

Fotolithographie (Reinraumpraktikum)

Inhaltsverzeichnis

Motivation.....	1
Hintergrund.....	1
Kurzbeschreibung des Praktikumsablaufes.....	2
Ergebnisse.....	3
Ergebnisse nach Bedampfung.....	4
Mögliche Fehlerquellen.....	5

Mit Korrekturanmerkungen

Motivation

Ziel dieses Versuches war es mittels Fotolithographie ein möglichst hoch aufgelöstes Muster auf einen Siliziumwafer auf zu prägen. bringen (Prägen ist eine spezielle Technik)
Mit diesem Verfahren kann man z.B. komplexe Schaltungen auf kleinem Raum realisieren, sog. ICs. Dies geht aber weit über den Praktikumsversuch hinaus.

Hintergrund

Fotolithographie ist im Bereich der Halbleitertechnologie und damit verwandten Bereichen eine sehr verbreitete Methode um Strukturinformationen von einer Fotomaske auf einen Fotolack (engl. Resist oder Photoresist) zu übertragen. Anschließend können diese Strukturinformationen genutzt werden um permanente Strukturen auf dem Substrat und der Funktionsschicht zu erzeugen.

Als Resist kam in diesem Experiment ein sogenanntes Resist aus der Gruppe der Positivresists zum Einsatz, welches im Gegensatz zu einem Negativresist beim Entwickeln die belichteten Stellen vom Substrat ablöst. Der Grund für die Wahl eines Positivresists ist vermutlich die, im Gegensatz zu früher, hohe Verbreitung dieser Resists im Bereich der Fotolithographie, da Positivresists einen höheren Kontrast liefern und weniger quellen als ihre negativ-Pendants.

↑
Spekulation. Grund ist, dass ich bei den Belichtungsparametern bei Pos.res. sicherer bin.

Kurzbeschreibung des Praktikumsablaufes

Es folgt eine Übersicht über die einzelnen Arbeitsschritte. Die Ergebnisse der Inspektionen sind im gleichnamigen Kapitel näher erläutert und mit Fotos illustriert.

1. Der Siliziumwafer wurde einige Minuten erhitzt, um Wasser auf der Oberfläche zu ~~verdunsten~~ **desorbieren**
2. Auf einen der beiden Wafer (Nr. 35) wurde zunächst der Haftvermittler „Microprosit Primer“ aufgebracht und auf der Wärmeplatte getrocknet. Der andere Wafer (Nr. 34) wurde in diesem Schritt nicht behandelt.
3. Beide Wafer wurden mit 0,7 mL des Fotolacks „ma-P 1215“ beträufelt und in der Lackschleuder bei 3000 rpm 30 Sekunden lang geschleudert. Dies ergibt eine Lackdicke von ca. 1,5 μm .
4. Anschließend wurde ein Softbake von 90 Sekunden bei 100°C vorgenommen um den Lack zu trocknen.
5. Die Wafer wurden in das Belichtungsgerät eingelegt und 10 Sekunden lang belichtet.
6. Anschließend wurden sie mit dem Entwickler „MAD-331“ ca. 35 Sekunden lang entwickelt. Der Abbruch der Entwicklung erfolgte, indem die Wafer in Wasser eingetaucht und unter dem Wasserhahn abgespült wurden. Wafer Nr. 35 dürfte ein paar Sekunden länger entwickelt worden sein, da es hier eine kurze Verzögerung gab.
7. Beide Wafer wurden am optischen Mikroskop inspiziert. Dabei ergaben sich keine nennenswerten Qualitätsunterschiede zwischen den Beiden.
8. Die Wafer wurden mit einem 100 nm dicken Goldfilm bedampft.
9. Das überschüssige Metall wurde zusammen mit dem restlichen Lack mithilfe von Azeton und Ultraschall abgelöst.
10. Es erfolgte eine erneute Inspektion am optischen Mikroskop, wobei sich keine nennenswerte Änderung der Struktur ergab.

