für das Projekt wurde in wesentlichen Teilen im Rahmen eines Vorläuferprojektes (4/90-12/91) entwickelt, und hier erfolgte auch die Planung für eine Zweikammer-HF-Sputteranlage, mit der sowohl Isolatorschichten als auch die aktiven, Licht erzeugenden Schichten hergestellt werden sollen. Diese Anlage wurde gegen Ende des Berichtszeitraumes in Betrieb genommen. Außerdem wurde in dieser Zeit ein im Rahmen des Projektes angeschafftes Röntgendiffraktometer geliefert und zur Analyse erster Schichten eingesetzt.

Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Projekt wird die Entwicklung von Phosphoren sein, die mit hohem Wirkungsgrad im blauen Spektralbereich Licht emittieren. Als aussichtsreiche Materialklasse gelten in diesem Zusammenhang die Erdalkalisulfide, und als Basis für die spätere Wahl optimaler Dotierkonzentrationen für Hochfeld-Elektrolumineszenz-Strukturen wurden zunächst Abklingzeiten an SrS:Ce-Pulverproben gemessen /108/. Das Abklingen nach pulsformiger Anregung erfolgt streng exponentiell, solange die Ce-Konzentrationen im Bereich  $< 0.7\%$  liegen, und die Abklingzeitkonstanten betragen typisch etwa 30 ns. Bei Dotierkonzentrationen  $> 0.7\%$  wird nicht-exponentielles Abklingverhalten beobachtet und einem wachsenden Anteil nichtstrahlender Rekombinationsprozesse zugeordnet ('concentration quenching').

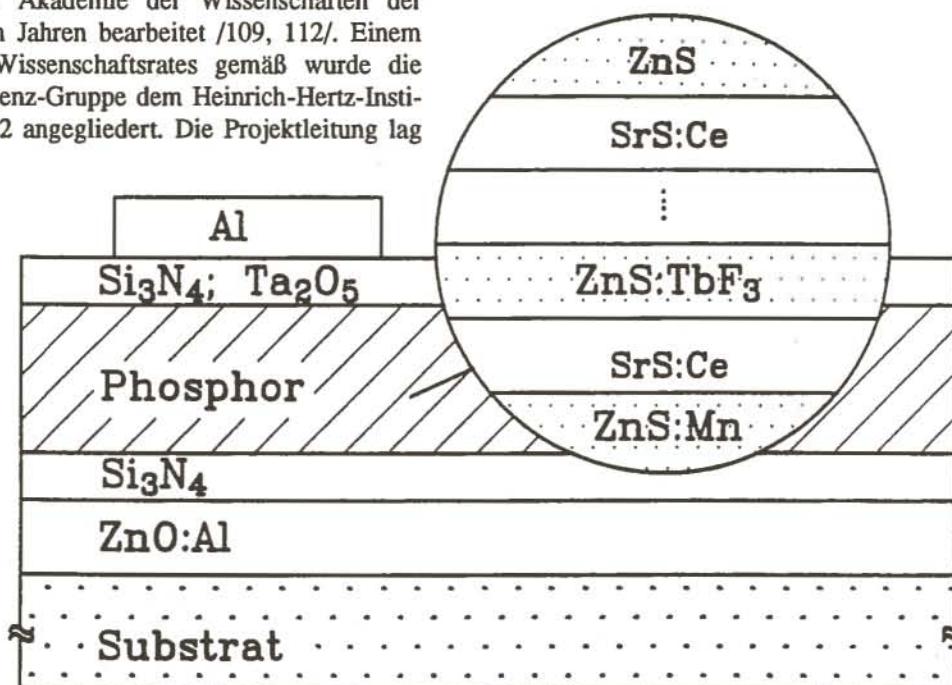


Bild: Weiß emittierende Elektrolumineszenz-Struktur (schematisch).

Lichterzeugung erfolgt in einer geeignet dotierten ZnS/SrS-Mehrschichtenfolge.



an der 1902 in der Stadt von New York  
 wurde ein neues, modernisiertes  
 1902 in der Stadt von New York

Die Arbeit an der Stadt von New York  
 wurde im Jahre 1902 in der Stadt  
 von New York in der Stadt von  
 New York in der Stadt von New York  
 in der Stadt von New York in der  
 Stadt von New York in der Stadt  
 von New York in der Stadt von  
 New York in der Stadt von New York

Die Arbeit an der Stadt von New York  
 wurde im Jahre 1902 in der Stadt  
 von New York in der Stadt von  
 New York in der Stadt von New York  
 in der Stadt von New York in der  
 Stadt von New York in der Stadt  
 von New York in der Stadt von  
 New York in der Stadt von New York



Das Bild zeigt die Schichtenstruktur eines Halbleiters. Die Schichten sind von oben nach unten: ZnS, SrS·Ca, ZnS·PbS, SrS·Ca, ZnS·Mn, ZnS, SrS·Ca, Phosphor, SrS·Ca, ZnO·Al, Substrat.



Abb. 1

Die Schichtenstruktur eines Halbleiters  
 besteht aus einer Halbleiterschicht,  
 einer Substratschicht und einer  
 Isolationschicht. Die Halbleiterschicht  
 ist die oberste Schicht und besteht  
 aus einem Halbleitermaterial. Die  
 Substratschicht ist die mittlere  
 Schicht und besteht aus einem  
 Substratmaterial. Die Isolationschicht  
 ist die unterste Schicht und besteht  
 aus einem Isolationsmaterial.

Abb. 2

Die Schichtenstruktur eines Halbleiters  
 besteht aus einer Halbleiterschicht,  
 einer Substratschicht und einer  
 Isolationschicht. Die Halbleiterschicht  
 ist die oberste Schicht und besteht  
 aus einem Halbleitermaterial. Die  
 Substratschicht ist die mittlere  
 Schicht und besteht aus einem  
 Substratmaterial. Die Isolationschicht  
 ist die unterste Schicht und besteht  
 aus einem Isolationsmaterial.



Verfurderung

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Ergebnis - bersicht

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...

Die Verfurderung ist ein Prozess, bei dem die ...



## Veröffentlichungen \*

/1/ Bachus, J.; Großkopf, G.; Heidrich, H.; v. Helmolt, C.; Meißner, P.; Patzak, E.; Saniter, J.; Strebel, B.; Wolf, G.; Weber, H.-G.: **Optische Frequenzmultiplextechnik - Prinzip, Anwendungen und Potential.** ntz, Januar 1993, Band 46, S. 16-21.

**Kurzfassung:** Die Leistungsfähigkeit optischer Kommunikationssysteme kann mit Hilfe der optischen Frequenzmultiplextechnik erheblich gesteigert werden. Zur Erweiterung der Übertragungskapazität optischer Übertragungsstrecken sowie zur Realisierung flexibler Systemstrukturen bis hin zum optischen transparenten Netz ist diese Technik hervorragend geeignet. Die optische Frequenzmultiplextechnik hat, wie auch Ergebnisse einer langjährigen Forschung des Heinrich-Hertz-Instituts auf diesem Gebiet zeigen, einen Entwicklungsstand erreicht, der den Aufbau von Pilotsystemen erlaubt.

/2/ Meißner, P.; Saniter, J.: **Experimentalsysteme für zukünftige kohärente optische TV-Verteil- und bidirektionale Kommunikationssysteme.** Nachrichtentech., Elektron., 5/92, Sept./Okt., S. 171-174.

**Kurzfassung:** Einen wesentlichen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten des Heinrich-Hertz-Instituts (HHI) stellen theoretische und experimentelle Untersuchungen zur kohärenten optischen Übertragungstechnik dar. In diesem Beitrag wird ein kurzer Überblick über die Arbeiten zu einem kohärenten Fernsehverteilsystem sowie zu einem kohärenten Kommunikationssystem gegeben.

/3/ Raub, F.; Schmidt, F.: **FSK-Empfangsverfahren für kohärente optische Fernsehverteilsysteme.** ntz, November 1992, Band 45, S. 878-884.

**Kurzfassung:** In einem Experimentalsystem zur kohärenten Fernsehverteilung ist der Einfluß der Zwischenfrequenzverarbeitung und der Leitungscodierung auf die Empfindlichkeit des optisch abstimmbaren Heterodynempfängers untersucht worden. Mit Frequency-Shift-Keying-Modulation, Delay-Line-Demodulation und Bi-Phase-Leitungscodierung wurde bei einer Datenrate von 140 Mbit/s eine Empfindlichkeit von -56,1 dBm ( $BER = 10^{-9}$ ) erreicht.

/4/ Hilbk, U.; Burmeister, M.; Hermes, Th.; Hoen, B.: **Absolute Stabilized 10 Channel TV-Distribution System with Microprocessor Controlled Subscriber Station.** Proceedings of EFOC/LAN'92, June 24-26, 1992, Paris, France, pp. 144-146.

**Kurzfassung:** A 10 channel coherent TV-distribution system with absolute frequency stabilization, channel spacing control and fully-engineered microprocessor controlled subscriber unit utilizing an electronically

tunable TTG-laser is presented. The system can serve 8192 subscribers.

/5/ Giglmayr, J.: **Comparison of Regular 3-D Interconnections.** Proceedings of ICO-International Topical Meeting on Optical Computing, Minsk, June 29, 1992, SPIE 1806.

**Kurzfassung:** The permutation of the order of switches is applied to generate (1) butterfly, (2) crossover and (3) global/local interconnection patterns. Both classes, the shuffle-based interconnections (1) and (2) and the global/local interconnections (3) are analysed and compared.

/6/ Giglmayr, J.: **Elements of Compact Architectures for Photonic Switching.** Proceedings of PS'92 - Topical Meeting on Photonic Switching, Minsk, July 1-3, 1992, SPIE 1807.

**Kurzfassung:** The length of multistage architectures is a crucial design parameter. The compact architectures overcome this problem but raise several other: Additional interconnects because of the separation of the switching arrays and search for the best interconnection scheme.

/7/ Giglmayr, J.: **Properties of Optically Implemented Shuffle Interconnections.** Optics Communications, September 1992, Vol. 93, No. 1,2, pp. 112-125.

**Kurzfassung:** The various possibilities of optically interconnecting  $16 \times 16$ -data arrays by shuffle patterns are presented and analysed. The pattern analysis is based on evaluating the skew of each particular path of the shuffle interconnections. Geometric quantities of interest (deflection angle, path length of spatial and frequency pattern) are derived. The switch preserving transformation of 2D shuffle interstage patterns into their equivalent 1D shuffles and vice versa, the way a 1D shuffle overlaps into a 2D shuffle in the 3D physical space, is presented. The costs of these different interconnection schemes are evaluated and the results are compared. (The applied cost measure is the total length of the interconnections.) For example, the interconnection of 256 data has the least costs if the arrays are interconnected by a 4D shuffle.

/8/ Giglmayr, J.: **Minimum Number of Crossed Channels for OFDM Systems Based on Regular Interconnections.** Proceedings of Multigigabit Fiber Communications, Hynes Convention Center Boston, Massachusetts, USA, Sept. 8-11, 1992, SPIE 1787.

**Kurzfassung:** For OFDM systems based on multistage interconnection networks with space-frequency interstage patterns the number of crossed channels and the interconnection length in the frequency domain is aimed to be a minimum. A solution which only requires nearest-neighbour interconnections in the frequency domain is proposed and discussed.

\* erschienene Veröffentlichungen oder zur Veröffentlichung angenommene Manuskripte



/9/ Giglmayr, J.: **Translation of Laser Tuning Experiments into Networks**. Topical Meeting Photonics in Switching, Palm Springs, USA, March 15-17, 1993, zur Veröffentlichung angenommen.

**Kurzfassung:** The relationship between laser tuning and networks is made transparent. Several examples (multiplexing on vectors) are evaluated by the number of crossed channels and compared.

/10/ Westphal, F.-J.; Hermes, Th.; Hilbk, U.; Meißner, P.: **Experiment for Bidirectional Communication at the same Frequency using an Internally Bypassed Star Coupler and Coherent Multi-Channel Technique**. Electronics Letters, Vol. 28, No. 17, August 1992, pp. 1587-1588.

**Kurzfassung:** The first realisation and operation of a representative part of a 72 subscriber star coupler designed for full duplex communications with doubled channel count is reported. Error free operation with coherent multichannel communications has been proved.

/11/ Westphal, F.-J.; Bader, G.; Bünning, H.; Burmeister, M.; Großmann, E.; Hermes, Th.; Hilbk, U.; Hoen, B.; Meißner, P.; Raub, F.; Saniter, J.; Schmidt, F.: **Coherent Multi-Channel Experiment for Bidirectional Communication at the same Frequency using an Internally Bypassed Star Coupler**. Proc. of ECOC '92, Berlin, 27.9.-1.10.1992, Vol. 1, pp. 401-405.

**Kurzfassung:** The first realization, characterization and operation of a representative part of a 72 subscriber star coupler designed for doubled channel count is reported. Error free operation for 3 days with coherent multi-channel communications has been proved.

/12/ Fischer, U.; v. Helmholtz, C.; Krüger, K.; Krüger, U.: **Engineered Automatic Control and Frequency Stabilization Unit for a Coherent Multichannel (CMC) System**. Journal of Optical Communication, 1993, zur Veröffentlichung angenommen.

**Kurzfassung:** An automatic head-end control unit for a ten channel CMC system was built, tested and shipped to GEC-Marconi, Caswell where it was installed. Absolute frequency stabilization experiments are reported with offset locking of up to 95 GHz.

/13/ Fischer, U.; v. Helmholtz, C.; Krüger, K.; Krüger, U.: **Absolute CMC Frequency Stabilization with 0.8 THz Control Range and OEIC Front-end Module**. Proceedings of ECOC '92, Berlin, 27.9.-1.10.1992, pp. 429-432.

**Kurzfassung:** Absolute coherent multi-carrier (CMC) frequency stabilization experiments are reported featuring an optical reference at 1547.825 nm, an offset locking range of 800 GHz with 0.4 GHz resolution and a balanced InP polarization diversity detector hybrid.

/14/ Fischer, U.; v. Helmholtz, C.; Krüger, K.; Krüger, U.: **Scanning Heterodyne Spectrometer with Different Local Oscillator Laser Types**. Journal of Optical Communication, 1993. (zur Veröffentlichung angenommen)

**Kurzfassung:** Three different types of tunable laser diodes for use in a scanning heterodyne spectrometer at 1.55  $\mu\text{m}$  were examined. Typical criteria like line-width, tuning range, driving conditions and output power were measured and compared.

/15/ Baack, C.: **Photonics in Future Telecommunications**. 8th German-Japanese Symposium "Vision 2000 - The Evolution of Information and Communication Technology for the Information Society", organized by the Münchner Kreis, Munich, October 12 - 13, 1992, zur Veröffentlichung angenommen.

**Kurzfassung:** In future telecommunication systems, efforts will be made to exhaust the almost unlimited transmission capacity of optical fibres by applying optical frequency division multiplex techniques. The switching units of such networks must be able to process optical frequency multiplex signals as well as time-division multiplex signals. The question arises to what extent optical signal processing can be brought into use instead of present-day electronic signal processing in such switching units. In the recent twenty years research in the field of optical communications was essentially focussed on the transmission of signals with the help of optical fibres. Meanwhile, the questions referring to optical transmission could essentially be answered, and the interest of research is now totally directed towards optical signal processing.

/16/ Bachus, E.J.; Auracher, F.<sup>1</sup>; Hildebrand, O.<sup>2</sup>; Schwaderer, B.<sup>3</sup>: **An account of the German national joint programme: Photonik/Optical Signal Processing**. OEC '92, Chiba, Japan, July 1992, Technical Digest p. 252 and ECOC '92, Berlin, p. 671

**Kurzfassung:** German industrial companies, universities and institutes are collaborating in a joint project supported by the German government (appr. 40 Mio DM, 1990-1994). Research work of 12 partners in developing basic technologies, components and systems for switching applications of optical telecommunication channels is coordinated by the Heinrich-Hertz-Institute.

/17/ Batchellor, C.R.<sup>4</sup>; Debney, B.T.<sup>4</sup>; Thorley, A.M.<sup>5</sup>; Swanenburg, T.J.B.<sup>6</sup>; Heydt, G.; Auracher, F.<sup>1</sup>; Lagasse, P.<sup>7</sup>: **A coherent multichannel demonstrator**.

1 Siemens AG, München, FRG

2 SEL Alcatel, Stuttgart, FRG

3 ANT, Backnang, FRG

4 GEC-Marconi Materials Technology, Caswell, UK

5 G.P.T. Ltd., Coventry, UK

6 Philips Research Laboratory, Eindhoven, NL

7 IMEC-Laboratory of Electromagnetism and Acoustics, Gent, B



Electronics & Communication Engineering Journal, Aug. 1992, p. 235.

**Kurzfassung:** The paper describes an advanced coherent multichannel (CMC) communications demonstrator that has been designed by the RACE 1010 consortium. This fully engineered demonstrator examines the application of CMC techniques to broadband signal distribution (e.g. television and high-definition television) in the local loop. Ten 140 Mbit/s digitised video signals are transmitted on ten optical carriers 10 GHz apart. Up to 1000 receiver terminals can be served from a single central transmitter assembly. The paper explores the system operation, system specifications, and subsystem results that have been achieved.

/18/ Khoe, G.D.<sup>6</sup>; Heydt, G.; Borges, I.<sup>8</sup>; Demeester, P.<sup>7</sup>; Ebborg, A.<sup>1</sup>; Labrujere, A.<sup>9</sup>; Rawsthorne, J.<sup>4</sup>: **Coherent multi carrier technology for implementation in the customer access.** Invited Paper, J. Light-wave Technol., May 1993.

**Kurzfassung:** The use of coherent multi-carrier (CMC) techniques in the integrated broadband communication (IBC) network is proposed. Technology, implementation strategies, system engineering, system application areas and evolution aspects are considered. We discuss the use of CMC systems for distributive and interactive services and consider related CMC transmission and switching issues. Details on the realisation of a CMC demonstrator for a customer access and plans for implementation of the engineered equipment in field trials are presented. Work is being carried out within the framework of the European Community RACE (Research and development in Advanced Communications technologies in Europe) projects.

/19/ Großkopf, G.; Eiselt, M.; Langer, K.D.; Ludwig, R.; Pieper, W.; Weber, H.G.: **The fiber loop optical buffer: system properties and applications.** EFOC-LAN '92, Paris, Juni 1992, pp. 406-410.

**Kurzfassung:** A fiber loop incorporating semiconductor laser amplifiers as on/off gates may be used as optical buffer. In this contribution we report on theoretical and experimental investigations on the operation conditions of such a fiber loop buffer, and we discuss its application in a 2 x 2 self-routing switching node.

/20/ Großkopf, G.; Ehrhardt, A.; Eiselt, M.; Ludwig, R.; Pieper, W.; Weber, H.G.: **Performance analysis of a fiber loop optical buffer.** Fourth Optoelectronics Conference, Chiba 1992, Japan, paper 17A 3-5.

**Kurzfassung:** The operation conditions of a fiber loop

optical buffer incorporating semiconductor laser amplifier gates are investigated in the presence of accumulated and amplified crosstalk and spontaneous emission and under the effect of gain saturation.

/21/ Eiselt, M.; Großkopf, G.; Ludwig, R.; Pieper, W.; Weber, H.G.: **Photonic ATM Switching with semiconductor laser amplifier gates.** Electronics Letters, Vol. 28, No.15, (1992) pp.1438-1439.

**Kurzfassung:** Semiconductor laser amplifiers were operated as gates in a 2 x 2 ATM-switching node with a fibre loop optical buffer. The required properties of these gates were also calculated for larger switching nodes.

/22/ Eiselt, M.; Ehrhardt, A.; Großkopf, G.; Ludwig, R.; Pieper, W.; Schnabel, R.; Weber, H.G.: **Photonic packet switching experiments in a 2 x 2 switching node incorporating a fiber loop buffer.** International Topical Meeting on Photonic Switching, Minsk, 1992, paper 3 B3.

**Kurzfassung:** An asynchronous transfer mode (ATM) switching node consisting of semiconductor laser amplifier (SLA) gates and fiber loop optical buffers is investigated. The requirements on the SLA properties are investigated and BER-measurements are reported.

/23/ Eiselt, M.; Ehrhardt, A.; Großkopf, G.; Langer, K.D.; Ludwig, R.; Pieper, W.; Schnabel, R.; Weber, H.G.: **Experimental optical ATM 2 x 2 Switching node.** ECOC '92, Berlin, paper WeB8.1.

**Kurzfassung:** An asynchronous transfer mode (ATM) switching node consisting of semiconductor laser amplifier gates and fiber loop optical buffers is investigated. The arrangement and the size of the buffers are analyzed and BER-measurements are reported.

/24/ Eiselt, M.; Pieper, W.; Großkopf, G.; Ludwig, R.; Weber, H.G.: **One Million Pulse Circulations in a Fiber Ring Using a SLALOM for Pulse Shaping and Noise Reduction.** ECOC '92, Berlin, Post deadline paper ThPDI.7.

**Kurzfassung:** Nearly unlimited pulse circulation is obtained in a fiber ring experiment with use of a semiconductor laser amplifier in a loop mirror configuration (SLALOM) operating as threshold device.

/25/ Eiselt M.; Ehrhardt, A.; Großkopf, G.; Küller, L.; Ludwig, R.; Schnabel, R.; Weber, H.G.: **Semiconductor laser amplifier as optical switching gate.** OPTO '92, Paris, pp. 36-40.

**Kurzfassung:** In addition to their ordinary application as gain element, semiconductor laser amplifiers (SLA) will play an important role as functional elements for optical signal processing. An example is the application of SLAs as on/off-gates for optical switching. In the paper we report on experimental and theoretical investigations on the properties of the SLA-gate. The

1 Siemens AG, München, FRG

4 GEC-Marconi Materials Technology, Caswell, UK

6 Philips Research Laboratory, Eindhoven, NL

7 IMEC-Laboratory of Electromagnetism and Acoustics, Gent, B

8 Centro de Estudos de Telecomunicacoes, Aveiro, P

9 PTT Research, Leidschendam, NL



on/off-ratio and the rise and fall time of the gate, are studied with respect to their dependence on the injection current and on the optical input power. The effect of gain saturation, saturated absorption and residual reflectivity on the gating operation are discussed.

/26/ Eiselt, M.: **Optical loop mirror with semiconductor laser amplifier.** Electronics Letters, Vol. 28, (1992) pp. 1505-1507.

**Kurzfassung:** A nonlinear optical loop mirror is reported, employing a semiconductor laser amplifier (SLA). The input-output characteristic is distinctly nonlinear, and when operating as an optical correlator, an extinction ratio of 13 dB was achieved.

/27/ Eiselt, M.; Ehrhardt, A.; Weber, H.G.: **Optical loop mirror with semiconductor laser amplifier: application as optical correlator.** International Topical Meeting on Photonic Switching, Minsk, 1992, to be published in the Proceedings of SPIE.

**Kurzfassung:** A nonlinear optical loop mirror is reported, employing a semiconductor laser amplifier. The input-output characteristic is distinctly nonlinear, and when operating as an optical correlator, an extinction ratio of 13 dB was revealed.

/28/ Eiselt, M.; Pieper, W.; Weber, H.G.: **A new optical correlator technique for header recognition in self-routing networks.** OFC/IOOC '93, San José, USA, paper ThI4.

**Kurzfassung:** A new concept for header recognition based on an optical loop mirror with a semiconductor laser amplifier is investigated experimentally.

/29/ Eiselt, M.; Pieper, W.; Weber, H.G.: **A decision gate for all-optical data remiming using a semiconductor laser amplifier in a loop mirror configuration.** Electronics Letters, to be published.

**Kurzfassung:** A decision gate is reported for all-optical data retiming, operating at 1 Gbit/s, polarization independent and enabling simultaneously wavelength conversion up to 60 nm.

/30/ Eiselt, M.; Pieper, W.; Weber, H.G.: **All optical regenerator using a semiconductor laser amplifier in a loop mirror configuration.** Topical Meeting on Photonics in Switching, Palm Springs, USA, 1993, paper PWA4, Vol. 29, (1993), pp.107-109.

**Kurzfassung:** A decision gate is reported for all-optical data retiming, operating at 1 Gbit/s, polarization independent and enabling simultaneously wavelength conversion up to 60 nm.

/31/ Ludwig, R.; Magari, K.<sup>10</sup>; Suzuki, Y.<sup>10</sup>: **Switching Experiments with 1.55  $\mu\text{m}$  Polarization Insensitive Strained MQW Semiconductor Laser**

**Amplifiers.** ECOC '92, Berlin, paper WeB8.3.

**Kurzfassung:** The switching characteristics of a polarization insensitive MQW-SLA where measured by an optical sampling method providing a dynamic range >30 dB. Demultiplexing experiments at 565 Mbit/s and 1.13 Gbit/s reveal the feasibility of the MQW-SLA-gate for medium-speed switching.

/32/ Ludwig, R.; Magari, K.<sup>10</sup>; Suzuki, Y.<sup>10</sup>: **Properties of the 1.55  $\mu\text{m}$  High Gain Polarization Insensitive MQW Semiconductor Laser Amplifiers.** OA '92, Santa Fe, USA, paper FA4.

**Kurzfassung:** Compared with bulk-SLAs polarization insensitive MQW-SLAs are more suitable for switching applications due to higher output power, shorter carrier lifetime and smaller linewidth enhancement factor.

/33/ Rohde, D.: **Entwicklung eines hochratigen Photoempfängers mit Hilfe fortgeschrittener Meß- und CAD-Techniken.** MIOP '93, Sindelfingen, Optische Mikrowellenübertragung und Erzeugung.

**Kurzfassung:** A broadband photoreceiver was constructed in classical hybrid technique on thick-film aluminium-oxid ceramic substrate. Commercially available components were used for realization. The components were characterized on a Vectorial Network Analyzer using a calibration method developed for on-wafer probing systems. The preamplifier was simulated and optimized by use of the measured data. The measured results obtained after realization of the amplifier agreed fairly well with the simulation. The simulation and measurement techniques are described and the results are discussed.

The control of the optical frequency response was performed by use of two different methods which will be shown in comparison. 1. The heterodyne signal of two tunable semiconductor lasers was observed at the output of the photoreceiver with a spectrum analyzer. The maximum hold function of the analyzer was used while tuning the lasers to get the frequency response. 2. Very short laser pulses of about 1-2 ps pulsewidth were detected with the receiver. By use of FFT the frequency response was calculated from the measured pulse response.

The achieved frequency response agreed with the frequency response of the heterodyne measurements. The optical bandwidth is about 13 GHz.

/34/ Kuhlow, B.; Ferstl, M.; Kobolla, H.<sup>11</sup>; Pawlowski, E.: **Holographic elements for optical interconnections at 1.5  $\mu\text{m}$ .** SPIE-Conference 1751, Miniature- and Micro-Optical Devices; Fabrication and System Applications II, San Diego '92, pp. 66-75.

**Kurzfassung:** Holographic optical elements for interconnecting electronic switching stages with light of 1.5  $\mu\text{m}$



wavelength are presented. These elements include deflection holograms recorded in dichromated gelatin for deflecting the light and diffractive spherical gratings fabricated by microstructuring for focussing and collimating the light. The diffraction efficiency of these elements can reach 90% and focused spot sizes can be within the diffraction limit.

/35/ Kuhlow, B.; Engel, H.; Ferstl, M.; Fürst, H.; Kobolla, H.<sup>11</sup>; Pawlowski, E.: **Holographic Optical Elements in a Free Space Interconnection System for 1.5  $\mu\text{m}$  Wavelength.** ECOC '92, Berlin, pp. 533-536.  
Kurzfassung: A free space optical interconnection system for 1.5  $\mu\text{m}$  is described. This system interconnects electronic switching stages by means of holographic optical elements that are comprised of Fresnel zone plates fabricated by microstructuring and deflection holograms recorded in dichromated gelatin. The characteristics and the performance of the optical elements are presented.

/36/ Ferstl, M.; Kuhlow, B.; Pawlowski, E.: **Blazed Fresnel zone lenses approximated by discrete step profiles: Effects of fabrication errors.** SPIE-Conference 1732; Holographics International '92; London 92, Proc. 1732-12.

Kurzfassung: Blazed Fresnel zone lenses for 1.5  $\mu\text{m}$  wavelength were fabricated in quartz glass by means of microstructuring technology. The blazed profile in each zone of the lenses was approximated by 2, 4, and 8 discrete levels. The effects of fabrication errors, such as depth and alignment errors, on the diffraction efficiency of the different Fresnel zone lenses were investigated. Further the location and intensity of the parasitic foci appearing due to the discrete level approximation are calculated. Theoretical results along with experimental measurements are presented.

/37/ Pawlowski, E.; Engel, H.; Ferstl, M.; Fürst, B.; Kuhlow, B.: **Two dimensional array of AR-coated diffractive microlenses fabricated by thin film deposition.** SPIE-Conference 1751, Miniature- and Micro-Optical Devices: Fabrication and system Applications II; San Diego '92, pp. 13-21.

Kurzfassung: Two dimensional arrays of Fresnel zone microlenses were fabricated and coated with antireflection layers by Ion-Beam-Sputter deposition technique. The thickness of the layers was controlled by a Reflection-Wideband-Monitoring-System with high accuracy. The lenses have a circular aperture of 2 mm and focal lengths of 70 mm and 20 mm for the wavelength of 0.63  $\mu\text{m}$  and focal lengths of 29 mm, 8 mm and 5.7 mm for the wavelength of 1.52  $\mu\text{m}$ . The blazed profile in each zone was approximated by an eight level profile. Such stepped profiles were recorded with several masks, written with e-beam and

with photolithographic technology. Our measurements reveal that the spotsizes of the fabricated microlenses are close to the diffraction limited values, and the diffraction efficiency for the eight level structure is 83%.

/38/ Strebel, B.; Bachus, E.-J.; Braun, R.-P.; Caspar, C.; Heimes, K.; Keil, N.; Foisel, H.-M.; Yao, H.H.: **Optical transparent frequency-space switching laboratory system.** OEC '92, Chiba, Japan, paper 17A3-2, pp. 254-255.

Kurzfassung: A laboratory set-up demonstrates all essential functions of a transparent frequency space switching node for coherent optical channels in laser fiber technology. Frequency control of carriers and filters guarantees stable transmission and switching performance.

/39/ Braun, R.-P.; Caspar, C.; Foisel, H.-M.; Strebel, B.: **Optical Components of a Multi-Carrier Switching System.** ECOC '92, Berlin, pp. 409-412.

Kurzfassung: Components for a laboratory optical frequency division multiplex switching node are presented. Fibre elements and injection locked DFB-lasers are used to demonstrate functions of optical transparent switching in the space and frequency domain.

/40/ Foisel, H.-M.; Braun, R.-P.; Caspar, C.; Strebel, B.: **Up and Down Frequency Conversion in a Two Stage Optical Transparent Switching System.** OFC '93, San José, USA, paper Tu04.

Kurzfassung: Frequency-Space switching is demonstrated for the first time in a two stage optical transparent switching system including frequency up and down conversion. Transmission experiments were carried out using a phase noise cancellation scheme achieving bit error rates better than  $10^{-9}$ .

/41/ Keil, N.; Strebel, B.; Yao, H.H.; Zawadzki, C.; Hwang, W.<sup>12</sup>: **Optical Polymer Waveguide Devices and Their Applications to Integrated Optics and Optical Signal Processing.** The Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE '92), Conf. on "Information Processing", San Diego, USA, Vol. 1774.

Kurzfassung: Polymer technology shows the potential to fabricate and integrate the basic components of OFDM-crossconnect elements which are important signal processing units in a future transparent optical network. The fabrication and characterization of integrated optical polymer components like power splitters and combiners and polymer directional couplers is presented. The devices are fiber pigtailed, packaged and exhibit waveguide losses in the order of 1 dB/cm at 1.55  $\mu\text{m}$  wavelength. Studies based on guest/host-polymer-systems for the application on electrooptic polymer devices are shown and the syntheses and characterization of rare-earth doped polymers for active device applications is reported. Because polymer



technology is conceptional hybrid, a combination of semiconductor and polymer elements on large substrates is proposed. This opens up the possibility for a future large scale integration of optical components to functional devices by a costeffective technology.

/42/ Strelbel, B.; Keil, N.; Türck, R.; Yao, H.H.: **Polymer waveguide devices for OFDM systems**. PIT VI, Plastics in Telecommunication, London, 1992, pp. iii/1-9.

**Kurzfassung:** OFDM technique uses transparent optical carrier frequency channels for long distance transmission, TV-distribution and switching. The signals can be processed in the space/frequency domain by power division, channel branching, waveguide switching, frequency conversion and optical amplification. After successful demonstration of these functions by fibre/laser technology the transition to a planar optical polymer circuitry is in progress. The paper includes the fabrication process, some measurement results and the proposal of an intelligent interconnection and packaging technology.

/43/ As, D.J.; Eggemann, R.; Feiste, U.; Möhrle, M.; Patzak, E.; Weich, K.: **Clock recovery based on a new type of self-pulsation in a 1.5  $\mu\text{m}$  two-section InGaAsP-InP DFB laser**. Electronics Letters, Vol. 29, No. 2, (1993), pp. 141-142.

**Kurzfassung:** Clock extraction from an optical or electrical injected  $2^{23} - 1$  PRBS RZ data signal into a two-section ridge waveguide DFB laser with a new type of self-pulsation is demonstrated between 0.4 and 0.7 GHz. A locking range of 50 MHz is measured.

/44/ Komatsu, T.<sup>13</sup>; Pastoor, S.: **Subjective Evaluation of the Puppet Theater Effect with TV Sized Stereoscopic Displays**. (zur Veröffentlichung angenommen in: Journal of the SID).

**Kurzfassung:** There is evidence that stereoscopic images are no longer judged as true to life when the size of the display screen is insufficient. Human beings reproduced in reduced size appear as if they were animated puppets (puppet theater effect). This paper describes a subjective evaluation experiment carried out with a 21 inches stereoscopic display in order to clarify under which input-output conditions of stereoscopic images (viewing distances, shot sizes, parallax corrections) this effect is significant. Twelve subjects judged the "apparent size" of the displayed scenery as well as possibly annoying side effects of the display conditions. Results show that the puppet theater effect is relaxed when the geometric perspective and the stereoscopic depth of the displayed scenery are matched to natural viewing conditions. On the other hand, the parallax settings required to establish correct depth reproduction generally caused

annoying side effects (e.g. increased eye-strain). It is concluded that this parallax correction should only be applied for short distance shots watched at near viewing distances, e.g. in conditions typical of video telephone applications.

/45/ Liu, J.; Skerjanc, R.: **Construction of Intermediate Pictures for a Multiview 3D System**. Proc. SPIE/IS&T Conference on Electronic Imaging, Science & Technology, 9. - 14. Febr. 1992, San José.

**Kurzfassung:** A new signal processing approach towards a multiview 3D system is described. Stereo image signal processing techniques are used to construct images of virtual cameras (i.e. views from new perspectives) at intermediate positions between real cameras. Compared with conventional systems where a large number of pictures from different viewpoints are required, this allows a dramatic reduction of recording and transmission expenditures.

/46/ Skerjanc, R.; Liu, J.: **Computation of Intermediate Views for 3DTV**. Proceedings of Theobild '92 (Symposium der TU Berlin über theoretische Bildverarbeitung).

**Kurzfassung:** This paper describes a method which uses 3D signal processing to construct images of virtual cameras (views from new perspectives) at intermediate positions between real cameras. Therefore it is necessary to carry out a 3D-analysis of the scene to assemble a new image. The method is principally designed for real scenes.

/47/ Liu, J.; Huang, S.<sup>14</sup>: **Using Topological Information of Images to Improve Stereo Matching**. IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition, New York, June 15-17, 1993 (als Poster-Vortrag angenommen).

**Kurzfassung:** Much of the literature on computer vision is concerned with the so far unsolved "correspondence" problem. In order to introduce some kind of global description into matching processes, much attention has been paid to exploiting coarse-to-fine solutions. The main problem is then that the global information is either not rich enough or not correct enough. The method presented in this paper introduces a topological structure to describe global characteristics of images. This structure needs no a priori information about the image, and is free of any binary decision. It is invariant under geometrical deformation and grey value scaling. Using the topological information to improve stereo matching, a new cost function of the multidimensional dynamic programming is introduced, which combines both the low-level features and the global information of images into a single function. Some of the experimental results with real stereo images are presented.



/48/ Pastoor, S.: **Human Factors of 3DTV: An Overview of Current Research at Heinrich-Hertz-Institut (HHI) Berlin.** Proceedings of the IEE Colloquium on Stereoscopic Television, London, October 15, 1992, The Institution of Electrical Engineers, Savoy Place, London, UK.

**Kurzfassung:** Among engineers the general consensus is that three-dimensional TV, adding binocular and motion parallax information to high-definition images, should be regarded as the next step of improvements of TV technology after HDTV. At present, it is not clear at which performance level and up to which extend stereoscopic methods have the potential to meet user requirements on advanced future TV systems. Human Factors studies intend to clarify this situation and to provide the basis to assess various technological solutions. The paper concentrates on respective studies at HHI Berlin, and attempts to assess some approaches to 3DTV currently under discussion.

/49/ Böcker, M.: **Design und Designevaluierung von Piktogrammen für Kommunikationsendgeräte.** In: ITG-Fachbericht 121, Berlin, Offenbach: vde-verlag 1992.

**Kurzfassung:** Gut entworfene Piktogramme erhöhen die Benutzerfreundlichkeit von Kommunikationsendgeräten. Um sicherzustellen, daß Piktogramme für den Benutzer eindeutig und verständlich sind, müssen Piktogrammentwürfe empirisch evaluiert werden. Es gibt eine Reihe von Evaluierungsmethoden für Piktogramme, von denen einige auf bestimmte Einsatzbereiche beschränkt sind und andere erhebliche methodische Schwächen aufweisen. Es wird eine neue Evaluierungsmethode vorgestellt, die allgemein einsetzbar ist und die Mängel bisheriger Methoden vermeidet. Diese Methode wurde im Rahmen der Mitarbeit im ETSI Technical Committee Human Factors entwickelt und bei einer internationalen Evaluierungsstudie zu Piktogrammen für Bildfernseher erfolgreich eingesetzt.

/50/ Faber, J.; Meiers, A.; Seyferth, A.: **Akzeptanz von Multimedia Informationssystemen mit Bewegtbildeinsatz? - Experimentelle Untersuchungen zur Bevorzugung des Bewegtbildes für den Informationserwerb.** ITG-Fachbericht 121: Nutzung und Technik von Kommunikationsendgeräten, VDE-Verlag, Berlin, 1992, S. 161-168

**Kurzfassung:** Eine Entscheidung für den Einsatz von Bewegtbildern in Informationsdiensten ist aus heutiger Sicht mit einem Risiko behaftet: Es ist unklar, ob ein Bedarf vorhanden ist, welcher die Kosten eines solchen Dienstes rechtfertigt. Ein solcher Bedarf kann nur entstehen, soweit es Informationen gibt, deren Erwerb durch Bewegtbilder im Vergleich zu Darstellungen ohne Bewegtbild den Informationserwerb deutlich erleichtert oder erst ermöglicht. In Lernexperimenten wurde daher untersucht, in welchen Fällen Vorteile des Bewegtbildes für den Erwerb von Informationen vor-

handen sind, wenn die Aufgabe darin besteht, Bewegungsvorgänge zu verstehen, auszuführen oder unter ähnlichen zu identifizieren.

/51/ Faber, J.; Mühlbach, L.; Pastoor, S.: **Benutzergerechte Gestaltung von Telekom-Diensten - Anthropotechnische Forschung am HHI.** ntz Bd. 45 (1992) Heft 9, S. 698-705.

**Kurzfassung:** Der Nutzen und die Akzeptanz von Fernseh-, Kommunikations- und Informationssystemen sind abhängig von ihrer Anpassung an Ziele und Fähigkeiten der Benutzer. Die Lösung diesbezüglicher Probleme ist, wie Ergebnisse anthropotechnischer Forschung des Heinrich-Hertz-Instituts aus 15 Jahren zeigen, bereits im Vorfeld der Einführung solcher Systeme möglich und sinnvoll.

/52/ Boerger, G.: **Human Factors Problems with "Vision-Like TeleVision" (VLTV).** Invited paper, Proc. 12th International Display Research Conference, Japan Display '92, Hiroshima, Japan, Oct. 12-14, 1992, pp. 13-16.

**Kurzfassung:** VLTV designates a future imaging system for home and office reproduction of any kind of visual 2D/3D-information of natural and synthetic origin being perceptible free of artefacts under certain viewing conditions. Related human factors deserving attention are: brightness, colour, dynamic sharpness, spatial volume, aspect interference (crosstalk), brightness homogeneity, motion parallax.

/53/ Ernst, M.: **Motion Compensated Video Processing for Studio Applications.** Conference proceeding of "Les Assises des Jeunes Chercheurs", March 8 - 12, 1992, Japan.

**Kurzfassung:** During the last years methods for motion estimation and compensation have become a kind of key technology for different applications in image processing and coding. Using these methods a conversion between different TV- and HDTV-standards can be performed while maintaining excellent picture quality. The motion compensated conversion algorithm developed at HHI for frame rate conversion has been improved and adopted to further studio applications like deinterlacing, video/film-transfer, TV-to-HDTV conversion, noise reduction and removal of motion blur. The concept is based on a 3-D space- and time variant filter that is adapted to the motion which is estimated by using a modified blockmatching algorithm. The spatial/temporal cut-off frequencies of the filter are controlled by checking the accuracy and reliability of motion information taking into account covered/uncovered background. Due to interlaced scanning of the input signal the vertical resolution has to be decreased for certain "critical" vertical velocities, however full vertical resolution can be preserved for a wide range of vertical motion. The paper analyses the benefits of motion compensated processing, describes



the basic components of the HHI-approach and gives examples on various applications. The results of computer simulations are presented.