Die erreichte Linienbreite lag bei **2192nm**.


kleinste

Ergebnisse

Im Wesentlichen waren beide Chips in Qualität und Form homogen, wie in folgenden Übersichtsaufnahmen dargestellt wird.:

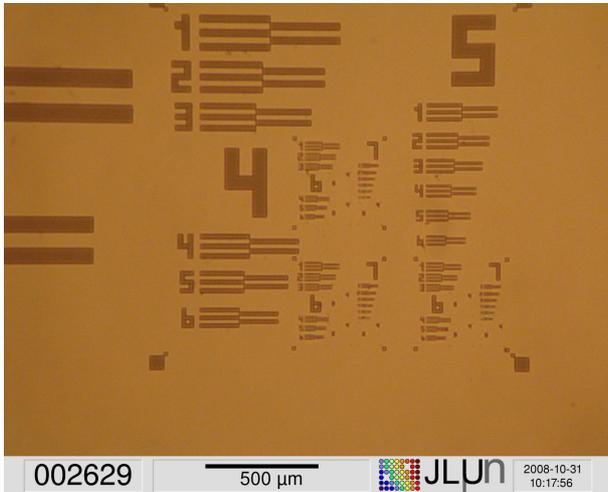


Abbildung 1: Heller Bereich in der Mitte von Wafer Nr. 34

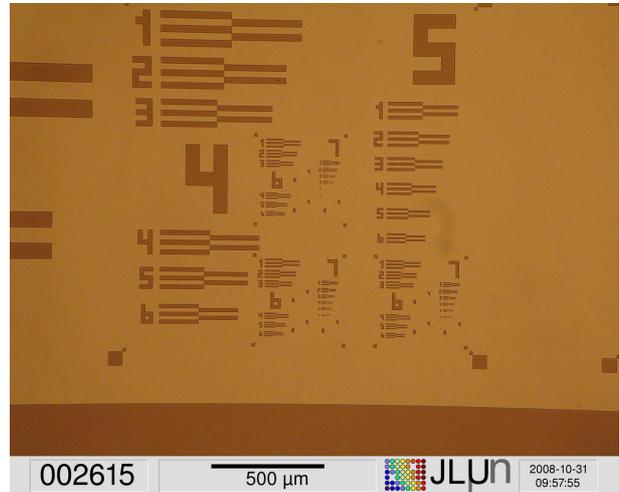


Abbildung 3: Heller Bereich in der Mitte von Wafer Nr. 35

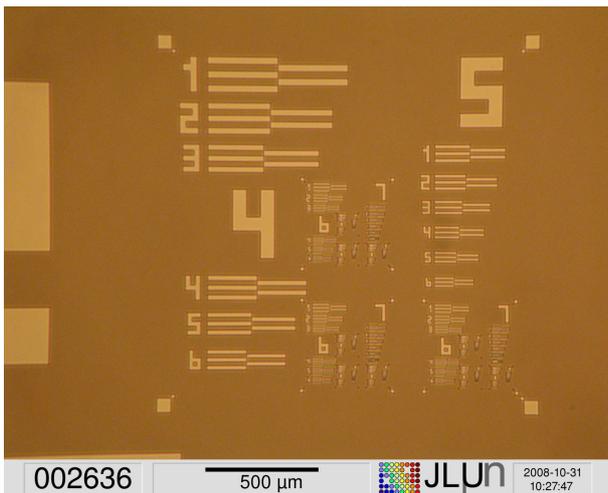


Abbildung 2: Dunkler Bereich in der oben, mitte von Wafer Nr. 34

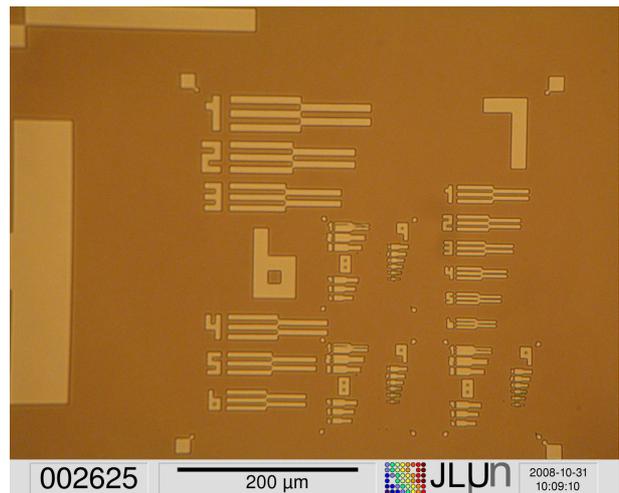


Abbildung 4: Dunkler Bereich oben, mitte von Wafer Nr. 35

Ebenso in der Auflösung gibt es keine großen Unterschiede.

Wie leicht zu erkennen ist, ist die maximale Auflösung im Bereich der Linienbreite des 6. Elements der 7. Gruppe zu finden, was nach der Dokumentation ca. 2192nm entspricht.

für Wafer 34 aus diesen Bilder (Abb. 2)
nicht zu sehen,
für Wafer 34 und 35 aus Abb. 1 und 3
nicht zu sehen.