/54/ Höhne, H. D.; Dalstein, T.: **Verminderung des Einflusses periodischer Bildinhalte bei der Fernsehnormumsetzung.** Fernseh- und Kino-Technik 46, No. 7-8 (1992), S. 469-478.

**Kurzfassung:** Periodisch wiederkehrende bewegte Bildinhalte stellen die Fernsehnormumsetzung des Bildmaterials vor besondere Anforderungen. Dies liegt daran, daß sich einerseits eine Normumsetzung nur dann mit ausreichender Qualität durchführen läßt, wenn sie die Bewegung der dargestellten Objekte berücksichtigt, daß aber andererseits die benötigten Bewegungsvektoren in Bildbereichen mit periodischen Strukturen systematische Fehler aufweisen. Eine Lokalisierung der Bildbereiche, in denen Periodizität auftritt, erlaubt es, Maßnahmen gegen periodizitätsabhängige Fehler zu ergreifen. Der Aufsatz erläutert das Grundprinzip der bewegungskompensierenden Normumsetzung, Ursachen und Folgen der Störung der Bewegungsvektorschätzung durch periodische Bildinhalte und stellt ein Verfahren zur Erkennung periodischer Bereiche vor; es beruht auf einer Methode zur Bestimmung der Stimmgrundfrequenz menschlicher Sprache. Eine Strategie der Verwertung der dadurch gewonnenen Information zur Verbesserung der Bildpunktvektorauswahl in den betroffenen Bildbereichen wird angegeben. Abschließend wird über die günstigen Auswirkungen dieser Methode auf die Normwandlung von TV-Sequenzen mit stark periodischem Inhalt berichtet.

/55/ Reventlow, C.v.<sup>14</sup>; Talmi, M.; Wolf, S.; Ernst, M.; Müller, K.<sup>14</sup>; Stoffers, C.<sup>14</sup>: **System Considerations and System Level Design of a Chip Set for Real Time TV and HDTV Motion Estimation.** Zum Druck angenommen in: Journal of VLSI Signal Processing.

**Kurzfassung:** The system design of a flexible chipset for real time motion estimation for TV and HDTV systems utilising the blockmatching algorithm is presented. Special emphasis is given to minimize the effort (volume/cost) on board level and the resulting system level considerations. A high level of system integration has been achieved, usually only external RAM's and FIFO's without any glue logic are required for a complete system.

/56/ De Lameillieure J.; Schamel G.: **A Transformation for the Calculation of Filter Pairs for Perfect Reconstruction in Subband Coding with Linequincunx Subsampling.** IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 10, no. 5, S. 972-975, Juni 1992.

**Kurzfassung:** For a feasible calculation of filters for

the sub-band coding of picture sequences with linequincunx-subsampling, a coordinate transformation of the sampling raster is proposed in this contribution. With the new coordinates, the linequincunx-subsampling becomes a simple quincunx subsampling without interlace, and this facilitates the mathematical derivation of three-dimensional perfect reconstruction filters.

/57/ De Lameillieure J.; Schamel G.: **Diamond-shaped Passband Filters with a cascade structure for subband coding.** Proc. Conf. Image Processing and Applications, IEE, S. 470-473, Maastricht, Apr. 1992.

**Kurzfassung:** The subband coding with diamond-shaped passband filters and quincunx subsampling requires non-separable filters. This contribution presents a new type of filter bank with a cascade structure. It gives a perfect reconstruction just like the other filter banks with a cascade structure presented by Vetterli, Kovacevic and LeGall. On top of that, the filter bank is symmetrical with respect to the main axes (axis  $f_x=0$  and axis  $f_y=0$ ) and to the main diagonal axes ( $f_x = \pm f_y$ ), which is not the case for the filter types presented by Vetterli, Kovacevic, and LeGall.

/58/ De Lameillieure, J.; Stammnitz P., Schamel, G.; Stenger, L.<sup>15</sup>; Knoll, A.<sup>15</sup>; Capodiferro, L.<sup>16</sup>; Bruyland, I.<sup>17</sup>; Simon, S.<sup>17</sup>; Feng, F.<sup>17</sup>; Van Eycken, L.<sup>18</sup>; Somogyi, Th.<sup>18</sup>: **Subband Coding at 140 Mbit/s of interlaced HDTV signals.** Signal Processing VI: Theories & Applications (Proc. EUSIPCO '92), Editors: Vandewalle, J. Boite, R.; Moonen, M.; Oosterlinck, A.: Eurasip, Elsevier Science Publishers B.V., Brüssel, Aug. 1992, S. 281-284.

**Kurzfassung:** This contribution is an overview of the research on subband coding within the COST 206 project. This research investigated the coding of HDTV at 140 Mbit/s.

/59/ Bruyland, I.<sup>17</sup>; De Lameillieure, J.; De Vriendt<sup>17</sup>, J.; D'Haeyer, J.<sup>17</sup>; Knoll, A.<sup>15</sup>: **Comparison of progressive, interlaced and quincunx-subsampled scanning for reversible predictive coding.** Signal Processing VI: Theories & Applications (Proc. EUSIPCO '92), Editors: Vandewalle, J.; Boite, R.; Moonen, M.; Oosterlinck, A.: Eurasip, Elsevier Science Publishers B.V., Brüssel, Aug. 1992, pp. 277-280.

**Kurzfassung:** This paper compares different scanning methods for reversible coding. The progressive scanning requires two times more pels to be transmitted than an interlaced or quincunx sequence. The correlation of the pels in a progressive sequence is however higher, such that coding techniques should be more ef-

<sup>15</sup> FI/FTZ Telekom, Darmstadt, FRG

<sup>16</sup> Fondazione Ugo Bordoni, Rom, I

<sup>17</sup> Universität Gent, B

<sup>18</sup> Katholische Universität Leuven, B



ficient. The total bit rate for a coded progressive sequence will therefore be less than two times the bit rate of a coded interlaced or quincunx sequence. This paper investigates how large this reduction can be in the case of predictive or transform coding.

/60/ De Lameillieure, J.; Schamel, G.: **Layer adaptive entropy coding of TV/HDTV subbands**. Proc. Int. Symp. Signals, Systems and Electronics, U.R.S.I., S. 823-826, Paris, Sept. 1992.

**Kurzfassung:** This proposal presents an algorithm for the entropy coding of quantized TV/HDTV subbands, in which the coding is adapted to the statistical properties of the subbands or layers. The subbands are coded by means of variable-length-codes (VLC) of the non-zero pel values and VLC of the runs of zero pel values. A two-state machine controls the switching between both codes. This does not require the transmission of any overhead information. The subbands or layers are divided in groups of similar statistical characteristics. Each group is coded with codebooks that are adapted to its layer characteristics. The subbands are coded in blocks, composed by pel values from each subband. This kind of block coding allows to exploit local statistical similarities of neighbouring subbands.

/61/ Schamel, G.: **Codierung für die digitale terrestrische HDTV-Übertragung**. Tagungsband der 15. Jahrestagung der FKTG vom 1.-5. Juni 1992, Berlin, S. 46-62.

**Kurzfassung:** Im Rahmen des Vortrags werden aktuelle Verfahren zur Kompression von Videosignalen erläutert. Dabei wird ausgehend von einem Zeilensprungsignal an erster Stelle eine Konversion des Signalformats auf 25 oder 50 Vollbilder durchgeführt. Dieser Schritt ist mit modernen Methoden der bewegungskompensierten Signalverarbeitung subjektiv störungsfrei durchführbar. Anschließend wird eine Zerlegung in Spektralanteile z.B. mit Hilfe einer Teilbandzerlegung oder mit Hilfe einer diskreten Cosinustransformation (DCT) durchgeführt. Für eine DCT-Lösung spricht, daß bereits Lösungen existieren und auch Chips auf dem Markt erhältlich sind; allerdings stößt die DCT schnell an die Grenzen seiner Anwendbarkeit. Die Teilbandzerlegung ist hier flexibler, da sie bei entsprechender Wahl der Filterkoeffizienten eine DCT realisieren kann und sich in der Regel Blockstrukturen vermeiden lassen, weil eine eindeutige Zuordnung zwischen Bildstrukturen im Orts- und Frequenzbereich möglich ist. Eine hybride, bewegungskompensierte Prädiktion der Spektralanteile nutzt anschließend die hohe, zeitliche Korrelation im Videosignal aus, indem das vergangene, decodierte Bild als Schätzbild für das aktuelle verwendet wird. Zusätzlich zu der prädiktiven Codierung wird eine interpolative Methode durchgeführt. Dabei werden Bilder in regelmäßigen Abständen weggelassen und im Empfänger bewegungskompensiert aus den benachbarten Bildern

interpoliert. Die interpolative Codierung ist der prädiktiven bezüglich der Codiereffektivität überlegen, da vergangene und zukünftige Bilder zur Prädiktion verwendet werden können. Nachteilig wirkt sich aber die längere Verzögerung im Empfänger aus, die den Einsatz von Bildspeichern erforderlich macht. Moderne Methoden der Entropiecodierung werden weiterhin benötigt, um die hohe Kompression zu erzielen. Anschließend wird eine Pufferung aller zu sendenden Daten durchgeführt, damit eine optimale Kanaladaptation erreicht wird. Im Vortrag werden weiterhin die Fragen "Hierarchische HDTV-Übertragung" und "Graceful degradation" bei nicht ausreichender Empfangsfeldstärke angesprochen.

/62/ Kauff, P.; Stammnitz, P.; Schäfer, R.: **A Codec for Digital Studio Recording**. Proc. of IBC 92, Amsterdam, July 92, pp. 112-116.

**Kurzfassung:** A DCT codec, which can be used for increasing the playing time of digital HD-VCRs, has recently been developed at HHI. As the DCT codec will be applied to professional studio recorders, several requirements had to be taken into account for designing the coding algorithm. These constraints as well as the corresponding features and the general structure of the VCR codec are explained in detail. Additionally, first simulation results concerning picture quality and transparency to post-production are presented.

/63/ Charatschwili, M.; Kauff, P.: **Concealment Techniques of a DCT Codec for HDTV Recording**. Proc. of ISSSE 92, Paris, Sept. 92, pp. 827-830.

**Kurzfassung:** The underlying paper describes temporal and spatial concealment techniques, which can be applied to intraframe DCT codecs at digital HDTV recorders. By using these algorithms the visibility of artefacts, which are caused by errors from the magnetic tape channel, can be reduced considerably.

/64/ Hedtke, R<sup>19</sup>; Kauff, P.; Schäfer, R.; Stammnitz, P.: **Ein experimenteller digitaler VCR für die datenreduzierte Magnetbandaufzeichnung von HDTV-Signalen**. Tagungsband der 15. Jahrestagung der FKTG, Berlin, Juni 92, S. 568-588.

**Kurzfassung:** In der zugrundeliegenden Veröffentlichung wird ein Experimentalsystem zur datenreduzierten Magnetbandaufzeichnung beschrieben, mit dem die effektive Spielzeit eines digitalen HDTV-Recorders verdoppelt werden kann. Dieses System basiert zum einen auf einem digitalen Recorder, der von der Firma BTS entwickelt wurde, und zum anderen auf einem im HHI entworfenen DCT-Codec, das speziell für die digitale Magnetbandaufzeichnung optimiert wurde.

/65/ Kauff, P.; Rauthenberg, S.; Ritter, R.; Charatschwili, M.; Hahn, M.: **An Improved Coding Scheme**



**for Studio Recording of Interlaced and Progressive HDTV Signals.** Proc. of International Workshop on HDTV, Kawasaki, Nov. 92, pp. 71-80.

**Kurzfassung:** This paper presents a DCT coding scheme, which is suitable for increasing the playing time of digital studio recorders. This codec can be used for the recording of both, interlaced and progressive HDTV signals. Different applications for production and archiving purposes are discussed.

/66/ Grüneberg, K.; Klein, H.; Nie, J.; Schüssler, J.F.; Stammnitz, P.: **Hardware implementation of the framestore and data rate control for a digital HDTV-VCR.** Proc. of International Workshop on HDTV, Kawasaki, Nov. 92, pp. 81-88.

**Kurzfassung:** In this paper a data rate control unit is described which makes sure that the data rate per frame is kept constant and an optimum distribution of quantization errors is guaranteed. Additionally a description of an HDTV framestore, which uses slow standard FIFOs, is given.

/67/ Höfker, U.; Stammnitz, P.: **VLC coder/decoder chip for digital HDTV recording.** Proc. of International Workshop on HDTV, Kawasaki, Nov. 92, pp. 451-454.

**Kurzfassung:** In this paper one main component of the data rate reduction procedure is described: A variable length coding and decoding chip, based on a 0,8  $\mu\text{m}$  CMOS gate array.

/68/ Schamel, G.: **Graceful Degradation and Scalability in Digital Coding for Terrestrial Transmission.** Proc. of International Workshop on HDTV, Kawasaki, Nov. 92, pp. 721-729.

**Kurzfassung:** Digital coding of TV and HDTV signals is one of the key issues of future all-digital terrestrial transmission systems. Due to the European UHF and VHF channel bandwidth of 7 to 8 MHz for broadcast application, high compression has to be obtained by combining digital coding and digital modulation techniques. However, the latter is restricted due to channel noise. Therefore, digital coding of HDTV with bitrates between 20 and 35 Mbit/s must be achieved. We propose to use an MPEG like coding system with predictive and bidirectional modes. However, the hybrid structure must be modified in some parts to cope with some special problems which occur in terrestrial transmission systems. These modifications are currently under discussion in MPEG and may be included in the available syntax of the bitstream.

Firstly, graceful degradation is mentioned. In the case of high channel noise occurring in areas where receivers are not close to the terrestrial transmitter, the image quality after digital decoding may suffer from the resulting high bit-error rate. In the worst case, a complete fall-out of the image may result. A soft decrease of the image quality can be obtained by slightly modi-

fying the coding algorithm. Important information like intra-pictures, motion vectors and DC coefficients has to be protected very carefully. Frequency scanning methods are proposed which exploit both the frequency and the amplitude domain at the same time. With that, a further trade-off between loss of resolution in frequency domain (spatial and/or temporal) and in amplitude domain is possible.

Secondly, the digital hierarchy between TV and HDTV is mentioned: Each TV receiver should be able to take some of the bits of the HDTV channel, decode them with simple hardware and result in reasonable TV-pictures.

/69/ Schäfer, R. et al.: **Flexible Bit Rate Coding for Satellite Transmission of HDTV.** Proc. of International Workshop on HDTV, Kawasaki, Nov. 92, pp. 67/1-11.

**Kurzfassung:** This paper describes coding schemes for HDTV with flexible bit rates between 34 and 70 Mbit/s. DCT and subband schemes have been investigated and compared and finally a DCT scheme based on a modified ETSI-codec (CCIR-Rec. 723) has been selected for hardware implementation balancing coding performance, hardware complexity and time constraints.

This codec is part of a satellite transmission system for HDTV contribution, which adapts its user bit rate automatically to the actual transmission conditions.

/70/ Gerhard-Mulhaupt, R.; Brinker, W.; Ehrke, H.-J.; Fiedler, H.-L.<sup>20</sup>; Melcher, R.<sup>20</sup>; Molzow, W.-D.; Przyrembel, G.; Roeder, H.; Wirges, W.: **Active-Matrix-Addressed Deformable Elastomer Layers with Schlieren Optics: New and Improved Technologies for an Old Light-Valve Concept.** CLEO '92, OSA Technical Digest Series, Volume 12 (OSA 1992), pp. 404-407.

**Kurzfassung:** Active-matrix-addressed metallized viscoelastic control layers used in a schlieren-optical dark-field projection system are investigated. Layer fabrication, active-matrix and optical-system design, light-valve experiments, and possible applications are discussed.

/71/ Melcher, R.<sup>20</sup>; Budde, W.<sup>20</sup>; Fiedler, H.-L.<sup>20</sup>; Stuch, D.<sup>20</sup>; Zimmer, G.<sup>20</sup>; Molzow, W.-D.; Gerhard-Mulhaupt, R.: **Active-Matrix-Addressed Deformable-Elastomer-Layer Light-Valve Projection: Active Matrix and Electronics.** Digest, SID '92 International Symposium (SID 1992), pp. 447-450.

**Kurzfassung:** Monolithic active matrices for light-valve application were fabricated using silicon CMOS technology. Features are signal-handling capabilities of 30V, optimized surface planarity, and excellent



light immunity. The on-chip addressing circuitry exceeds television requirements. Results for small matrices are presented; larger versions (up to standard television) are under development.

/72/ Gerhard-Mulhaupt, R.; Brinker, W.; Ehrke, H.-J.; Przyrembel, G.; Roeder, H.; Tepe, R.; Wirges, W.: **Active-Matrix-Addressed Deformable-Elastomer-Layer Light-Valve Projection: Control Layer and Optics.** Digest, SID '92 International Symposium (SID 1992), pp. 451-454.

**Kurzfassung:** Active-matrix-addressed metallized viscoelastic control layers modulate the readout light in a schlieren-optical dark-field projection system, which transforms the phase modulation into an intensity modulation. Control-layer preparation and investigation, optical-system design and construction, and light-valve resolution, brightness, long-term stability, and elevated-temperature operation are discussed.

/73/ Gerhard-Mulhaupt, R.; Röder, H.: **Lichtventilprojektion mit viskoelastischen Steuerschichten: Eine mögliche Alternative zu Flüssigkristall-Lichtventilprojektoren.** Tagungsband, 15. FKTG-Jahrestagung, Teil 2 (FKTG 1992), S. 802-817.

**Kurzfassung:** Die Funktionsweise eines Lichtventilverfahrens mit Beugungselementen sowie die dabei zum Einsatz kommenden Technologien werden kurz erläutert. Es wird gezeigt, daß die im Rahmen der Forschung zu klärenden Probleme z.B. der Steuerschichtverformung und der Lichtempfindlichkeit im wesentlichen gelöst werden konnten. Weiterhin wird der vorgeschlagene Ansatz im Vergleich mit anderen bereits verfügbaren oder vorgeschlagenen Lichtventil-Projektionsverfahren diskutiert. Die vorgestellte Technologie beruht auf dem Einsatz von verspiegelten viskoelastischen Schichten (3-5 Mikrometer Silikon-Gel + Zwischenschicht + Aluminium- oder Silberelektrode) als Beugungselementen in einem Dunkelfeld-Projektions-system. Für jede der drei Grundfarben ist ein in Reflexion betriebenes Steuerelement vorgesehen, das von einer aktiven Matrix in Silizium-CMOS-Technologie elektrisch angesteuert wird. Im Gegensatz zur inzwischen weit verbreiteten Flüssigkristall-Technologie erfolgt die Lichtsteuerung nicht durch Polarisationsdrehung, sondern durch Beugung an der verformbaren Spiegelelektrode, und die Ansteuerung wird nicht durch Dünnschichttransistoren auf Glas, sondern durch mikroelektronische CMOS-Schaltungen auf einem Silizium-Chip bewerkstelligt. Nachteile dieses Ansatzes sind vor allem in der ungewöhnlichen Steuerschicht-Technologie und in der noch ungeklärten Ausbeute großflächiger Silizium-Chips (Matrixflächen von bis zu etwa 25 cm<sup>2</sup>) zu sehen; Vorteile ergeben sich unter anderem daraus, daß auch die Spaltentreiber auf demselben Chip integriert werden können, sowie aus der Möglichkeit, zu sehr hellen Bildern mit kontinuierlichen Grau- und Farbwerten zu kommen.

/74/ Sessler, G. M.<sup>21</sup>; Das-Gupta, D. K.<sup>22</sup>; DeReggi, A.S.<sup>23</sup>; Eisenmenger, W.<sup>24</sup>; Furukawa, T.<sup>25</sup>; Giacometti, J.A.<sup>26</sup>; Gerhard-Mulhaupt, R.: **Piezo- and Pyroelectricity in Electrets: Caused by Charges or Dipoles or Both?** IEEE Transactions on Electrical Insulation Volume EI-27 (1992), pp. 872-897.

**Kurzfassung:** The very lively and stimulating discussion on the last day of the 7th International Symposium on Electrets was transcribed and edited from an audio tape in order to obtain a readable text. The topic of this session has been discussed for the past twenty or thirty years, but the discussion got more intense during the past ten years or so. After a few general comments on the question of piezo- and pyroelectricity in electrets by the chairman, the panelists and later on the audience discussed these problems in more detail.

/75/ Gerhard-Mulhaupt, R.: **Contributors to the Early Investigation of Electrical Phenomena: Additional Biographies.** IEEE Transactions on Electrical Insulation Volume EI-27 (1992), pp. 898-907.

**Kurzfassung:** Seven biographies complement and complete the series published last year; again, they were compiled from several sources cited at the end of the respective biography. A complete chronological listing of all scientists, whose biographies are included in the two-part series, is found in a Table. It illustrates the large number of contemporaries from all over Europe and from America who contributed to electrical science in the eighteenth century.

/76/ Gerhard-Mulhaupt, R.; Eberle, G.<sup>24</sup>; Xia Zhong-fu<sup>21</sup>; Yang Guomao<sup>21</sup>; Eisenmenger, W.<sup>24</sup>: **Electric-field profiles in corona- or electron-beam-charged and thermally treated Teflon PTFE, FEP, and PFA films.** 1992 Ann. Rep., IEEE CEIDP (IEEE 92), pp. 61-66.

**Kurzfassung:** Charge spreading in three different types of Teflon electrets was studied by means of Piezoelectrically generated Pressure Steps. FEP and PFA samples corona-charged at room temperature usually exhibit only a surface charge layer. Uniform charge spreading throughout the bulk is found in FEP charged at or heated to high temperatures. Charge spreading was much less prominent in PFA because of a smaller retrapping efficiency. In PTFE, charges from the surface and the rear electrode are injected into the bulk already during charging at any temperature. Electron-beam-deposited charge layers broadened significantly upon heating.

21 Institut für Übertragungstechnik und Elektroakustik der Technischen Hochschule Darmstadt, FRG

22 School of Electronic Engineering Science, University of Wales, Bangor, Gwynedd, UK

23 Polymers Division, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, Maryland, USA

24 Physikalisches Institut der Universität Stuttgart, FRG

25 Department of Chemistry, Science University of Tokyo, Japan

26 Instituto de Física e Química, Universidade de Sao Paulo, Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil



/77/ Röder, H.; Molzow, W.-D.; Gerhard-Mulhaupt, R.: **Aktive Silizium-Ansteuermatrizen, verspiegelte viskoelastische Steuerschichten und farbraugliche Dunkelfeldsysteme für die Lichtventil-Großbildprojektion.** Konferenzband, Electronic Displays '92 (Network 1992), pp. 68-73.

**Kurzfassung:** Die Funktionsweise eines Lichtventilverfahrens mit Beugungselementen sowie die dabei zum Einsatz kommenden Technologien werden kurz erläutert. Das vorgestellte Verfahren beruht auf dem Einsatz von verspiegelten viskoelastischen Schichten (3-5 Mikrometer Silikon-Gel + Zwischenschicht + Aluminium- oder Silberelektrode) als Beugungselementen in einem Dunkelfeld-Projektionssystem. Für jede der drei Grundfarben ist ein solches in Reflexion betriebenes Steuerelement vorgesehen, das von einer aktiven Matrix in Silizium-CMOS-Technologie elektrisch angesteuert wird.

/78/ Börner, R.: **Design of lenticular screens and its application to various 3D systems.** Seiken Symposium, Vol. 8, Februar 1992, Tokyo, S. 57-62, und Börner, R.: **Autostereoscopic lenticular systems.** IEE, Digest No. 1992/173, London, S. 2/1 - 2/5.

**Kurzfassung:** Since 7 years, research on lenticular methods for autostereoscopic multichannel front projection systems is carried out at the Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik, Berlin, Germany. A special optical design of screens was used to increase selectivity. Now a new type of pitch corrected lens screen will be introduced. In addition a rear projection type of optical corrected screen is being developed and a similar type of screen for a direct view EL-Display, both useful for short viewing distance, will be explained.

/79/ Börner, R.; Kroone, P.M.M.: **Autostereoscopic 3D-systems by lenticular methods.** TILE, Conf. proc., June 1992, Maastrich/Niederlande, S. 100-107.

**Kurzfassung:** This contribution is a report about the research activities of a five years project on 3D-imaging. With regard to future 3D-systems, the Heinrich-Hertz-Institut is pursuing the autostereoscopic concept only. The stereograms are discrete, and can be remedied to a certain extent by carefully choosing stereoscopic parameters for the imaging process and by the use of interocular images with optically corrected raster screens. A nine-channel video system for three-dimensional TV with nine pictures taken and projected has been constructed and research was carried out on colour video systems using multiplexing techniques. Present research is done in the improvement of a large size lenticular screen and the construction of a photographic multichannel projector leading to a future lightvalve unit. Parallel to these activities an autostereoscopic direct view display and a rearprojection colour video system plus overhead rearprojection will be constructed.

/80/ Venghaus, H.; Bornholdt, C.; Kappe, F.; Nolting, H.-P.; Weinert, C.M.: **Meander Coupler Type Filters for Dense Wavelength Division Multiplex Systems.** Tagungsband, Optical Fiber Communication Conf. (OFC '92), San José, California, USA, 3.-7.2.1992, OSA Techn. Dig. Series, Vol. 5, S. 127.

**Kurzfassung:** Improvements of a recently developed wavelength multiplexer/demultiplexer are presented. Side lobes of the  $\text{sinc}^2(\lambda)$ -type characteristics are suppressed by weighted coupling, a vertical architecture is analysed theoretically, 1 nm filter halfwidth is expected for corresponding devices.

/81/ Unterbörsch, G.; Trommer, D.; Bach, H.-G.; Kappe, F.; Umbach, A.; Venghaus, H.: **Receiver OEIC on InP with Integrated 1.3  $\mu\text{m}$ /1.5  $\mu\text{m}$  Wavelength Demultiplexer.** Tagungsband, Optical Fiber Communication Conf. (OFC '92), San José, California, USA, 3.-7.2.1992, OSA Techn. Dig. Series, Vol. 5, S. 237.

**Kurzfassung:** An InP-based subscriber OEIC comprising a detector stage and a wavelength routing section is presented, which was successfully operated in a 1.3  $\mu\text{m}$ /1.5  $\mu\text{m}$  bidirectional transmission link. The optical sensitivity of the module was -21 dBm at 576 Mbit/s (BER =  $10^{-9}$ ).

/82/ Umbach, A.; Kayser, O.<sup>27</sup>; Trommer, D.; Unterbörsch, G.: **Butt-Coupled PIN Photodiode on InP Using Selective Refill MOVPE Growth.** Tagungsband, Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), New Orleans, LA, USA, 13.-15.4.1992, S. 120-121.

**Kurzfassung:** Photodiode waveguide butt-coupling was accomplished by selectively refilling dry etched recesses in a InGaAsP:Fe layer with InGaAs. Pin photodiodes exhibited a 3 dB bandwidth of 8 GHz.

/83/ Agrawal, N.; Bornholdt, C.; Franke, D.; Hoffmann, D.; Kappe, F.; Li, K.C.; Clemens, U.<sup>28</sup>; Berger, L.<sup>28</sup>; Wegener, M.<sup>28</sup>: **Electro-Absorptive Optical Modulation by Wannier-Stark Localization in an InGaAs/InGaAsP Superlattice.** Tagungsband, Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), New Orleans, LA, USA, 13.-15.4.1992, S. 62-63.

**Kurzfassung:** We demonstrate for the first time electro-absorptive optical modulation by Wannier-Stark localization in an InGaAs/InGaAsP superlattice grown by metalorganic vapor phase epitaxy.

/84/ Nolting, H.-P.: **Theoretical Investigation on Coupling Behaviour of Semiconductor/Glas Meander Coupler.** Tagungsband, Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), New Orleans, LA, USA, 13.-15.4.1992, S. 130-131.



**Kurzfassung:** The coupling behaviour of a square meander coupler as narrowband (0.1 nm FWHM) wavelength sensitive multiplexer/demultiplexer based on the InGaAsP/InP-glass material system is investigated. A strong influence of the substrate thickness is discussed.

/85/ Schmidt, F.<sup>29</sup>; Nolting, H.-P.: **An Adaptive Approach to a Beam Propagation Method.** Tagungsband, Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), New Orleans, LA, USA, 13.-15.4.1992, S. 302-303.

**Kurzfassung:** A Beam Propagation Method with an adaptive discretization of a 1D cross section, based on the paraxial wave equation, is presented.

/86/ Weinert, C.M.; Heidrich, H.: **Vectorial Simulation of Passive Mode Converter Devices on InP.** Tagungsband, Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), 13.-15.4.1992, New Orleans, LA, USA, S. 84-85.

**Kurzfassung:** Polarization rotation in mode converters fabricated by periodically arranged tilted waveguides or periodic loading of the rib is explained by two-dimensional vectorial Finite-Difference calculations.

/87/ Schlak, M.; Albrecht, P.; Heidrich, H.; Nolting, H.-P.; Reier, F.: **Electro-Optically Tunable General Polarization Transformer on GaInAsP/InP Using 'Analog' and 'Digital' Control Voltage Patterns.** (Poster), Tagungsband, Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), 13.-15.4.1992, New Orleans, LA, USA, S. 44-45.

**Kurzfassung:** Electro optically tunable polarization transformers have been fabricated on (001)-InP substrate. For practical use the control voltage could be verified using "digital" control voltage patterns.

/88/ Sztafka, G.: **A Bidirectional Propagation Algorithm for Large Refractive Index Steps and Systems of Waveguides Based on the Mode Matching Method.** Tagungsband, Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), New Orleans, LA, USA, 13.-15.4.1992, S. 134-135.

**Kurzfassung:** A propagation algorithm is presented based on Mode-Matching (satisfying Maxwell's boundary conditions) at longitudinal discontinuities for forward and backward travelling eigenwaves including discretized radiation modes.

/89/ Nolting, H.-P.: **Theory of Square Meander-Type Couplers.** (Postdeadline Paper), Tagungsband 'Postdeadline Papers', Integrated Photonics Research Topical Meeting (IPR '92), New Orleans, LA, USA, 13.-15.4.1992, S. 46-49.

**Kurzfassung:** This theory calculates coupling effi-

ciency, period length, dispersion behaviour etc. on the basis of the eigenmodes of the asymmetrical coupler using mode matching at the boundaries.

/90/ Trommer, D.; Bornholdt, C.; Stenzel, R.; Umbach, A.; Unterbörsch, G.: **Integrated Balanced Mixer Receiver on InP.** Tagungsband, 4th Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Newport, Rhode Island, USA, 20.-24.4.1992, IEEE Catalog '92 CH 3104-7, S. 250-253.

**Kurzfassung:** In this paper, we present for the first time a balanced mixer receiver OEIC comprising an optical mixer, a balanced detector and a low noise electrical preamplifier stage. A current gain of 13 dB and a 3 dB bandwidth of 900 MHz were obtained. A low equivalent input noise current density of  $8 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$  was demonstrated. The common mode rejection ratio remains below -30 dB over the entire receiver bandwidth.

/91/ Beccard, R.<sup>27</sup>; Beuven, S.<sup>27</sup>; Heime, K.<sup>27</sup>; Harde, P.; Schmalz, R.<sup>30</sup>: **Growth of Semi-Insulating InP:Fe in a Low-Pressure Hydride VPE System Using Elemental Iron and Ferrocene as Dopant Sources.** Tagungsband, 4th Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Newport, Rhode Island, USA, 20.-24.4.1992, IEEE Catalog '92 CH 3104-7, S. 117-120.

**Kurzfassung:** For the fabrication of optoelectronic integrated circuits epitaxially grown InP:Fe is an important material. Due to its semi-insulating properties it can be used for high quality buffer layers and for the regrowth of device structures. We investigated the growth of InP:Fe in a low pressure hydride VPE system. This system offers high growth rates allowing the growth of thick buffer layers. Additionally, selective growth of InP for regrowth applications has also been performed successfully. In this study we report the growth of iron doped InP in the LP-VPE system. The organic iron source ferrocene is compared with the elemental iron source which is commonly used in VPE systems.

/92/ Künzel, H.; Grote, N.; Albrecht, P.; Böttcher, J.; Bornholdt, C.: **High Resistivity, Low Loss InGaAlAs/InP Optical Waveguides Grown by Low-Temperature MBE.** Tagungsband, 4th Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Newport, Rhode Island, USA, 20.-24.4.1992, IEEE Catalog '92 CH 3104-7, S. 147-150.

**Kurzfassung:** This work presents a study on material properties relevant to optical waveguides of MBE grown InGaAlAs ( $\lambda_g = 1.06 \mu\text{m}$ ) layers lattice-matched to InP. In particular, the impact of the substrate temperature was investigated. We demonstrate that by proper choice of this growth parameter

27 Institut für Halbleitertechnik, RWTH Aachen, FRG

30 Aixtron GmbH, Aachen, FRG



waveguide structures can be grown without intentional doping which concomitantly exhibit low optical losses and high electrical resistivity. Furthermore, from the modal behaviour the refractive index at the wavelength of 1.55  $\mu\text{m}$  was estimated.

/93/ Hoenow, H.; Bach, H.-G.; Böttcher, J.; Gueissaz, F.<sup>31</sup>; Künzel, H.; Scheffer, F.<sup>32</sup>; Schramm, C.: **Deep Level Analysis of Si-Doped MBE Grown AlInAs Layers.** Tagungsband, 4th Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Newport, Rhode Island, USA, 20.-24.4.1992, IEEE Catalog '92 CH 3104-7, S. 136-139.

**Kurzfassung:** AlInAs layers lattice matched to InP were grown by molecular beam epitaxy (MBE). To assess the influence of the MBE growth temperature  $T_g$  on the layer quality  $T_g$  was varied in the range of 200 to 580°C. The Schottky contact quality and the deep level properties were studied by capacitance-voltage (C-V) and current-voltage (I-V) measurements and by deep level transient spectroscopy (DLTS), respectively. Two specific electron traps were detected. A correlation between the growth temperature and the trap concentration has been established. These two traps, labelled TDE 1 and TDE 2, also appeared in AlInAs material grown by different MBE and MOVPE (metal-organic vapor phase epitaxy) equipment.

/94/ Heedt, C.<sup>32</sup>; Gottwald, P.<sup>32</sup>; Buchali, F.<sup>32</sup>; Prost, W.<sup>32</sup>; Künzel, H.; Tegude, F.J.<sup>32</sup>: **On the Optimization and Reliability of Ohmic- and Schottky Contacts to InAlAs/InGaAs HFET.** Tagungsband, 4th Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, Newport, Rhode Island, USA, 21.-24.4.1992, IEEE Catalog '92 CH 3104-7, S. 238-241.

**Kurzfassung:** In this work performance and reliability issues of contacts to lattice matched HFETs grown by MBE on InP are addressed. Based on the idea that both Ni and Ge should be very close to the semiconductor surface a novel Au-Ge-Ni superlattice ohmic-contact metallization has been developed ( $R_c < 0.1 \Omega \text{mm}$ ). The leakage current of reverse biased Schottky-contacts is studied experimentally and theoretically. By both methods it will be shown that the undoped barrier layer thickness has a superior influence in comparison to the barrier height  $\Phi_B$ . If Schottky-contacts were thermally stressed in atmosphere ( $T = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a dramatic increase of leakage is observed while the barrier height  $\Phi_B$  remains unchanged.

/95/ Nolting, H.-P.: **Theory of Square Meander-Type Couplers.** Tagungsband, COST 240 Workshop "Tunable Lasers and Tunable Filters", Rom, Italien, 4.5.1992.

**Kurzfassung:** This theory calculates coupling effi-

ciency, period length, dispersion behaviour etc. on the basis of the eigenmodes of the asymmetrical coupler using mode matching at the boundaries.

/96/ Sztafka, G.; Paraskevopoulos, A.: **Theoretical Investigation of Transverse Mode Characteristics of Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers.** Tagungsband, Conf. on Lasers and Electro-Optics (CLEO '92), Anaheim, California, USA, 10.-15.5.1992, S. 424-427.

**Kurzfassung:** The transverse mode characteristics of the SQW-GaAs index-guided VC-Laser structure ( $\lambda = 950 \text{ nm}$ ) are investigated. The large refractive index step, three-dimensional problem is solved by a fast two-step algorithm. Dense modal wavelength positioning and a strong influence of absorption at the structure edges are demonstrated.

/97/ Agrawal, N.; Franke, D.; Grote, N.; Reier, F.W.; Schroeter-Janßen, H.: **MOVPE Growth and Characterization of InGaAs/In(GaAs)P and InGaAsP/InP/InAlAs Multi-Quantum-Well Structures for Electro-Optic Switching Devices.** Tagungsband, 6th Int. Conf. on Metalorganic Vapor Phase Epitaxy (IC-MOVPE-VI), Cambridge, Mass., USA, 8.-11.6.1992, J. Crystal Growth, Vol. 124 (1992), S. 610-615.

**Kurzfassung:** We report on MOVPE growth and characterization of InGaAs/In(GaAs)P and InGaAsP/InP/InAlAs multi-quantum-well structures for electro-optic switching devices, which require abrupt compositional and doping interfaces. Strongly coupled InGaAs/InP Wannier superlattices with a large number of periods show excellent photoluminescence quality and surface morphology. In addition, band-filling effects with very low leakage current density are demonstrated by incorporating InAlAs barrier layers into InGaAsP/InP modulation doped electron transfer structures.

/98/ Künzel, H.; Böttcher, J.; Gibis, R.; Hoenow, H.<sup>33</sup>; Heedt, C.<sup>32</sup>: **Low-Temperature MBE of AlGaInAs Lattice-Matched to InP.** Tagungsband, 7th Int. Conf. on Molecular Beam Epitaxy (VII MBE), Schwäbisch Gmünd, 24.-28.8.1992, in J. Crystal Growth (im Druck).

**Kurzfassung:** Low temperature growth of AlGaInAs on InP is limited by the incorporation of excess arsenic. Reduction of growth temperature and increase of the Al-content result in an enhancement of the material resistivity. The specific resistivity is correlated with incorporation of deep traps.

/99/ Passenberg, W.; Bach, H.G.; Böttcher, J.; Künzel, H.: **On the Potential of  $\delta$ -Doping for AlInAs/GaInAs HEMTs Grown by MBE.** Tagungsband, 7th Int. Conf. on Molecular Beam Epitaxy (VII MBE), Schwäbisch Gmünd, 24.-28.8.1992, in J. Crystal Growth (im Druck).

31 Institute de Micro- et Optoelectronique, Lausanne, CH

32 Universität Duisburg, FRG

33 Humboldt-Universität, Berlin, FRG



**Kurzfassung:** A theoretical and experimental comparison of homogeneously doped and  $\delta$ -doped electron supply regions in AlInAs/GaInAs HEMT structures is presented providing optimized design parameters. The electrical material characteristics in dependence of the doping sheet concentration are assessed. Minimization of the HEMT sheet resistivity is attained by variation of the channel/ $\delta$ -doping plane separation.

/100/ Künzel, H.; Bach, H.G.; Böttcher, J.; Nachtwei, G.<sup>33</sup>; Heide, S.<sup>33</sup>; Dickmann, J.<sup>34</sup>; Dämbkes, H.<sup>34</sup>: **Pseudomorphic Ga<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>As on InP for HEMT Structures Grown by MBE.** Tagungsband, 22nd Europ. Solid State Device Research Conf. (ESSDERC '92), Leuven, Belgien, 14.-17.9.1992, S. 329-332.

**Kurzfassung:** Material characteristics of strained MBE GaInAs layers on InP have been investigated in dependence of the In-content. Pseudomorphic AlInAs/GaInAs HEMT structures are grown and characterized with systematically increasing the In-content of the channel layer. Preliminary results on 0.25  $\mu$ m gate length devices are presented.

/101/ Sartorius, B.; Feiste, U.; Hörer, J.; Möhrle, M.; Molt, R.; Rosenzweig, M.: **Self-Pulsation at More than 20 GHz in InGaAsP/InP DFB Lasers.** Tagungsband, 13th IEEE Int. Semiconductor Laser Conf., Takamatsu, Japan, 21.-25.9.1992, Conf. Dig., S. 104-105.

**Kurzfassung:** Self-pulsating lasers are required as an optical clock for time recovery in all-optical signal processing. We investigated the potential of two-section DFB lasers for this application. We achieved the highest pulsation frequency published so far on InGaAsP/InP lasers.

/102/ Agrawal, N.; Reier, F.W.; Selber, H.; Bornholdt, C.; Weinert, C.M.; Li, K.C.; Franke, D.; Hoffmann, D.; Berger, L.<sup>28</sup>; Wegener, M.<sup>28</sup>: **Electroabsorption by Electron Transfer in Modulation Doped InGaAsP/InP/InAlAs Multiple Superlattices.** Tagungsband, 18th Eur. Conf. on Optical Communication (ECOC '92), Berlin, 27.9.-1.10.1992, Vol. 1, S. 213-216.

**Kurzfassung:** We demonstrate for the first time electroabsorption due to phase space filling by electron transfer in modulation doped InGaAsP/InP/InAlAs multiple superlattices grown by metalorganic vapor phase epitaxy.