Ergebnisse nach Bedampfung

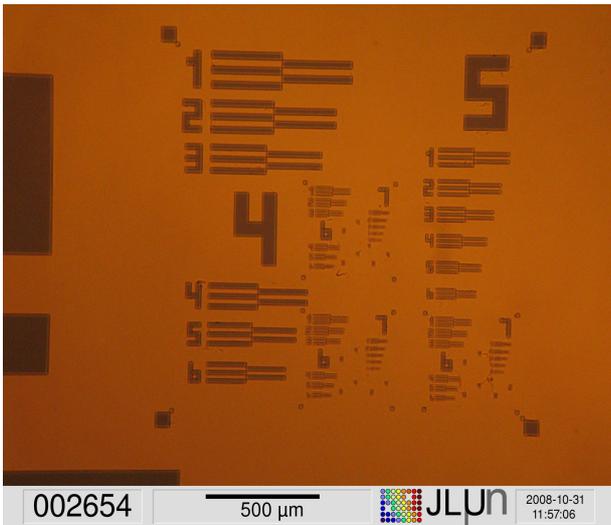


Abbildung 5: Wafer 34 - Heller Bereich Mitte

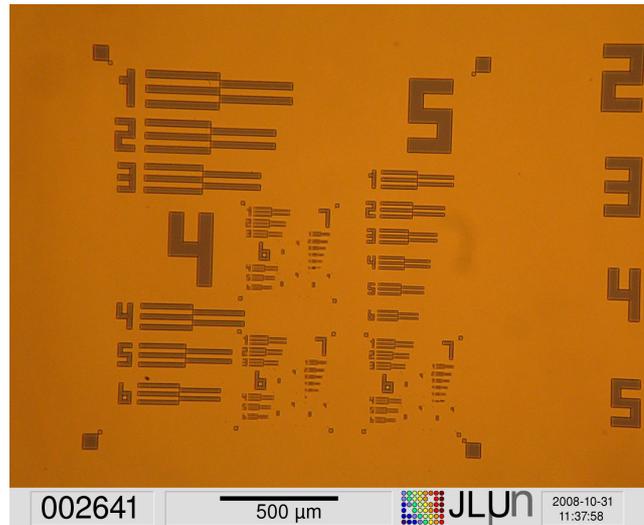


Abbildung 6: Wafer 35 - Heller Bereich Mitte

Wie in Abb. 5 & 6 zu sehen ist, ist die Strukturdefinition nach dem Bedampfen weitestgehend gleich geblieben. Nur bei genauerer Betrachtung kann man hier weitere Verwaschungen der Strukturen im Bereich von Gruppe 7 ab Element 6 erkennen. Da es sich hier um die gleichen Bereiche wie in Abb. 1&3 handelt kann man diese gut vergleichen.

Somit wäre es wahrscheinlich möglich auch kleinere Strukturen mittels der Bedampfung darzustellen, sofern diese beim Belichten und Entwickeln korrekt übertragen werden. ✓

Warum nicht mit
höherer Vergrößerung?

Mögliche Fehlerquellen

Bei der von uns verwendeten Belichtungsmethode, der optischen Lithografie wird der Wafer nahe an die Fotomaske gehalten wird, berührt sie jedoch nicht (Kontaktmethode). Die kleinste darstellbare Struktur der Methode ergibt sich zu:

$$KD = k_1 \lambda / NA$$

$$\approx \sqrt{\lambda \cdot d_{resist}}$$

f *

wir haben keine Linse

Wobei λ die Wellenlänge des verwendeten Lichts und NA die numerische Apertur der Linse gesehen vom Wafer ist. k_1 stellt eine Produktionskonstante dar. Eine Verbesserung des Auflösungsvermögens könnte sich also durch eine Verringerung der Wellenlänge des Lichts sowie eine Vergrößerung der numerischen Apertur erreichen lassen.

Um beim Herstellungsprozess eine möglichst hohe Auflösung zu erzielen, also eine möglichst geringe darstellbare Strukturgröße, darf das Resist weder über noch unterbelichtet werden.