/103/ Hamacher, M.; Heidrich, H.; Krüger, U.; Stenzel, R.; Bauer, J.G.<sup>1</sup>; Albrecht, H.<sup>1</sup>: **Hybrid Packaging of a Polarisation Diversity Waveguide OIC and**

**a High Speed Twin-Dual-Pin Photodiode OEIC Both Based on InP for Coherent System Application.** Tagungsband, 18th Eur. Conf. on Optical Communication (ECOC '92), Berlin, 27.9.-1.10.1992, Vol. 1, pp. 453-456.

**Kurzfassung:** We present a hybrid coherent receiver module including an InGaAsP/InP polarisation diversity waveguide OIC and a front-illuminated InGaAs twin-dual-pin-photodiode-OEIC. The operation of the module has been demonstrated in a heterodyne experiment yielding a bandwidth of more than 2.2 GHz.

/104/ Heidrich, H.; Albrecht, P.; Hamacher, M.; Nolting, H.-P.; Schroeter-Janßen, H.; Weinert, C.M.: **Passive Mode Converter with a Periodically Tilted InP/GaInAsP Rib Waveguide.** IEEE Photon. Technol. Lett., 4, pp. 34-36, 1992.

**Kurzfassung:** TE to TM converters with constant 45°-operation are a key component in OEICs for coherent optical system applications. A new passive TE/TM-mode converter with a laterally tilted rib waveguide fabricated on a stepped substrate is proposed and investigated. The conversion effect has been simulated using scalar and vectorial two-dimensional Finite Difference Methods. The device fabricated on (001)-InP/GaInAsP yields 45°-conversion with two subsequent elements of half the TE/TM-beatlength at an excess loss of 3 dB.

/105/ Weinert, C.M.; Heidrich, H.: **Vectorial Simulation of Passive Mode Converter Devices on InP.** Tagungsband, Top. Meeting on Integrated Photonics Research (IPR '92), 13.-15.4.1992, New Orleans (USA), Techn. Dig. Series Vol. 10, S. 84-85.

**Kurzfassung:** Polarization rotation in mode converters fabricated by periodically arranged tilted waveguides or periodic loading of the rib is explained by two-dimensional vectorial Finite-Difference calculations.

/106/ Hamacher, M.; Heidrich, H.; Reier, F.: **A Novel Fibre/Chip Coupling Technique with an Integrated Strain Relief on InP.** Tagungsband, 18th Eur. Conf. on Optical Communication (ECOC '92), Berlin, 27.9.-1.10.1992, Vol. 1, S. 537-540.

**Kurzfassung:** A novel fibre/chip coupling technique with a monolithically integrated strain relief allows direct insertion of fibres onto the semiconductor chip. The compact arrangement consists of a deeply etched v-groove in the InP-chip with a micro-cleaved waveguide facet.

/107/ Feiste, U.; Hörer, J.; Möhrle, M.; Sartorius, B.; Venghaus, H.: **Frequency Tuning Characteristics of Self-Pulsating Two-Section InGaAsP/InP DFB Lasers.** Tagungsband, 18th Eur. Conf. on Optical Communication (ECOC '92), Berlin, 27.9.-1.10.1992, Vol. 1, S. 245-248.

**Kurzfassung:** We present self-pulsating DFB lasers

1 Siemens AG München, FRG

28 Universität Dortmund, FRG

33 Humboldt-Universität Berlin, FRG

34 Daimler Benz AG, Ulm, FRG



with a wide current controlled tuning range of pulsation frequencies. Given the distribution of the fundamental frequency in different individual devices any frequency between some hundred MHz and GHz can be obtained.

/108/ Hüttl, B.; Müller, G.O.; Mach, R.; Fouassier, C.<sup>35</sup>; Benalloul, P.<sup>36</sup>: **Photoluminescence and Efficiency of Ce<sup>3+</sup> in SrS-Powders.** Tagungsband, Eur. Workshop on II-VI Semiconductors, Aachen, 2.-4.11.1992, Advanced Materials for Optics and Electronics (im Druck).

**Kurzfassung:** The luminescence efficiency of SrS:Ce powders in a doping range from 0.01 to 1.0 at% was investigated by photoluminescence decay studies. The radiative decay time of Ce<sup>3+</sup> in SrS was determined to be 27 ns. Information about the onset of the concentration quenching has been obtained. The inhomogeneous broadening of the emission band of samples with higher doping level has been investigated by site selective and time resolved spectroscopy.

/109/ Mach, R.; Müller, G.O.: **On the Mechanism of Electroluminescence in II-VI Compounds.** Tagungsband, Eur. Workshop on II-VI Semiconductors, Aachen, 2.-4.11.1992, Advanced Materials for Optics and Electronics (im Druck).

**Kurzfassung:** Mechanisms of color electroluminescence in alkaline earth sulfides are discussed, and it is shown, that they are the same as in ZnS:Mn, except for quantitative differences in the case of deposition of perfect enough films, and in the optical properties of the preferred dopants, Eu<sup>2+</sup> and Ce<sup>3+</sup>, with their orders of magnitude larger oscillator strengths. The main difference is not only in the dipole allowed transitions of these dopants, but also in the energetic location of their excited states, near to the conduction band edge. The first fact augments transfer processes to and from the dopants, the second permits more intense interaction with the band continua, especially, if tail states further reduce the distance. The loss induced by field ionization, however, is not essential in not too imperfect films.

/110/ Nolting, H.-P.; Gravert, M.: **A Novel Device Structure for Optical Switches.** Tagungsband, COST 240 Workshop, Athen, Griechenland, 9.-10.11.1992.

**Kurzfassung:** We have proposed and theoretical investigated a novel switch design, which is suitable for optical lossy material with high refractive index change by electro optical effects as e.g. MQW layers. The switch has a resonant and a digital state of operation. The cross talk is always low, even for switching ef-

fects, which are accompanied by changes of loss. To meet the fabrication tolerances of the resonant condition a tapered velocity design can be used. For extremely low cross talk an operation at cut off point is advisable.

/111/ Hoffmann, D.; Bornholdt, C.; Mekonnen, G.G.: **High-Speed Photonic Switches Based on MQW-Materials.** Tagungsband, COST 240 Workshop, Athen, Griechenland, 9.-10.11.1992.

**Kurzfassung:** High speed photonic switches require large electrorefraction. We investigated the optical and electrical characteristics of a novel electron transfer heterostructure. Waveguides fabricated from these layers show a differential phase shift of 80°/(Vmm).

/112/ Mach, R.; Müller, G.O.; Reinsperger, G.U.: **Dopants for Color Electroluminescence.** Digest of the Society for Information Display (SID) Meeting 1992, S. 367-370.

**Kurzfassung:** Various dopants for ZnS, CaS, and SrS are discussed, which give rise to emission in other spectral range than yellow, corresponding to the ZnS:Mn system.

/113/ Hamacher, M.; Heidrich, H.; Krüger, U.; Stenzel, R.; Bauer, J.G.<sup>1</sup>; Albrecht, H.<sup>1</sup>: **Coherent Receiver Front-End Module Including a Polarization Diversity Waveguide OIC and a High Speed InGaAs Twin-Dual-Pin Photodiode OEIC Both Based on InP.** IEEE Photonics Technology Lett., Vol. 4, No. 11 (1992), pp. 1234-1237.

**Kurzfassung:** The economic implementation of coherent optical systems requires practical integrated optical front-end receiver devices with reasonable degree of integration. As a precursor to such an OEIC we fabricated an InGaAsP/InP polarization diversity waveguide OIC including two TE/TM-mode splitters, two TE-filters, two 3 dB couplers and a planar front-illuminated InGaAs twin-dual-pin-photodiode-OEIC including two balanced pin photodiodes. The OIC depicts a TE/TM-mode separation of more than 13 dB, a 3 dB coupler imbalance of less than 10 %, and an intrinsic loss less than 2 dB. A single detector device shows a responsivity of 1.05 A/W at a wavelength of 1.55 µm, a total series resistance below 10 Ω, and a 3 dB bandwidth of more than 10 GHz. The O(E)ICs have been packaged in a versatile housing for system tests. The operation of the module has been demonstrated in a heterodyne experiment yielding a bandwidth of more than 2.2 GHz for the whole module.

/114/ Weinert, C.M.: **Three-Dimensional Coupled Mode Method for Simulation of Coupler and Filter Structures.** IEEE J. of Lightwave Technology, Vol. 10, No. 9 (1992), S. 1218-1225.

35 Lab. de Chemie du Solide du CNRS, Université Bordeaux I, F

36 Lab. d'Acoustique et d'Optique de la Matière Condensée, Université P. et M. Curie, Paris, F

1 Siemens AG, München, FRG



**Kurzfassung:** A numerical coupled mode method including cross power terms and employing the exact two-dimensional fields in the waveguide cross section is presented as an alternative to propagation methods. It avoids the limitations of the standard beam propagation method and is a fast method suited for simulation of couplers and filters which have no abrupt structural changes. The method is tested for couplers with weakly and strongly confined waveguides and for buried vertical couplers including feeding branches. The results show that full treatment of two-dimensional cross section is of special importance for design and simulation of waveguide devices for which the effective index approximation is no longer valid. The method enables fast simulation of the coupled intensity for a whole set of couplers as given by the mask pattern. Therefore, direct comparison of simulated results and measurement is possible. In addition, design rules for symmetrical couplers with feeding branches which have arbitrary power division are set up. The validity of the theory is tested by comparing the theoretical results to the results of a symmetrical coupler working as a  $1.3\ \mu\text{m}/1.55\ \mu\text{m}$  demultiplexer and to an asymmetrical meander type coupler both of which were fabricated on GaInAsP/InP.

/115/ Agrawal, N.; Hoffmann, D.; Franke, D.; Li, K.C.; Clemens, U.<sup>28</sup>; Witt, A.<sup>28</sup>; Wegener, M.<sup>28</sup>: **Electro-Optic Modulation by Electron Transfer in Multiple InGaAsP/InP Barrier, Reservoir, and Quantum Well Structures.** Applied Physics Lett., Vol. 61, No. 3 (1992), S. 249-251.

**Kurzfassung:** Recently, a novel optical modulator heterostructure has been introduced based on voltage controlled electron transfer from a reservoir to a closely spaced quantum well. It has proven to exhibit large absorptive and refractive modulation at high speed and low power dissipation. In order to achieve monolithic integration with the existing high quality InGaAsP/InP lasers for high bit-rate systems, it is crucial to implement such devices within the same material system. In this letter, we demonstrate for the first time, InGaAsP/InP electron-transfer modulators grown using metal-organic vapor phase epitaxy.

/116/ Künzel, H.; Böttcher, J.; Gibis, R.; Urmann, G.: **Material Properties of  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$  Grown on InP by Low-Temperature Molecular Beam Epitaxy.** Applied Physics Lett., Vol. 61, No. 11 (1992), S. 1347-1349.

**Kurzfassung:** Undoped  $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$  layers were grown by molecular beam epitaxy lattice matched to InP at substrate temperatures,  $T_s$ , in the range from  $100^\circ\text{C}$  to  $600^\circ\text{C}$ . X-ray diffraction indicated a widening of the vertical lattice parameter and a simultaneous increase of the arsenic content at low growth temperature.

The epitaxial layers were single-crystalline down to  $T_s = 125^\circ\text{C}$ . The room temperature residual carrier concentration and the related mobilities for layers grown below  $350^\circ\text{C}$  are strongly affected by  $T_s$ , whereas at  $77\ \text{K}$  an influence of  $T_s$  on these parameters can already be noticed at  $450^\circ\text{C}$ . At the very low growth temperatures the epitaxial layers show highly conductive behaviour attributed to defect induced ionized deep centers.

/117/ Künzel, H.; Grote, N.; Albrecht, P.; Böttcher, J.; Bornholdt, C.: **Low-Temperature MBE-Grown  $\text{In}_{0.52}\text{Ga}_{0.18}\text{Al}_{0.30}\text{As}/\text{InP}$  Optical Waveguides.** Electronics Lett., 28 (1992), S. 844-846.

**Kurzfassung:** MBE growth of  $\text{In}_{0.52}\text{Ga}_{0.18}\text{Al}_{0.30}\text{As}$  ( $\lambda_g = 1.06\ \mu\text{m}$ ) layers in the temperature range of  $400$ - $450^\circ\text{C}$  was demonstrated to give high-quality optical waveguides which not only exhibit low propagation losses of as low as  $0.5\ \text{dB/cm}$  at  $\lambda = 1.55\ \mu\text{m}$  but concomitantly also high resistivity of  $>10^4\ \Omega\text{cm}$ . The refractive index of  $\text{In}_{0.52}\text{Ga}_{0.18}\text{Al}_{0.30}\text{As}$  was estimated to be  $3.207 \pm 0.03$  at  $\lambda = 1.55\ \mu\text{m}$ .

/118/ Dickmann, J.<sup>34</sup>; Dämbkes, H.<sup>34</sup>; Nickel, H.<sup>15</sup>; Lösch, R.<sup>15</sup>; Schlapp, W.<sup>15</sup>; Böttcher, J.; Künzel, H.: **Influence of Surface Layers on the RF-Performance of AlInAs-GaInAs HFETs.** IEEE Microwave Guided Wave Lett., Vol. 2, No. 11 (1992), S. 472-474.

**Kurzfassung:** The influence of thickness and doping level of the GaInAs cap layer AlInAs-GaInAs-InP HFET structures on the dc- and RF-performance is systematically investigated. We compare three different approaches, the highly doped, the undoped cap layer, and the thin doped and therefore surface depleted cap layer. HFET devices with  $0.3\ \mu\text{m}$  gates have been processed. While all devices demonstrate  $f_T$ -values around  $80\ \text{GHz}$  distinct differences are observed for the  $f_{\text{max}}/f_T$  ratios between 1 (highly doped cap) over 1,3 (undoped cap) to 2,7 (surface depleted cap). The best  $f_{\text{max}}$  of  $240\ \text{GHz}$  is achieved for the new cap layer approach. A systematic investigation of the influence of the  $g_m/g_d$  and  $C_{gs}/C_{ds}$  ratios demonstrates the strong influence of a proper layout of the cap layer at the drain side of the gate region.

/119/ Pittroff, W.<sup>37</sup>; Bach, H.G.; Beister, G.<sup>37</sup>: **On the Numerical Modelling of Carrier Profiles in Isotype and Anisotype Heterojunction Devices.** Solid-State Electronics, Vol. 35, No. 6 (1992), S. 815-820.

**Kurzfassung:** Device optimization and measurement evaluation require accurate modelling of carrier distributions and related C-V characteristics. In this work a powerful numerical modelling procedure for Schottky contacted isotype heterostructures is reviewed and

15 FI/FTZ Telekom, Darmstadt, FRG

34 Daimler Benz AG, Ulm, FRG

37 Ferdinand-Braun-Institut, Berlin, FRG



used as a starting point for important extensions, which comprise the evaluation of pn-structures, the inclusion of thin counterdoped layers and the recharging of spatially distributed interface states across junction boundaries. The results obtained are checked successfully against analytical calculation procedures.

/120/ Möhrle, M.; Feiste, U.; Hörer, J.; Molt, R.; Sartorius, B.: **Gigahertz Self-Pulsation in 1.5  $\mu\text{m}$  Wavelength Multisection DFB Lasers**. IEEE Photonics Technology Lett., Vol. 4, No. 9 (1992), S. 976-978.

**Kurzfassung:** Self-pulsation in InGaAsP/InP multisection distributed feedback (DFB) lasers was generated reproducibly by adjusting appropriate injection conditions. Frequencies of up to some GHz were achieved. It was demonstrated that - in contrast to Fabry-Perot (FP) elements - no selective treatment of one section is required for creating the self-pulsation. It is concluded that the self-pulsation in DFB elements is of a different type than in FP elements.

/121/ Venghaus, H.; Bornholdt, C.; Kappe, F.; Nolting, H.-P.; Weinert, C.M.: **Meander-Type Wavelength Demultiplexer with Weighted Coupling**. Applied Physics Lett., Vol. 61 (1992), S. 2018-2020.

**Kurzfassung:** An experimental and theoretical investigation of meander-type wavelength demultiplexers with weighted coupling is reported. Numerical simulations have been performed combining a two-dimensional finite difference analysis and a suitably developed coupling mode method. Devices have been realized based on rib waveguides in GaInAsP/InP with filter center wavelengths around 1.3  $\mu\text{m}$ . With weighted coupling the  $\text{sinc}^2(\lambda)$ -type transmission characteristics of standard meander couplers change and the sidelobes of the latter devices are efficiently suppressed. We further show the determination of optimum weighted coupling for wavelength filters meeting given requirements with respect to channel separation, maximum allowable crosstalk and total device length.

/122/ Kulhanek, U.: **10 Jahre Integrierte Optik am Heinrich-Hertz-Institut Berlin**. "Reinraumtechnik", Vieweg-Verlag.

**Kurzfassung:** Weltweit werden an vielen Forschungsstätten große Anstrengungen unternommen, Chips für die zukünftige Nachrichtentechnik zu entwickeln, auf denen die Datenströme optisch verarbeitet werden. Mit Licht als Informationsträger läßt sich auf Grund der großen Bandbreite eine Vielzahl möglicher Nachrichtenkanäle für hochwertige Breitbanddienste unterbringen. Unter den deutschen Forschungseinrichtungen leistet das Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik in Berlin einen wichtigen Beitrag bei der Entwicklung zukünftiger Telekommunikationssysteme. Da sich die gesteckten Ziele nur auf der Grundlage der Integrierten Optik erreichen lassen, wurde vor 10 Jahren der gleichnamige Forschungsbereich gegründet.

/123/ Nolting, H.-P.; Sztefka, G.: **Eigenmode Matching and Propagation Theory of Square Meander-Type Couplers**. IEEE Photonics Technology Lett. (im Druck).

**Kurzfassung:** The coupling efficiency of square meander-type or grating-assisted codirectional couplers has been calculated so far by common coupled mode theory. This new theory calculated coupling efficiency, period length, dispersion behaviour etc. on the basis of the propagation of both eigenmodes of the asymmetrical coupler using mode matching at the boundaries, which can be described as a rotation between the two eigenmodes of the undisturbed waveguide. This method is very fast, simple, accurate and gives a good insight in the physical behaviour. Some examples verified by BPM calculations show the significance of this new theory.

/124/ Schmidt, F.<sup>29</sup>; Nolting, H.-P.: **Adaptive Multi-level Beam Propagation Method**. IEEE Photonics Technology Lett. (im Druck).

**Kurzfassung:** A Beam Propagation Method with an adaptive discretization of a 1D cross section and a longitudinal stepsize control is presented. In contrast to most approaches to a BPM that use an a priori fixed grid for the numerical discretization of the transversal optical field, our algorithm generates a space grid during the simulation depending on the geometry of the structure and on the actual computed field solution. In general, such adaptively generated grid is highly nonuniform. Furthermore an automatic stepsize control is introduced to complete the adaptive concept.

/125/ Weinert, C.M.; Heidrich, H.: **Vectorial Simulation of Passive TE/TM Mode Converter Devices on InP**. IEEE Photonics Technology Lett. (zum Druck angenommen).

**Kurzfassung:** Accurate calculations of polarization rotation at abrupt waveguide interfaces are performed by a vectorial two-dimensional Finite Difference scheme. It is shown that the small orthogonal component of the vector field in rib waveguides can play an important role in mode polarization rotation. Polarization rotation in mode converters fabricated on InGaAsP/InP by periodically arranged tilted waveguides or periodic loading of the rib are explained by these calculations and design rules for passive mode converter devices are given.

/126/ Rinaldi, R.<sup>38</sup>; Cingolani, R.<sup>38</sup>; Ferrara, M.<sup>38</sup>; Tapfer, L.<sup>39</sup>; Künzel, H.; Hase, A.: **Radiative Transitions in Quaternary In<sub>0.52</sub>Ga<sub>0.18</sub>Al<sub>0.30</sub>As Layers Grown by MBE**. J. of Appl. Phys. Vol. 73 (1993), S. 898-904.

<sup>29</sup> Konrad-Zuse-Zentrum, Berlin, FRG

<sup>38</sup> Universität Bari, I

<sup>39</sup> Centro Nazionale Ricerca Sviluppo Materiali, Mesagne, I



**Kurzfassung:** The structural and optical properties of MBE-grown  $\text{In}_{0.52}\text{Ga}_{0.18}\text{Al}_{0.30}\text{As}$  layers ( $E_g(300\text{K}) = 1.18\text{ eV}$ ), suitable for waveguide applications, have been studied by means of high-resolution X-ray diffraction, absorption, photoluminescence and high-excitation intensity photoluminescence spectroscopy. The combination of these techniques made possible the study of the free-exciton states and different impurity related transitions. A direct estimate of the exciton binding energy and of the spatial of the donor-acceptor pairs is given. Further, at high excitation intensities the formation of a dense electron-hole plasma is studied. The observed band-gap renormalization and increase of the chemical potential well agree with the calculated carrier density dependence.

/127/ Nachtwei, G.<sup>33</sup>; Heide, S.<sup>33</sup>; Künzel, H.; Passenberg, W.: **Diamagnetic Shift of Subbands and Quantum Hall Effect of Silicon  $\delta$ -Doped  $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$  Layers.** J. of Physics C (im Druck).

**Kurzfassung:** Magnetotransport investigations of Silicon  $\delta$ -doped  $\text{Ga}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{As}$  layers with different electron densities were performed in tilted magnetic fields up to 12T. The conduction electron of the samples showed two-dimensional behaviour determined by the dependence of the Hall coefficient on the tilt angle of the magnetic field. Several populated subbands could be identified by the normal and the diamagnetic Shubnikov-de Haas-effect.

/128/ Bornholdt, C.; Trommer, D.; Unterbörsh, G.; Bach, H.-G.; Kappe, F.; Passenberg, W.; Rehbein, W.; Reier, F.; Schramm, C.; Stenzel, R.; Umbach, A.; Venghaus, H.; Weinert, C.M.: **Integrated Wavelength Demultiplexer-Receiver on InP.** Applied Physics Lett., Vol. 60, No. 8 (1992), S. 971-973.

**Kurzfassung:** A detector stage comprising a photodiode, a field-effect transistor, and a load resistor, and a wavelength demultiplexer have been monolithically integrated in the  $\text{GaInAsP/InP}$  material system. Chips were mounted into complete modules and operated in a  $1.3\ \mu\text{m}/1.55\ \mu\text{m}$  bidirectional transmission link. At 576 Mbit/s and  $10^{-9}$  bit error rate at the sensitivity of the module was  $-21\ \text{dBm}$ , while the intrinsic sensitivity of the receiver was determined to be  $-28\ \text{dBm}$ .

## Berichte

/129/ Heydt, G.; Demeester, P.<sup>7</sup>; Eberg, A.<sup>1</sup>; Khoe, G.D.<sup>6</sup>; Rawsthorne, J.<sup>4</sup>: **Fifth R1010 Report on CMC Broadband Customer Access - Potential, Progress and Performance.** Sept. 1992.

**Kurzfassung:** The report is the last one since the R1010 has been completed at the end of 1992 according to RACE Phase I. The progress and the status of CMC-techniques are summarized and an assessment of the R1010 demonstrator is given. General issues like fibre transmission capacity, heterodyne versus direct detection, impact of fibre non-linearities, viability and economic aspects are discussed and CMC implementation examples for TV/HDTV distribution also including fibre sharing, time multiplexed channels and PAY-TV are presented.

/130/ Bachus, E.J.; Borges, I.<sup>8</sup>; Demeester, P.<sup>7</sup>; Eberg, A.<sup>1</sup>; Heydt, G.; Khoe, G.D.<sup>6</sup>; Labrujere, A.<sup>9</sup>; Mikulski, B.; Rawsthorne, J.<sup>4</sup>: **First R2065 Report on COBRA - Flexible Broadband Networks Principles, Requirements and Implementation Examples - A Strategy.** Sept. 1992.

**Kurzfassung:** The report is the first one on the R2065 project COBRA (Coherent Optical Systems Implemented for Business Traffic Routing and Access) which has started with RACE Phase II in January 1992. The principles, the goal and the key issues of the project are described. COBRA benefits from the three major advantages of CMC techniques: high total transmission capacity, multi-accessibility and flexible allocation of optical carriers. In accordance with the RACE Phase II objectives COBRA is mainly a user oriented project.

Four demonstrators are planned using CMC technology covering all segments (core-, access-, customer network) of a broadband network in the business environment: A 140 Mbit/s video-conferencing field trial at CET in Portugal, a flexible HDTV multi-gigabit connection at BBC, a BCPN to Local Exchange connection including ATM at Dutch PTT and a Reconfigurable Node for Transit Exchanges at Philips Research.

/131/ Bachus, E.-J.; Braun, R.-P.; Caspar, C.; Foisel, H.-M.; Keil, N.; Strelbel, B.; Yao, H.H.: **Frequenzmultiplex-Techniken für die kohärente optische Breitbandübermittlung.** Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben FI-St-3 B 1392/5, 1992.

1 Siemens AG, München, FRG

4 GEC-Marconi Materials Technology, Caswell, UK

6 Philips Research Laboratory, Eindhoven, NL

7 IMEC-Laboratory of Electromagnetism and Acoustics, Gent, B

8 Centro de Estudos de Telecomunicacoes, Aveiro, P

9 PTT Research, Leidschendam, NL



**Kurzfassung:** In diesem Projekt sollte untersucht werden, inwieweit optische Frequenzmultiplexsysteme hoher Kanalzahl künftig für Breitband-Dialogdienste eingesetzt werden können. So wurde ein Systemkonzept für ein Integriertes Breitband Netz (IBN) auf der Basis einer optischen Trägerfrequenzvermittlung entworfen und Vermittlungsexperimente durchgeführt. Kanalfilter in Fasertechnologie und optisch optische Frequenzumsetzer standen im Vordergrund. Frequenzumsetzung konnte am DFB-Laser unterhalb der Schwelle und im injektionsgelockten Betrieb gezeigt werden.

Weitere Untersuchungen galten dem DFB-Laser als optisches Gatter, der Stabilisierung optischer Träger und Kanalfilter sowie der Entwicklung eines Phasenschaufelungsverfahrens. Vermittlungsexperimente wurden durchgeführt an einem passivem optischen Stern mit durchstimmbaren optischen Heterodynempfängern, einem Trägerfrequenzkoppelpunkt mit optisch-optischer Frequenzumsetzung und an einem Demonstrator, mit dem die wichtigsten Funktionen einer Trägerfrequenzvermittlung gezeigt werden konnten. Der Demonstrator gestattet die Vermittlung von zwei Trägerfrequenzsignalen auf jeweils zwei Eingangsfasern auf zwei Ausgänge mit je zwei optischen Trägern. In ihm werden alle Träger- und Filterfrequenzen zentral überwacht und stabilisiert.

Einen gesonderten Projektteil stellte die Entwicklung einer Technologie für optisch polymere Schaltkreise dar, da die Polymere künftig alle photonischen Prozesse der optischen Trägerfrequenzvermittlung in einer einheitlichen Technologie ermöglichen könnten. Die Herstellung von passiven und elektrooptischen Komponenten mit derzugehörigen Meßtechnik wurde erprobt.

/132/ Pastoor, S.: **Human Factors of Stereoscopic Television: State-of-the Art Report.** Dokument für das RACE Projekt 2045 DISTIMA.

**Abstract:** This paper summarises performance requirements demanded of a digital stereoscopic imaging system. Data and statements of the pertinent human factors literature are reviewed. The paper is organised as follows. The first section briefly outlines the basic mechanisms of visual space perception. Sections two and three are concerned with camera and display requirements, respectively. Section four deals with image tolerances. Requirements summarised in that section refer to performance features which have a general bearing on the quality of stereoscopic images as well as to tolerances which are of interest with a view towards irrelevance reduction for the purpose of data compression.

/133/ Wöpking, M.: **Viewing Comfort with Stereoscopic Pictures - a Preliminary Study on the Subjective Effects of Disparity Magnitude and Depth-of-Focus.** Dokument für das RACE Projekt 2045 DISTIMA.

**Abstract:** In a laboratory procedure as recommended by CCIR (Rec. 500), 12 non-expert subjects assessed viewing comfort when watching a series of stereoscopic slides with a wide range of disparity (0 to 140 minarc) and depth-of-focus (1 to 23 cpd) conditions. The traditional 70-minutes rule-of-thumb was confirmed, as larger disparities lead to a marked drop in comfort ratings. Only with an extremely small DOF, i.e. heavy blurring of background motives, disparities of up to 140 minarc did not deteriorate viewing comfort. Picture brightness (47 vs. 17 cd/m<sup>2</sup>) had no influence in the given set-up. The clear-cut pattern of statistical test results reflects a high consistency of assessments within and between subjects.

/134/ Pastoor, S.: **Preliminary Results on Binocular Masking Effects in Stereoscopic Images.** Dokument für das RACE Projekt 2045 DISTIMA.

**Abstract:** In a preliminary study, the visibility of a dynamic noise target was evaluated as a function of its distance to a steep luminance change (masker). Results show that the visibility threshold tends to be elevated with decreasing distance between masker and target. The critical distance for a significant elevation of the threshold is about 3 min arc. If the noise target is shown to one eye only, the visibility threshold is significantly elevated compared to conditions where the noise is present in both eyes' views. If both images of a stereopair are affected by noise, uncorrelated noise has a higher visibility threshold than correlated noise. The visual masking effects found in this study could be exploited by source coding techniques (i.e. for irrelevance reduction).

/135/ Kauff, P.; Breeuwer, M.<sup>6</sup>: **Comparison between the two Proposals for VCR Coding from NatLab and HHI.** EUREKA 95 document DRV 33, Jan. 92.

**Kurzfassung:** Two different DCT coding schemes for data-reduced recording of HDTV signals are currently under discussion within the DRV subgroup of EUREKA 95. Although the general structure of these two proposals is very similar, they differ significantly in detail. The objective of this document is to extract the main differences for further discussions.

/136/ Böttcher, K.; Eindorf, J.; Heeren, H.; Holstein, L.; Hunger, J.; Liebsch, W.; Owzar, M.; Selinger, Th.; Talmi, M.; Wesseling, D.; Wolf, S.: **VLSI für HDTV.** Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben TK 0442, HHI Berlin, 1992.

**Kurzfassung:** Die Einführung des digitalen hochauflösenden Fernsehens HDTV hängt im wesentlichen von der Verfügbarkeit leistungsfähiger Komponenten für die schnelle Signalverarbeitung im Studio- und Heimgerät ab. Der Vorzug der hohen Bildpunktauflösung gegenüber Standard-TV muß mit einem hohen geräte-



technischen Aufwand bezahlt werden, der eine Herausforderung an fortschrittliche VLSI-Technologien darstellt. Es wurden Algorithmen verschiedener HDTV-Systeme entsprechend dem EUREKA-Standard (Quellencodec, Codec für die digitale Magnetbandaufzeichnung und Formatkonverter) auf ihre Eignung zur Realisierung mit verfügbaren VLSI-Technologien untersucht. Dies führte zur Integration von sieben Schlüsselkomponenten für unterschiedliche HDTV-Anwendungen: Diskrete-Cosinus-Transformation (HMC2, HDCT72, DIDI72), Zugriffsteuerung für HDTV-Bildspeicher (HCON72), Bewegungsschätzung (MEP1, PAME91) und Entropiecodierung (HVLC72). Je nach Geschwindigkeitsanforderung wurden bei der Chipentwicklung CMOS-, ECL- oder BICMOS-Technologien verwendet. Moderne Aufbau- und Verbindungstechniken haben es ermöglicht, platzsparende und für hohe Taktraten geeignete Multichipmodule zu entwickeln und aufzubauen. Mit diesen Bausteinen konnte die Machbarkeit von HDTV-Systemen mit kommerziell verfügbaren Technologien aufgezeigt und der erforderliche Aufwand mit zukünftigen Technologien abgeschätzt werden.

/137/ Heidrich, H.: HHI/IO Beitrag zu RACE CMC 1010: **Report on the Major Characteristics of the Successful Integration of Two TE/TM Mode Splitters and Two 3 dB Couplers.** Deliverable of T3.2-2 (No. 68), CMC-B-221-1, 1992.

**Kurzfassung:** The purpose of this work was to develop a polarisation diversity OIC based on InP as a precursor of a future polarisation diversity coherent receiver front-end OEIC. The circuit is based on a "common" waveguide ( $1.05 \mu\text{m}$  InGaAsP slab capped with an InP ridge) for reproducible fabrication of process tolerant coupler devices and an effective electro-optically tunable mode converter, as well. The OIC including two TE/TM-mode splitters for mode separation, two additional mode splitters used as TE-filters, and two 3 dB-couplers depicts a waveguide loss below 2 dB. The balance of the couplers is within 40 % ... 60 %, the TE-mode separation is 13 dB, and the TM-mode separation > 30 dB, respectively. The OIC has been packaged in a heterodyne polarisation diversity receiver front-end module including the polarisation diversity OIC and a twin-dual balanced detector OEIC developed and fabricated by partner D. The module has been implemented in the spectrometer of the MSU for system tests.

/138/ Heidrich, H.: HHI/IO Beitrag zu RACE CMC 1010: **Report on the Fabrication of a Polarisation Diversity Receiver Front-End OEIC on InP Including a Polarisation Diversity Circuit and a Detector Unit.** Deliverable of T3.2-2 (No. 85), CMC-B-251-3 (1992).

**Kurzfassung:** The purpose of this work was to develop and fabricate a polarisation diversity receiver front-end OEIC based on semi-insulating InP-material. The de-

velopment was based on an integration concept which allows the fabrication of the key devices of the polarisation diversity OIC such as TE/TM-mode converter, TE/TM-mode splitter, and a 3 dB coupler as well as of a waveguide fed detector unit including balanced detectors, resistors, and a JFET. (The development of the detector unit has been done outside of RACE 1010.) In the first step, the polarisation diversity receiver circuit OIC and the waveguide fed detector unit had been realised and characterised separately. The validity of the integration concept could impressively be demonstrated by merging these two integrated devices to a polarisation diversity receiver OEIC. In the second step complete OEICs have been processed in full 2" wafer technology using semi-insulating MOVPE-grown waveguide layers and MBE-grown layers for the detector unit. The final characterisation of the OEICs will be done after packaging in a polarisation diversity receiver front-end module. The OEIC data are expected to be near the values achieved for the OIC (intrinsic loss < 3 dB, TE-polarisation extinction 13 dB, TM-polarisation extinction > 30 dB, 3 dB coupler balance 40 % ... 60 %) and the precursor waveguide fed detector unit OEIC (biased photodiode dark currents 10 nA, JFET transit frequency 22 GHz, input noise current density  $10 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ , balanced photodiode uniformity > 90 %, gain bandwidth product 4 GHz, common mode rejection ratio > 30 dB).

/139/ Schlak, M; Harde, P.: **Semi-isolierende InP-Epitaxiesubstrate auf VPE-Basis/Charakterisierung.** Projekt-Abschlußbericht im Rahmen des OEIC-Forschungsprogramms der Deutschen Bundespost Telekom, HHI, Berlin, Sept. 1992.

**Kurzfassung:** Die kommerziell erhältlichen InP-Substrate weichen - trotz unübersehbarer Verbesserungen in den vergangenen Jahren - in ihrer Qualität noch beträchtlich von den gestellten Anforderungen ab. Im Vorhaben wurde ein alternativer Weg zur Herstellung verbesserter Substrate beschritten, indem dicke InP-Schichten auf möglichst defektarmen Trägersubstraten (InP: S) epitaktisch abgeschieden werden sollten. Die erwarteten Vorteile dieser sogenannten Epitaxiesubstrate sind geringe Defektdichten unabhängig von der Art der Dotierung, sehr geringe Restverunreinigungen sowie die gute Kontrollierbarkeit der elektrischen Eigenschaften. Ziel des Projekts war insbesondere die Herstellung Fe-dotierter Epi-Substrate. Zur Schichtabscheidung wurde das Niederdruck-Hydrid-VPE-Verfahren eingesetzt, das sehr hohe Wachstumsraten ermöglicht und als Vielscheibenprozeß eine kostenverträgliche Herstellung von Epi-Substraten ermöglichen sollte. Im Vorhaben wurde außer einer Reineisenquelle erstmals auch Ferroceen als Quellenmaterial zur Herstellung der semiisolierenden Schichten verwendet, die anhand umfangreicher SIMS-Messungen charakterisiert wurden. Die gewachsenen Schichten konnten in einer LP-MOVPE-Anlage problemlos ohne weitere



Vorbehandlung (epi-ready) mit guter Oberflächenmorphologie überwachsen werden. Die gewünschten hohen Schichtwiderstände von über  $10^7 \Omega\text{cm}$  der LP-VPE-Schichten konnten allerdings, bedingt durch eine schlechte Aktivierung des Eisens insbesondere bei hohen Wachstumsraten, erst bei Fe-Konzentrationen von über  $10^{17} \text{cm}^{-3}$  erzielt werden. Dadurch konnte das Projektziel, dicke InP-Schichten mit hohen Schichtwiderständen bei niedrigen Fe-Konzentrationen ( $<10^{16} \text{cm}^{-3}$ ) und kurzen Wachstumszeiten mit der LP-VPE herzustellen, nicht erreicht werden. Das Vorhaben wurde zusammen mit dem Institut für Halbleitertechnik der Technischen Hochschule Aachen (Epitaxie) und der Firma Aixtron GmbH, Aachen durchgeführt. Die Aufgabe des HHI lag vor allem in der Materialcharakterisierung.

## Habilitationen

/140/ Gerhard-Multhaupt, R.: **Präparation und Untersuchung von Festkörperschichten für Sensorik und Photonik.** Universität Potsdam, FB Physik, 1992.

**Kurzfassung:** In dieser Habilitationsschrift sind bereits veröffentlichte Arbeiten des Verfassers aus den Bereichen der Elektretforschung und der räumlichen Lichtmodulatoren zusammengestellt. Im einzelnen werden darin folgende Themen behandelt: Methoden zur experimentellen Bestimmung von Ladungs- und Polarisationsverteilungen und ihre theoretische Beschreibung, Bestimmung der akustischen und thermischen Eigenschaften von Polymerelektreten durch Umkehrung von Profilmeßverfahren, Aufladung und Polung im Volumen von Elektretmaterialien durch monoenergetische Elektronenstrahlen, Wechselwirkung von Ladungen und Dipolen in Elektreten, Oberflächenladungsdichteverteilung nach Korona- und Reibungsaufladung, anorganische Elektrete und Elektret-Wandler, Geschichte der wissenschaftlichen Untersuchung elektrischer Erscheinungen, Herstellung und Untersuchung verspiegelter viskoelastischer Steuerschichten zur Lichtmodulation durch Beugung, Auslegung und Überprüfung von Ansteuerschaltungen sowie Herstellung und Untersuchung von elektro-optischen Kristallschichten zur Lichtmodulation mit Hilfe des Pockelseffekts.

## Dissertationen

/141/ Langenhorst, R.: **Optische Koppellemente für den kohärent optischen Mehrforempfänger.** TU Berlin, FB 19 (Elektrotechnik), Oktober 1992.

**Kurzfassung:** In der Arbeit wurden sowohl  $\{3 \times 3\}$ -Tor als auch  $\{4 \times 4\}$ -Tor Koppellemente und Empfänger realisiert und theoretisch analysiert. Unter Verwendung eines kommerziellen  $\{3 \times 3\}$ -Faserkopplers wurde erstmalig ein  $\{3 \times 3\}$ -Tor Empfänger in Gegentaktschaltung realisiert und dieser wurde mit einem konventionellen  $\{3 \times 3\}$ -Tor Empfänger verglichen. In der Gegentaktschaltung wird das Intensitätsrauschen der Laserquellen unterdrückt, zudem ist der Einfluß des thermischen Rauschens der optoelektronischen Eingangsstufe geringer als für den konventionellen Empfänger. Für den  $\{4 \times 4\}$ -Tor bzw. I&Q-Empfänger wurde experimentell und theoretisch die systembedingten Anforderungen an das Koppellement untersucht. Die Anforderungen für eine maximale Verschlechterung der Empfindlichkeit des Empfängers von 0,5 dB wurden von beiden in dieser Arbeit realisierten Koppellementen eingehalten. Eines ist ein integriert optisches Koppellement auf  $\text{LiNbO}_3$ , das andere ist ein kristalloptisches Element. Eine Erweiterung dieses kristalloptischen Elementes für kombinierten Mehrforempfänger und Polarisations-Diversitäts-Empfänger wurde ebenfalls untersucht, wobei Einfügeverluste von weniger als 1 dB (Faser-zu-Faser) erreicht wurden. Weiterführende experimentelle Untersuchungen zum Mehrforempfänger wurden hinsichtlich der Polarisationsabhängigkeit des erweiterten Empfängers und des Zwischenfrequenzeinflusses beim Empfang DPSK-modulierter Signale durchgeführt. Weiterhin wurde experimentell die höhere Bandbreiteneffizienz des Mehrforempfängers gegenüber einem Heterodynempfänger nachgewiesen.

/142/ Schamel, G.: **Optimierung einer Teilband-Codierung für HDTV mit bewegungsgesteuerter dreidimensionaler Frequenzgangzerlegung.** TU Berlin, FB 19 (Elektrotechnik), 1992.