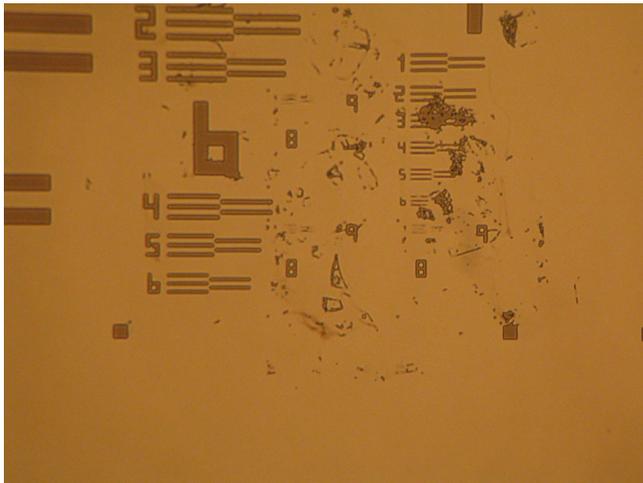


Abbildung 7: Rückstände auf Wafer 34

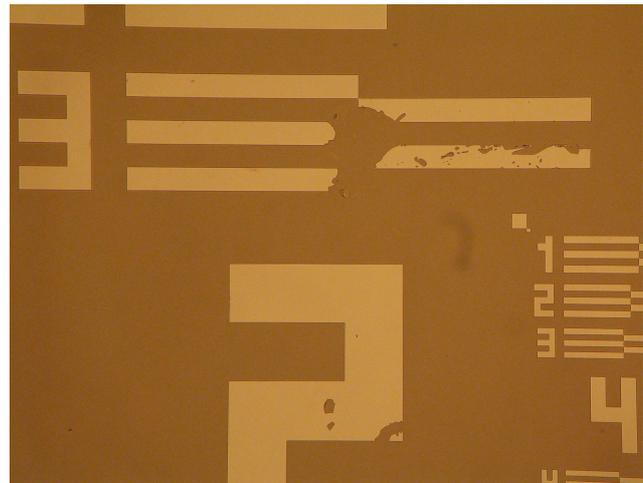


Abbildung 8: Ungenügende Ablösung auf Wafer 34

Wie in Abb. 7 & 8 zu erkennen ist kam es bei der Entwicklung von Wafer 34 an einer Stelle zu ungenügenden Ablösungen des Resist.

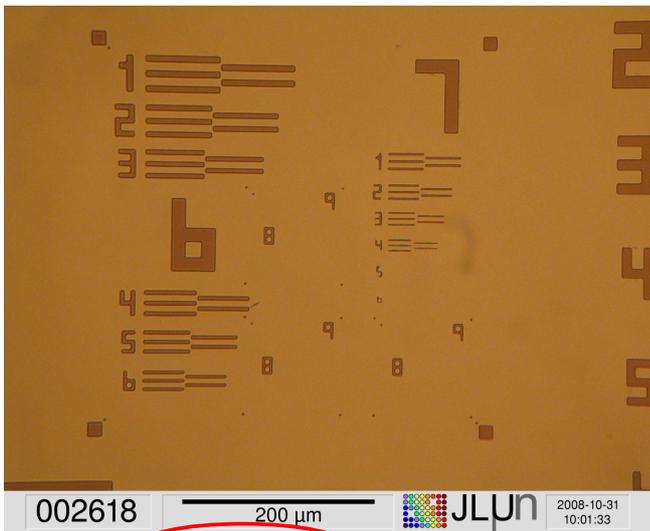
Im Bereich der Auflösung gab es ebenfalls starke Einschränkungen was u.a. mit der verwendeten Belichtungsmethode und dem Substrat zusammenhängen kann. Denn durch die möglicherweise teilweise Reflexion der Belichtung am Substrat kann es im Resist zu Wellenausbreitung kommen die in Form von stehenden Wellen an den Amplitudenmaxima mehr Resist abtragen als an den Amplitudenminima.

Was ist gemeint?

Eine weitere Erklärung für dieses Phänomen könnte die unterschiedliche Entwicklungszeit sein, welche die Wafer erfahren haben. Bei Wafer Nr. 34 wurde zu wenig Resist abgetragen, während bei Wafer Nr. 35, der (versehentlich) einige Sekunden länger entwickelt wurde, etwas zu viel abgetragen wurde.

Unserer Ansicht nach ist das im Moment die schlüssigste Erklärung. Wenn uns weitere Tests zur Verfügung stünden, würden wir einige weitere Versuche mit unterschiedlichen Entwicklungszeiten durchführen und überprüfen, in wie weit dies die Qualität der Ergebnisse beeinflusst und herausfinden, welche Zeit die besten Ergebnisse verspricht.

*) Der Fehler, der uns hier unterlaufen ist, ist dass doch die Kontaktmethode verwendet wurde.



Zum Vergleich nochmal der Wafer der zu lange im Entwickler belassen wurde und bei dem die kleineren Strukturen teilweise komplett verschwunden sind.

Abbildung 9: Überbelichteter Wafer

eher Überentwickelt