**Kurzfassung:** In dieser Arbeit wird der Entwurf einer Teilband-Codierung für HDTV unter dem besonderen Aspekt einer bewegungsgesteuerten Zerlegung des örtlich-zeitlichen Frequenzspektrums behandelt. Mit diesem System kann die Datenrate eines digitalisierten HDTV-Zeilensprungsignals von etwa 1 Gbit/s auf weniger als 140 Mbit/s ohne visuell wahrnehmbare Beeinträchtigung der Bildqualität reduziert und über einen breitbandigen digitalen Kanal des zukünftigen B-ISDN übertragen werden. Aber auch zur Übertragung digitalisierter HDTV-Signale zwischen Studios kann das System eingesetzt werden.

/143/ Möhrle, M.: **Optische Verstärkung und Schwellverhalten von InGaAs/InGaAsP-Multi-Quantum-Well-Strukturen.** TU Berlin, FB 4, Juli 1992.

**Kurzfassung:** In dieser Arbeit wird erstmals eine systematische Analyse der optischen Verstärkung, der Verluste und der Schwellstromeigenschaften von optisch bzw. elektrisch gepumpten InGaAs/InGaAsP-Quantum-Well(QW)-Laserstrukturen vorgenommen. Untersucht wurden Strukturen mit Topfbreiten von



1 nm, 5 nm, 8 nm und 12 nm mit unterschiedlicher Well-Anzahl und Barrierenbreiten von 8 nm, 10 nm und 20 nm. Für die Untersuchungen bei elektrischer Anregung wurden Broad-Area- und Ridge-Waveguide-Laserbauelemente aus diesen Strukturen hergestellt. Die hierfür entwickelten reproduzierbaren Herstellungsverfahren werden vorgestellt. Im theoretischen Teil dieser Arbeit wird ein gegenüber bisher bekannten Modellen erweitertes Modell zur Berechnung der optischen Verstärkung von InGaAs/InGaAsP-QW-Strukturen vorgestellt. Im Mittelpunkt des Interesses steht die Abhängigkeit des Maximums der optischen Verstärkung von der Ladungsträgerdichte. Es zeigt sich, daß sich diese Abhängigkeit in sehr guter Näherung durch einen logarithmischen Zusammenhang beschreiben läßt. Der Einfluß der Barrierenbreite und eines zusätzlichen optischen Wellenleiters auf diese Abhängigkeit werden untersucht. Im experimentellen Teil der Arbeit werden dann Ergebnisse zum Schwellstromverhalten und zur optischen Verstärkung von InGaAs/InGaAsP-QW-Strukturen vorgestellt. Schwerpunkte bilden hierbei Untersuchungen zur Schwellstromdichte der Strukturen, ein Vergleich der optischen Verstärkung bei elektrischer bzw. optischer Anregung und Untersuchungen zur Homogenität der Ladungsträgerinjektion bei elektrischer Anregung. Ausführlich eingegangen wird auch auf den Einfluß der Barrierenbreite, die optischen Verluste, den Injektionswirkungsgrad bei elektrischer Anregung und die Ladungsträgerlebensdauer in InGaAs/InGaAsP-QW-Strukturen. Außerdem wird ein Vergleich des Schwellstromverhaltens von InGaAs/InGaAsP-QW-Strukturen und Laserstrukturen mit einer dünnen aktiven Schicht aus InGaAsP-Volumenmaterial vorgenommen.

/144/ Schramm, C.: **Eigenschaften von AlInAs- und AlGaInAs-Epitaxieschichten auf InP.** TU Berlin, FB 19, 1992.

**Kurzfassung:** Beim AlInAs und AlGaInAs handelt es sich um III/V-Halbleiterverbindungen, deren Anwendungen insbesondere z.B. in Bauelementen der integrierten Optik in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung gewinnt, über deren charakteristische Eigenschaften und die technologische Handhabung verglichen mit herkömmlichen Halbleitermaterialien jedoch noch wenig bekannt ist. In der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz der Molekularstrahlepitaxie bzw. teilweise auch der Gasphasenepitaxie für die Abscheidung von AlInAs- und AlGaInAs-Schichten auf InP-Substraten genutzt. Unmittelbar nach der Epitaxie durchgeführte elektrische und optische Messungen ergaben, daß mit zunehmendem Gallium-Gehalt der Schichten eine steigende Güte der Kristallinität und der Oberflächenmorphologie zu beobachten ist. Dafür muß allerdings nach Aufbringen gleichrichtender, metallischer Kontakte (Schottky-Kontakte) eine Reduzierung der Barrierenhöhe am Metall/Halbleiter-Übergang in Kauf genommen werden. Stabile und reproduzierbar gute

Schottky-Kontakte konnten durch eine neue Art der Probenpräparation in Form einer epitaktisch in-situ gewachsenen, dünnen Deckschicht auf der Oberfläche der Schichten kombiniert mit einer naßchemischen Vorbehandlung direkt vor dem Aufdampfen der Metallisierung erzielt werden. In Bezug auf tiefe Störstellen wurden mit der 'Deep Level Transient Spectroscopy' (DLTS) sowohl im ternären als auch im quaternären Material zwei dominierende Haftstellen-Niveaus detektiert. Die Bestimmung ihrer charakteristischen Parameter geschah durch Verwendung einer numerischen Spektrumanalyse. Es muß davon ausgegangen werden, daß jede der beiden tiefen Zentren für sich in den unterschiedlichen  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{As}$ -Zusammensetzungen jeweils auf dieselbe Ursache zurückzuführen ist. Die beobachtete Reduzierung der Haftstellen-Konzentration mit steigendem Gallium-Gehalt geht konform mit der oben erwähnten Verbesserung der Kristallqualität. Keine der beiden "Elektronenfallen" besitzt allerdings Eigenschaften, die dem DX-Zentrum in AlGaAs ähnlich sind. Im Hinblick auf die Herstellung von Bauelementen im beschriebenen Materialsystem wurden die Eigenschaften der Heterogrenzfläche Al(Ga)InAs/GaInAs näher untersucht. Die Verwendung zweier unterschiedlicher Auswertemethoden führte auf eine effektive Leitungsband-Diskontinuität von  $0,35 \pm 0,04$  eV für den AlInAs/GaInAs-Heteroübergang. Mögliche Ursachen für diesen relativ niedrigen Wert im Vergleich zu Literaturergebnissen werden diskutiert.

## Diplomarbeiten

/145/ Dirk, M.: **Simulation und Untersuchung eines Bewegungsschätzverfahrens basierend auf der Methode der Phasenkorelation.** TU Berlin, FB 19, März 1992. Betreuer im HHI: M. Grasse.

**Kurzfassung:** Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden Möglichkeiten zur Verbesserung der Schätzgüte von Bewegungsvektoren untersucht, die durch die Phasenkorelation gewonnen wurden. Hierbei stellten sich drei Modifikationen als besonders wirkungsvoll heraus: (1) Werden die zu korrelierenden Bildbereiche mit einer zweidimensionalen Hanning-Funktion gewichtet, so werden rein horizontale bzw. vertikale Fehlschätzungen unterdrückt. (2) Durch eine modifizierte Kandidatenauswahl kann nochmals die Schätzgüte gesteigert werden. Hierbei werden Vektoren, deren zugehörige Phasenkorelationswerte ein isoliertes absolutes Maximum aufweisen, nicht berücksichtigt. (3) Durch die Anwendung eines mehrdimensionalen rekursiven Filters auf zeitlich/örtlich benachbarte Korrelationsoberflächen werden störende Einflüsse reduziert. Zusätzlich können mit einer Adaptationsstrategie die Filterkoeffizienten der Bewegungscharakteristik angepaßt werden.



/146/ Dupont, P.: **Untersuchung von Verfahren für einen langsamen Abfall der Bildqualität ("Graceful Degradation") bei der digitalen terrestrischen HDTV-Übertragung**. TU Berlin, FB 19, 1992. Betreuer im HHI: G. Schamel.

**Kurzfassung:** Ein natürliches Phänomen der terrestrischen Übertragung besteht darin, daß die Empfangsfeldstärke um so geringer wird je größer der Abstand zum Sender ist. Dabei spielen topographische Verhältnisse eine sehr wichtige Rolle. Wird nun über einen derartigen Sender ein digitales Videosignal übertragen, so wird empfangsseitig nur eine gleichbleibend gute Bildqualität zu garantieren sein, solange die empfangene Feldstärke ausreichend ist, um den digitalen Datenstrom im Demodulator fehlerfrei decodieren zu können. Nicht ausreichende Empfangsfeldstärke wird sich in vermehrten Bitfehlern und damit im ungünstigsten Fall in einem totalen Bildausfall äußern. Dies muß unter allen Umständen vermieden werden und es ist daher wünschenswert, ein der analogen Übertragung ähnliches Verhalten mit einem langsamen Abfall der Bildqualität zu generieren. Technische Lösungsmöglichkeiten hierfür liegen im Bereich der Kanalcodierung, der Modulation, aber vor allem im Bereich der Quellencodierung, wo bereits beim Entwurf des Codierverfahrens dieses Phänomen miteinbezogen werden muß. Im Rahmen der Diplomarbeit sollte bei einem MPEG-ähnlichen Codieralgorithmus Möglichkeiten untersucht werden, eine zwei- oder dreistufige "Graceful degradation" einzubauen. Dabei sollte möglichst die bestehende Syntax des Algorithmus nicht verändert werden.

/147/ Frindt, H.: **Modul zur Datenratenvoranalyse in einem datenreduzierenden HDTV-MAZ-Codec**. Diplomarbeit, TU Berlin, FB 19, Jan. 1992. Betreuer im HHI: K. Grüneberg.

**Kurzfassung:** Es wurde eine Voranalyseeinheit als Teil einer Datenraten-Kontrolle aufgebaut. Die Voranalyseeinheit bestimmt die Detailverteilung im gesamten Bild, noch ehe der Codierungsvorgang beginnt. Diese Form der Steuerung der Quantisierer wird benötigt, um die zur Verfügung stehende Datenrate optimal auszunutzen und für eine gleichförmige Verteilung des Quantisierungsfehlers über das gesamte Bild zu sorgen.

## Studienarbeiten

/148/ Papke, S.: **Einfluß der Komponentenlänge auf die Verstärkung von Halbleiterlaser-Verstärkern**. TU Berlin, FB 19, Mai 1992, Betreuer im HHI: H.G. Weber; R. Schnabel.

**Kurzfassung:** Im Rahmen der Studienarbeit wurde der Einfluß der Komponentenlänge auf die Verstärkung

von Halbleiterlaserverstärkern untersucht. Als Meßobjekte standen verschieden lange Verstärker (Länge L zwischen 300 und 1000 mm) zur Verfügung, an denen die Verstärkung als Funktion der Wellenlänge gemessen wurde. Es wurde eine lineare Abhängigkeit der logarithmischen Verstärkung von der Komponentenlänge festgestellt. Die erwarteten Sättigungseffekte konnten nicht beobachtet werden, da die Verstärkung der Komponenten zu gering war. Diese Ergebnisse wurden mit Hilfe des erstellten Simulationsprogrammes bestätigt. Weiterhin konnte mit der Simulation gezeigt werden, daß an noch längeren (L = 1500 mm) Komponenten deutliche Sättigungseffekte auftreten. Die gemessene Bandbreite zeigt mit der simulierten bzw. der analytisch bestimmten Bandbreite eine gute Übereinstimmung. Die Abnahme der Bandbreite mit steigender Komponentenlänge ist deutlich ( $\sim L^{-1/2}$ ). Weiterhin wurde die Verteilung der ASE über der Länge des Verstärkers analytisch berechnet. Auch hier zeigte sich eine gute Übereinstimmung mit der numerisch bestimmten Verteilung. Aus zeitlichen Gründen konnten die Gleichungen nicht an weiteren Beispielen überprüft werden. Schließlich wurden noch Gleichungen für eine Abschätzung der Kleinsignalverstärkung als Funktion der Länge unter Berücksichtigung der ASE und eine Gleichung zur Berechnung der Sättigungsausgangsleistung unter Berücksichtigung der Streuverluste abgeleitet.

/149/ Öztürk, A.: **Trinokulare Disparitätsbestimmung anhand von Disparitätshistogrammen**. TU Berlin, Lehrstuhl für Technische Akustik, FB 21, Juli 1992. Betreuer im HHI: J. Liu.

**Kurzfassung:** Ein fundamentales Problem bei der passiven 3D-Tiefenerkennung ist die Zuordnung korrespondierender Bildpunkte verschiedener Kameras von ein und derselben Szene. In der Studienarbeit wird dieses Problem mithilfe einer Methode gelöst, die auf der Auswertung von Disparitäts-Histogrammen auf mehreren Auflösungsstufen beruht. Mögliche Disparitätskandidaten werden dabei durch Vorselektion anhand lokaler Merkmale ermittelt. Der verwendete Ansatz ist im Prinzip für binokulare Aufnahmen in der Fachliteratur beschrieben; in der vorliegenden Arbeit wird der Ansatz durch die Hinzunahme einer dritten Kamera erweitert, um die Zuverlässigkeit der Disparitätsanalyse zu verbessern. Es wird ferner untersucht, wie das Verfahren hinsichtlich Verlässlichkeit und Rechenzeit speziell für die Berechnung von Zwischenbildern in 3DTV-Anwendungen optimiert werden kann.

/150/ Böthin, P.: **Entwurf eines HINT-Codex für die verlustfreie Codierung progressiver HDTV-Signale bei der digitalen Magentbandaufzeichnung**. TU Berlin, FB 19, 1992. Betreuer im HHI: P. Kauff.

**Kurzfassung:** Die zugrundeliegende Arbeit beschreibt ein Verfahren zur hierarchischen Interpolation (HINT), das sich besonders gut für die verlustfreie Codierung



progressiver HDTV-Signale bei der digitalen Magnetbandaufzeichnung eignet. Neben dem Prinzip und der Optimierung des HINT-Verfahrens wird insbesondere auch eine Codecstruktur vorgestellt, die die speziellen Randbedingungen der professionellen Magnetbandaufzeichnungen berücksichtigt.

/151/ Breuer, D.: **Bestimmung von Serienwiderständen in Feldeffekttransistoren nach dem "Gate-Probing"-Verfahren.** TU Berlin, FB 19, 1992. Betreuer im HHI: G. Unterbörsch.

**Kurzfassung:** Für die Meßsystemsoftware eines automatischen Waferprobers wurde ein Programmpaket entwickelt, mit dem die Serienwiderstände von Feldeffekttransistoren meßtechnisch erfaßt werden können. Hierbei wird nach dem "Gate-Probing"-Verfahren der Source-, Drain und Kanalwiderstand aus Strom/Spannungs-Kennlinien extrahiert. Da die Systemsoftware Serienmessungen erlaubt, können diese Widerstände für eine Vielzahl von Bauelementen eines Chips gemessen und mit statistischen und grafischen Methoden ausgewertet werden.

## Preisverleihungen

/152/ Schamel, G.: **Rudolf-Urtel-Preis des Jahres 1991 der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft e.V.**

**Laudatio:** Urtel-Preisträger 1991 ist Herr Dipl.-Ing. Günter Schamel. Seine preisgekrönte Arbeit "Optimierung einer Teilbandcodierung für HDTV mit bewegungsgesteuerter dreidimensionaler Frequenzgangzerlegung" wurde an der TU Berlin als Dissertationsleistung vorgelegt. Sie behandelt das sehr aktuelle Thema der datenreduzierenden Codierung für eine bandbreitensparende HDTV-Übertragung, gerade im Hinblick auf die sich abzeichnende digitale Fernseh-Verteiltechnik sind solche Studien von höchstem Interesse. Als bemerkenswerte Leistung wurde vom Urtel-Preis-Komitee die Grundidee sowie die theoretischen Untersuchungen einschließlich der Simulation einer nicht-orthogonalen (Quincunx-) Abtastung in den einzelnen Kanälen einer Teilbandfilterung gewertet. Durch dieses in der Fachliteratur bisher unbekanntes Verfahren können weitere redundante und irrelevante Anteile des Bildsignals freigelegt und damit auch reduziert werden. Dieses wird insbesondere erreicht durch eine bewegungsangepaßte dreidimensionale Teilbandfilterung. Angefertigt wurde diese Studie im HHI, Berlin, wo Herr Schamel seit 7½ Jahren mit Arbeiten zum hochauflösenden Fernsehen beschäftigt ist. Zuvor war der 1958 in Lenz bei Bayreuth geborene Preisträger nach seinem Studium der Nachrichtentechnik an der Universität Erlangen von 1983-1984 wissenschaftli-

cher Mitarbeiter am Institut für Fernmeldetechnik der ETH Zürich.

/153/ Gerhard-Multhaupt, R.: **Ernennung zum Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) mit Wirkung vom 1. Januar 1993 (Pressemitteilung des HHI).**

**Kurzfassung:** Das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), die weltweit operierende nord-amerikanische Vereinigung von Fachleuten der Elektrotechnik, der Elektronik und verwandter Spezialgebiete, ernennt in jedem Jahr einige herausragende Mitglieder zu Fellows. Zu den für 1993 gewählten neuen Fellows gehört auch der vierzigjährige Wissenschaftler Reimund Gerhard-Multhaupt vom Berliner Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik. Er erhielt diese ungewöhnliche Auszeichnung für seine Beiträge zur Erforschung von dielektrischen (d.h. elektrisch isolierenden) Materialien und deren Anwendung in der Kommunikationstechnik.

## Patentanmeldungen

/154/ Kauff, P.; Grüneberg, K.; Höfker, U.; Rauthenberg, S.: **Aufbereitung digitaler Farbfernsehsignale für die Magnetband-Aufzeichnung.** Aktenzeichen: P 42 21 259.6; Anmeldetag: 26.6.1992.

**Kurzfassung:** Bei einer Datenreduktion für die Magnetbandaufzeichnung digitaler Farbfernsehsignale künftiger HDTV-Systeme sind für bildweises Schneiden, schnellen Suchlauf, Zeitlupe und Standbild besondere Anforderungen hinsichtlich der Bildqualität zu erfüllen. In einem modularen System mit möglichst gleichartigen Komponenten wird auf Makroblockbasis der Informationsgehalt der einzelnen Vollbilder gleichmäßig auf autonome Subsysteme verteilt und dort jeweils nach orthogonaler Transformation eine Trennung in FLC- und VLC-relevante Daten und für die VLC-relevanten Daten eine Voranalyse durchgeführt.

/155/ Börner, R.: **Autostereoscopic Viewing Device for Creating Three-Dimensional Perception of Images.** USA Patent Nr. 5,083,199, January 1992.

**Kurzfassung:** An autostereoscopic viewing device with a flat picture screen and a pattern of cylindrical lens portions for producing three dimensional image perceptions without the need for additional optical accessories. The viewing device provides the largest possible freedom of movement of the viewer, whereby the reproduction quality is as uniform as possible and out of focus, cross-talk and other disadvantageous optical effect are greatly reduced. The procedures for making any necessary optical corrections are based on the plane parallel changeable positioning of a flat picture



screen relative to an array of cylindrical lens portions. The array of cylindrical lens portions has an increasing thickness as well as a decreasing pitch width when moving from the middle to the vertical side edges.

/156/ Börner, R.: **Linsenrasterschirm für autostereoskopische Bildwahrnehmung.** Offenlegungsschrift DE 41 43 121 A1, 2.7.1992.

**Kurzfassung:** Störlichtreflexe auf dem Linsenrasterschirm sollen vermieden und die Selektivität in den seitlichen Randzonen des Linsenrasterschirms und in den äußeren Panoramafeldern verbessert werden. Die Störlichtreflexe werden erfindungsgemäß durch eine Auffächerung in ihrer Intensität derart gemindert, daß sie vom Betrachter kaum noch wahrnehmbar sind. Die Auffächerung erfolgt durch eine möglichst unregelmäßige Reliefstruktur im Mikrometerbereich auf der Oberfläche des Linsenrasterschirms. Die Verbesserung der Selektivität wird durch eine Korrektur der Pitchbreiten der Zylinderlinsen erreicht. Außerdem können die Schirmdicke sowie dann auch der Krümmungsradius der Zylinderlinsen variiert werden.

## Vorträge\*

Braun, R.-P.: **Nichtlinearitäten im DFB-Laser - DFB-Laser als optischer Frequenzkonverter im transparenten Vermittlungsknoten.** Kolloquium im Institut für HF-Technik, TU Berlin, 10.1.1992

Gerhard-Multhaupt, R.: **Untersuchungen zur Lichtventil-Großbildprojektion mit verspiegelten viskoelastischen Steuerschichten und aktiven Silizium-Ansteuermatrizen.** Physikalisches Kolloquium der Universität Potsdam, 15.1.1992.

Sartorius, B.: **Optische Methoden zur Charakterisierung von III-V Heterostrukturen.** Instituts-Kolloquium Kristallographie und Materialforschung, TB Physik der Humboldt-Universität, Berlin, 6.2.1992.

Niggebrügge, U.: **Ellipsometry and Mass Spectrometry for Monitoring the Dry Etching of InP Based Materials.** Workshop on "Monitoring and Control of Plasma and Ion Beam Processes", Oxford, UK, 17.-18.2.1992.

Helmolt, C.v.: **Vielkanalstabilisierungseinheit für das RACE 1010 CMC Demonstrationssystem.** HHI-Kolloquium, Februar 1992.

Börner, R.: **Design of lenticular screens and its application to various 3D systems.** Seiken Symposium, Tokyo, Japan, Februar 1992.

Umbach, A.: **Integrierte Empfängerbausteine für die optische Nachrichtentechnik.** Seminar: Ausgewählte Kapitel der Festkörperelektronik, TU Berlin, 2.3.1992.

Braun, R.-P.: **Vielkanal Heterodyn-Spektrometer für die optische Trägerfrequenztechnik.** ITG-Diskussionsitzung "Meßverfahren der optischen Nachrichtentechnik", Auf der Reisenburg in Günzburg, 4.3.-6.3.1992.

Bach, H.-G.: **Analysen zur 2D- und 3D-Elektronenverteilung in MBE-Schichtstrukturen für HFETs und  $\delta$ -dotierte FETs.** Institutskolloquium des Instituts für Physik der Technischen Hochschule Ilmenau, 12.3.1992.

Keil, N.: **Realization of IO-Polymer-Components and Present State in Polymer Technology at HHI Berlin.** Workshop, "Integrierte Optik und Mikrooptik mit Polymeren", MPI für Polymerforschung, Mainz, 12.3.-13.3.1992.

Strebel, B.: **Applications of integrated optical polymer components on coherent OFDM-systems.** Workshop, "Integrierte Optik und Mikrooptik mit Polymeren", MPI für Polymerforschung, Mainz, 12.3.-13.3.1992.

Nolting, H.-P.: **Berechnung und Simulation wellenführender Bauelemente für integriert-optische Schaltungen.** Workshop "Integrierte und Mikrooptik mit Polymeren", Mainz, 12.-13.3.1992.

Berger, L.<sup>28</sup>; Clemens, U.<sup>28</sup>; Witt, A.<sup>28</sup>; Agrawal, N.; Hoffmann, D.; Franke, D.; Li, K.C.; Wegener, M.<sup>28</sup>: **Elektrooptische Modulation durch Elektronentransfer in einer Quantentrog- und Reservoir-Struktur gewachsen durch MOVPE.** Frühjahrstagung der DPG '92, Regensburg, 16.-20.3.1992.

Keil, N.: **Stand der Polymer-Technologie am Heinrich-Hertz-Institut.** HHI-IO/Photonik-Diskussionsitzung, 18.3.1992.

Schäfer, R.: **HDTV-T - Digitale terrestrische HDTV-Übertragung.** ITG-FG 3.1.1/3.1.2 Sitzung, Villingen, 18.3.1992.

Bach, H.G.: **Messung von Banddiskontinuitäten und Grenzflächenladungen für das Design von III-V-Heterostrukturbauelementen.** ITG-Diskussionsitzung

\* Vorträge, die in Proceedings abgedruckt wurden, sind unter Veröffentlichungen aufgeführt



zung "Charakterisierung und Modellierung von Halbleiterbauelementen mit Sub-mm-Strukturen und/oder extrem hohen Operationsgeschwindigkeiten", Schwäbisch Hall, 18.-20.3.1992.

Gerhard-Multhaupt, R.: **Videoprojektion mit Flüssigkristallzellen: Eine Übersicht.** Vortragsveranstaltungen der FKTTG im Sender Freies Berlin, 28.1.1992 und bei Philips Components, Hamburg, 7.4.1992.

Gerhard-Multhaupt, R.: **Spatial light modulators for light-valve projection.** Photonics Research Laboratory, State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York, U.S.A., 28.4.1992.

Agrawal, N.: **Fast Optical Switches in InGaAsP/InP System for Asynchronous Transfer Mode Networks.** AT&T Bell Laboratories, Holmdel, NJ, USA, und Bellcore, Red Bank, NJ, USA, April 1992.

Baack, C.: **Die Rolle der Integrierten Optik am HHI,** Festkolloquium anlässlich 10 Jahre Integrierte Optik, 15.5.1992.

Stareev, G.: **A Controllable Mechanism of Forming Extremely Low Resistance Non-Alloyed Contacts to Group III-V Compound Semiconductors.** (Poster), 1st Workshop on Expert Evaluation and Control of Compound Semiconductor Materials and Technologies, Lyon, Frankreich, 19.-22.5.1992.

Paraskevopoulos, A.: **Research Activities on Vertical Cavity Surface Emitting Lasers in Berlin.** University of California, Santa Barbara, CA, USA, 20.5.1992.

Janiak, K.: **Geringe Schädigungen im InP-System durch ECR-Einsatz.** Workshop "Trockenätzen in der III-V Halbleitertechnik, FI/FTZ Darmstadt, 25.5.1992.

Prost, W.<sup>32</sup>; Heedt, C.<sup>32</sup>; Buchali, F.<sup>32</sup>; Künzel, H.; Gyro, I.<sup>2</sup>; Tegude, F.J.<sup>32</sup>: **Leakage Current Analysis of InAlAs/InGaAs-HFET.** Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits (WOCSDICE '92), San Rafael, Spanien, 25.-28.5.1992.

Bach, H.-G.; Künzel, H.; Schramm, C.; Hase, A.; Hoenow, H.<sup>33</sup>; Kamp, A.; Nachtwei, G.<sup>33</sup>: **Charge Transfer into the 2-DEG in AlInAs/GaInAs Based HFETs Related to the Conduction Band Discontinuity.** Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits (WOCSDICE '92), San Rafael, Spanien, 25.-28.5.1992.

Großkopf, G.; Hoffmann, D.: **Schneller räumlicher Schalter, Faserring-Speicher, OATM-System mit Halbleiter-Schalter.** Photonik-Seminar im Heinrich-Hertz-Institut Berlin, 25.5.-26.5.1992.

Kuhlow, B.; Streibl, N.; Kersten, P.: **Holographische Freistrahlverbindungstechnik.** Photonik-Seminar im Heinrich-Hertz-Institut Berlin, 25.5.-26.5.1992.

Strebel, B.: **Stand und Perspektiven der optisch transparenten OFDM-Vermittlung.** Photonik-Seminar im Heinrich-Hertz-Institut Berlin, 25.5.-26.5.1992.

Ernst, M.: **Bewegungskompensierende Signalverarbeitung im Studio: Anwendungen, Komponenten und Realisierungsaufwand.** HHI - Kolloquium, Berlin, 2.6.1992.

Gerhard-Multhaupt, R.: **Präparation und Untersuchung von Festkörperschichten für Sensorik und Photonik.** Habilitationskolloquium an der Universität Potsdam, 4.6.1992.

Braun, R.-P.: **Nichtlinearitäten im DFB-Laser - Wirkungsgrad der optischen Frequenzkonversion im DFB-Laser.** Kolloquium im Institut für HF-Technik, TU Berlin, 12.6.1992.

Foisel, H.-M.: **Untersuchungen zu phasenrauschreduzierenden Übertragungsverfahren.** Kolloquium im Institut für HF-Technik, TU Berlin, 12.6.1992.

Gerhard-Multhaupt, R.: **Untersuchungen zur Lichtventil-Großbildprojektion mit verspiegelten viskoelastischen Steuerschichten und aktiven Silizium-Ansteuermatrizen.** Wissenschaftsbereich Polymerphysik der Universität Leipzig, 24.6.1992.

Gerhard-Multhaupt, R.: **Dünne Polymerschichten für räumliche Lichtmodulatoren: Eine Übersicht. 1.** Brandenburgische Forschungs- und Technologie-Tage, Potsdam, 24.-26.6.1992.

Börner, R.; Kroone, P. M. M.: **Autostereoscopic 3D-systems by lenticular methods.** TILE, Maastricht, Niederlande, Juni 1992.

Trommer, D.: **Integrierter optischer Überlagerungsempfänger auf InP-Basis.** Seminar des Institutes für Hochfrequenztechnik, TU Berlin, 3.7.1992.

Foisel, H.-M.: **FDM für die kohärent optische Breitband-Übertragung und -Vermittlung.** Vortrag an der ETH, Zürich, Schweiz, 13.7.1992.

Gerhard-Multhaupt, R.: **Präparation und Untersuchung von ferroelektrischen Kristallschichten und Polymerfolien für piezoelektrische und elektro-opti-**

2 SEL-Alcatel, Stuttgart, FRG

32 Universität Duisburg, FRG

33 Humboldt-Universität, Berlin, FRG



**sche Anwendungen.** Fachbereich Physik der Technischen Hochschule Merseburg, 7.7.1992 und Probevorlesung an der Universität Potsdam, 16.7.1992.

Rinaldi, R.<sup>38</sup>; Cingolani, R.<sup>39</sup>; Ferrara, M.<sup>38</sup>; Lomascolo, M.<sup>40</sup>; Tapfer, L.<sup>39</sup>; Künzel, H.; Hase, A.: **Optical Properties of InGaAlAs Layers Grown by MBE.** 21st Int. Conf. on the Physics of Semiconductors, Beijing, China, 10.-14.8.1992.

Saniter, J.: **Kohärente optische TV-Verteil- und bidirektionale Kommunikationssysteme.** 10. Internationale Mittweidaer Fachtagung, Mittweida, 15.-17.9.1992.

Foisel, H.-M.; Braun, R.-P.: **2fach transparente Frequenzumsetzung.** IO/Photonik-Diskussionssitzung im Heinrich-Hertz-Institut Berlin, 16.9.1992.

Gerhard-Mulhaupt, R.: **Electrets for optical applications.** 3rd Sino-German Seminar on Solid-State Physics, Pohl-Institut für Festkörperforschung, Tongji-Universität, Shanghai, China, 15.-19.9.1992.

Schäfer, R.: **Image Coding - a Key Technology for Communication, Multimedia and Broadcasting.** SMPTE - First European Conference, Köln, 18.-20.9.1992.

Hermes, Th.: **Passiver Sternkoppler und Abhörschutz - ein Gegensatz?** HHI-Kolloquium, Berlin, 22.9.1992.

Keil, N.: **Doped Polymer Waveguides.** ECOC '92 Companion Workshop "Integrated Optical Solid State Lasers and Quasi-Phasematched Nonlinear Devices", Teupitz, 24.9.-26.9.1992.

Weinert, C.M.: **Vectorial Simulation of Passive Mode Converter Devices.** Workshop on "Optical Waveguide Modelling, Numerical Simulation, and Theory", Teupitz, 1.-3.10.1992.

Nolting, H.-P.: **Eigenmode Matching and Propagation Theory of Uniform and Meander Type Couplers.** Workshop on "Optical Waveguide Modelling, Numerical Simulation, and Theory", Teupitz, 1.-3.10.1992.

Sztofka, G.: **Theoretical Study of Transverse Mode Characteristics of VCSE-Lasers.** 1992 European Semiconductor Laser Workshop, Potsdam, 1.-3.10.1992.

Sztofka, G.: **Bidirectional Eigenmode Propagation Algorithm.** Workshop on "Optical Waveguide Mo-

delling, Numerical Simulation, and Theory", Teupitz, 1.-3.10.1992.

Weinert, C.M.: **MQW Simulation for Optical Devices.** Workshop on "Optical Waveguide Modelling, Numerical Simulation, and Theory", Teupitz, 1.-3.10.1992.

Baack, C.: **Schlüsselkomponenten für die optische Nachrichtentechnik.** Festkolloquium der ANT GmbH, Backnang, 8.10.1992.

Foisel, H.-M.: **Optisch transparente Vermittlung für Frequenzmultiplex-Signale - ein Experimentalsystem.** HHI-Kolloquium, Berlin, 13.10.1992.

Gerhard-Mulhaupt, R.: **Polymer electrets for nonlinear optical applications.** Center for Optics, Photonics and Lasers, Université Laval, Québec, Kanada, 14.10.1992.

Sztofka, G.: **Laser/Wellenleiter Kopplung.** Seminar des Institutes für Hochfrequenztechnik, Technische Universität Berlin, 16.10.1992.

Grote, N.: **Research on InP-Based Photonic Devices for Optical Fibre Systems in Germany.** (Eingeladener Vortrag), Int. Conf. on Lasers and Optoelectronics (ICLOE '92), Peking, China, 16.-18.10.1992.

Grote, N.: **Low-Temperature MBE Growth of InGaAlAs: Material Properties and Devices.** Hebei Semiconductor Research Institute, Shijiazhuang, China, 21.10.1992.

Eiselt, M.: **Optisches Funktionselement zur Pulsformung und Rauschunterdrückung: Anwendung im Faser-Ring-Speicher.** Kolloquium im Institut für HF-Technik, TU Berlin, 23.10.1992.

Grote, N.: **Research Activities on InP-Based Devices at HHI.** Shanghai Institute of Metallurgy, Shanghai, China, 23.10.1992.

Weich, K.: **Optische Bistabilitäten im Mehrsektions-Halbleiterlaser.** Kolloquium im Institut für HF-Technik, TU Berlin, 23.10.1992.

Herrmann, R.; Mach, R.; Selle, B.; Müller, G.O.: **Laminierte Schichtstrukturen für Farb-Elektrolumineszenz-Displays 92.** Tagungsbesuch Electronic/Displays, Karlsruhe, 28.10.1992.

Börner, R.: **Autostereoscopic lenticular systems.** IEE, London, Großbritannien, October 1992.

Fischer, U.; Helmolt, C.v.; Krüger, K.; Krüger, U.: **Absolute Frequenzstabilisierungsverfahren für ko-**

38 Università di Bari, I

39 Centro Nazionale Ricerca Sviluppo Materiali, Mesagne, I

40 Università di Lecce, I



**härente optische Frequenzmultiplex (CMC)-Systeme.** Kleinheubacher Tagung, URSI, Oktober 1992.

Szefka, G.: **Grating Position in a Codirectional Coupler.** UFOS-Meeting, Gent, Belgien, 3.11.1992.

Weber, R.: **Flip Chip Technique for Optoelectronic Coupling.** Workshop on Improved Chip to Fibre Coupling and Packaging Techniques, Gent, Belgien, 4.11.1992.

Nolting, H.-P.: **Waveguide Taper for OEIC.** Workshop on Improved Chip to Fibre Coupling and Packaging Techniques, Gent, Belgien, 4.11.1992.

Umbach, A.: **Entwicklung von Detektorbauelementen auf InP-Basis für integrierte optoelektronische Empfänger.** Seminar am Institut für Festkörperelektronik, Universität Duisburg, 5.11.1992.

Keil, N.: **Anwendungen von Polymer-Komponenten in zukünftigen optisch transparenten Netzen.** Nachrichtentechnisches Kolloquium am HF-Institut der TU-Braunschweig, 10.11.1992.

Bach, H.-G.: **Design und Eigenschaften von Heterostruktur-Feldeffekttransistoren mit MBE Al(Ga)-InAs-Schichten.** HHI-Kolloquium, Berlin, 10.11.1992.

Engel, H.: **Elektronenstrahlolithographie-Anwendungen.** HHI-Kolloquium, Berlin, 17.11.1992.

Baack, C.: **Photonics in Future Telecommunications.** Technological Crossroad Session "Routes to More Bandwidth" at OPTCON '92, Boston, USA, 19.11.1992.

Walf, G.: **OFDM-Vermittlungssystem mit 3D-Raumstufen.** HHI-Kolloquium, Berlin, 24.11.1992.

Agrawal, N.: **Schnelle optische Schalter.** HHI-Kolloquium, Berlin, 1.12.1992.

Mühlbach, L.; Hopf, K.: **Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken.** HHI-Kolloquium, Berlin, 8.12.1992.

Blohm, W.: **Dynamikkompression des Videosignals beim Bildfernsprechen durch simulierte diffuse Szenenausleuchtung.** HHI-Kolloquium, Berlin, 15.12.1992.

Braun, R.-P.: **Nichtlinearitäten im DFB-Laser - Der injektionsgelockte Laser.** Kolloquium im Institut für HF-Technik, TU Berlin, 18.12.1992.

Foisel, H.-M.: **Application of Phase Noise Cancellation Technique in OFDM Switching Experiments.** Kolloquium im Institut für HF-Technik, TU Berlin, 18.12.1992.

Molt, R.: **Antireflexionsschichten für Halbleiterlaser-Verstärker.** HHI-Kolloquium, Berlin, 22.12.1992.

Hoffmann, A.<sup>14</sup>; Tischel, M.<sup>14</sup>; Heitz, R.<sup>14</sup>; Podlowski, L.<sup>14</sup>; Rosenzweig, M.; Möhrle, M.: **Gain and Loss Mechanisms in InGaAs/InGaAsP Multi-Quantum-Well Laser Structures.** 6th Int. Conf. on Superlattices, Microstructures and Microdevices, Xi'an, China, 1992.

## Vorlesungen

Bach, H.-G.: **Meßverfahren für Halbleiterbauelemente.** TU Berlin, FB 19, SS 92.

Boerger, G.: **Elektrobiologie: Meßtechnik.** TU Berlin, FB 21, WS 92/93.

Boerger, G.: **Elektrobiologie: Neurophysiologische Grundlagen.** TU Berlin FB 21, SS 92.

Gerhard-Mulhaupt, R.: **Polymere in Sensorik und Photonik: Grundlagen und Anwendungen.** TU Berlin, FB 17, WS 92/93.

Kuhlow, B.: **Optical Computing.** TU Berlin, FB 4, SS 92.

Kuhlow, B.: **Einführung in die optische Signalverarbeitung.** TU Berlin, FB 4, WS 92/93.

Mahler, G.: **Fernsehtechnik I/II.** Universität Hannover, SS 92, WS 92/93.

Strebel, B.: **Optische Wellenleiter.** TU Berlin, FB 19, WS 92/93.

Strebel, B.: **Optical Carrier Frequency Technique - Systems and Technology.** Gastvorlesung in ETRI, Korea, Juli 1992.

Venghaus, H.: **Angewandte Physik I, II.** TU Berlin, FB 4, WS 91/92, SS 92.

Weber, H.G.: **Grundlagen und Anwendungen der linearen und nichtlinearen Faseroptik.** TU Berlin, FB 4, WS 92/93.



## Workshops und Tagungen

**Festkolloquium "10 Jahre Integrierte Optik am Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik in Berlin"**\*

HHI Berlin, 15.5.1992, Bereich Integrierte Optik.

**Photonik-Seminar\*** - Gemeinsames Seminar der Verbundforschungsprojekte Optische Signalverarbeitung und Optische Verbindungstechnik.

HHI Berlin, 25.-26.5.1992, Abteilung Vermittlung und Übertragung.

**Workshop on Optical Waveguide Modelling, Numerical Simulation, and Theory.**

Workshop am Rande der ECOC '92, Teupitz, 1.-3.10.1992, Bereich Integrierte Optik.

**1992 European Semiconductor Laser Workshop.**

Workshop am Rande der ECOC '92, Potsdam, 1.-3.10.1992, Bereich Integrierte Optik.

**Photonik-Statusseminar\*** - Seminar des Verbundforschungsprojekts Optische Signalverarbeitung.

HHI Berlin, 12.11.1992, Abteilung Vermittlung und Übertragung.

**Statusseminar des Projekts Videokonferenzen mit HDTV- und 3DTV-Techniken.**

HHI Berlin, 16.11.1992, Abteilung Anthropotechnik.

## Ausstellungsbeteiligungen

**CeBIT '92\***, Hannover, 11.-18.3.1992:

Präsentation im Rahmen der Sonderausstellung des "Strategic Research Centre": **Vielkanal Heterodyn-Spektrometer.**

Abteilung Optische Signalverarbeitung.

**ECOC '92 - European Conference on Optical Communication**, 27.9.-1.10.1992:

Wiss. Leitung: Prof. Dr. C. Baack

Organisation der Konferenz und der begleitenden wissenschaftlichen Ausstellung: HHI

Ausstellungsbeiträge und Präsentationen des HHI zu folgenden Themen:

- Coherent Optical Communications
- Transparent 4 x 4 Switching Node
- Optical ATM Switching
- Holographic Optical Interconnects for 3D Space Switches
- OEIC Heterodyne Receiver
- OEIC-Polarization Converter
- OEIC-Waveguide Integrated Balanced Receiver

---

\* Diese Veranstaltungen wurde durch finanzielle Unterstützung der "Gesellschaft von Freunden des Heinrich-Hertz-Instituts e.V." gefördert.







the 1990s, the number of people in the world who are illiterate has increased from 1.2 billion to 1.5 billion.

There are many reasons for this. One is that the population of the world is growing so fast that the number of people who are illiterate is increasing. Another reason is that the quality of education is so poor that many people who are literate are unable to read and write. A third reason is that many people who are literate are unable to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.

There are many ways to improve literacy. One way is to provide more schools and teachers. Another way is to improve the quality of education. A third way is to provide more opportunities for people to use their skills in a way that is useful to them.