

Laser-DSR: Hochgenaue spektrale Kalibrierung von Empfängern mit Hilfe von Laserstrahlung

S. Winter, T. Fey, D. Friedrich, I. Kröger, K. Ladner, B. Ortel, S. Pendsa, D. Schlüssel, F. Witt

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
<mailto:Stefan.Winter@ptb.de>

Ein neuer multi-funktionaler Spektralmessplatz für Empfänger wird vorgestellt. Der neue Messplatz basiert auf dem Verfahren der differentiellen spektralen Empfindlichkeit (DSR). Durch den Einsatz von spektral durchstimmbaren Lasern können Solarzellen mit der weltweit geringsten Messunsicherheit von unter 0.5% kalibriert werden.

1 Einführung

Die Kunden der PTB aus den Bereichen Photovoltaik, Photometrie und UV-Messtechnik fordern eine geringere Messunsicherheit bei der spektralen Kalibrierung von Detektoren. Deshalb wurde ein neuer multi-funktionaler Spektralmessplatz für Empfänger konzipiert und aufgebaut. In diesem Beitrag erläutern wir unseren neuen Aufbau, der die Anforderungen der Industrie nach einer geringeren Messunsicherheit erfüllt.

2 Ansatz

Durch den Einsatz eines durchstimmbaren Lasersystems werden die Probleme herkömmlicher lampenbasierter Spektralmessplätze vermieden: eine geringe monochromatische Strahlungsleistung mit den Folgeproblemen einer großen Inhomogenität, einer großen spektralen Bandbreite und schlechtem Signal-Rausch-Verhältnis. Das neue laserbasierte System liefert computergesteuert von 210 nm bis 4000 nm eine 100- bis 10000-mal größere Strahlungsleistung als das lampenbasierte System (s. Abb. 3). Der Messplatz basiert auf der Methode der Differentiellen Spektralen Empfindlichkeit (DSR), mit der zusätzlich zur spektralen Empfindlichkeit auch die spektral aufgelöste Nichtlinearität bis 10000 W/m² bestimmt werden kann.

3 Aufbau

Der prinzipielle Aufbau des neuen Systems ist identisch mit dem alten Aufbau: Ein gepulster homogener monochromatischer Strahl sowie eine sonnenähnliche Zusatzbestrahlung bestrahlen den zu kalibrierenden Empfänger, z.B. eine Solarzelle (s. Abb. 1 und Abb. 2). Das Signal des gepulsten Strahls wird mit einem Lock-In-Verstärker gemessen und mit dem Signal eines Referenzdetektors verglichen. Daraus wird die absolute differentielle spektrale Empfindlichkeit bestimmt aus der sich dann der Kurzschlussstrom unter Standardprüfbedingungen berechnen lässt. Es ist ein Goniometer zur Messung der Winkelabhängigkeit integriert und über ein Quarzglasfenster kann die Strahlung op-

tionale in einen Klimaschrank eingekoppelt werden, um die Empfänger von -90°C bis +180°C spektral kalibrieren zu können.

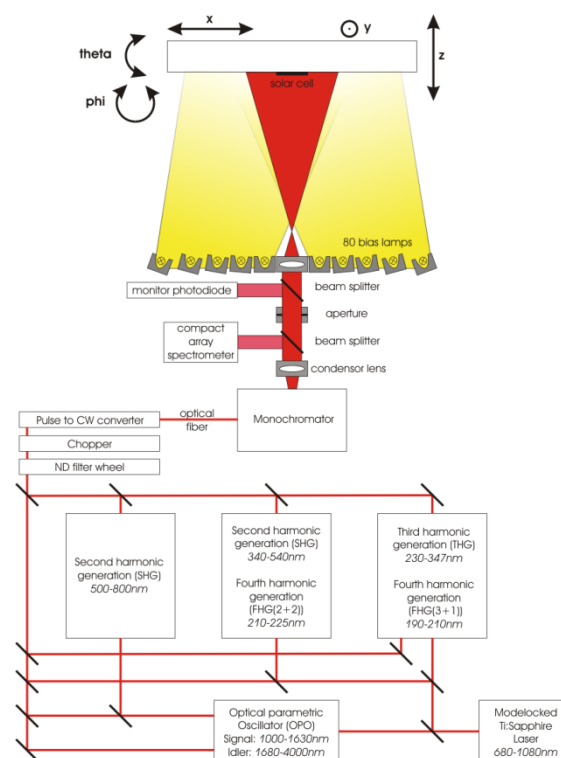


Abb. 1 Schematischer Aufbau des neuen Laser-DSR-Messplatzes. In der unteren Hälfte wird das Laser-Setup dargestellt. Der Strahl durchquert den Chopper bevor er auf den faserbasierten Puls-zu-cw-Konverter [1] trifft. Das Faserende befindet sich am Eintrittsspalt des Monochromators, der die Bandbreite des Lasers reduziert. Um die gleichen Arbeitsbedingungen wie bei natürlicher Sonnenbestrahlung zu erhalten, werden die Solarzellen mit einem Sonnensimulator bestrahlt (80 Biaslampen).

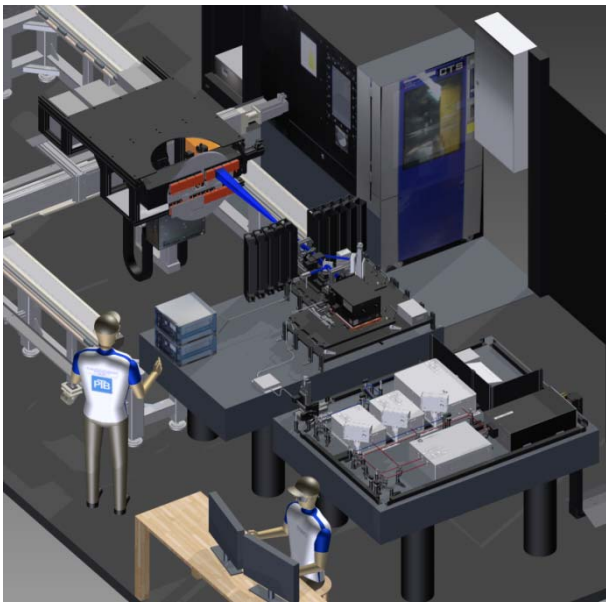


Abb. 2 CAD-Zeichnung des neuen Laser-DSR Messplatzes. Die drei Hauptkomponenten sind von rechts nach links: Der Laseraufbau, die Homogenisierungsoptik mit dem Monochromator und der 5-Achs Probentisch.

4 Ergebnisse

Nach Abschluss des Aufbaus wurde das System detailliert charakterisiert. Eine Strahlungsmessung in Abhängigkeit von der Wellenlänge ergibt eine Ausgangsleistung von 3800 mW bei 800 nm. Hinter dem Puls-zu-CW-Konverter und dem Monochromator bleiben davon immer noch mehr als 100 mW Strahlungsleistung übrig. Das bisherige lampenbasierte System besaß eine maximale Strahlungsleistung von 100 μ W und gleichen Bandbreitebedingungen. Abhängig von der Wellenlänge besitzt das laserbasierte System eine 100 bis 10000-mal stärkere monochromatische Nutzstrahlung (s. Abb. 3). Die stärkere verfügbare Strahlungsleistung wird für eine bessere Homogenisierung und größere Strahlungsfelder genutzt (s.

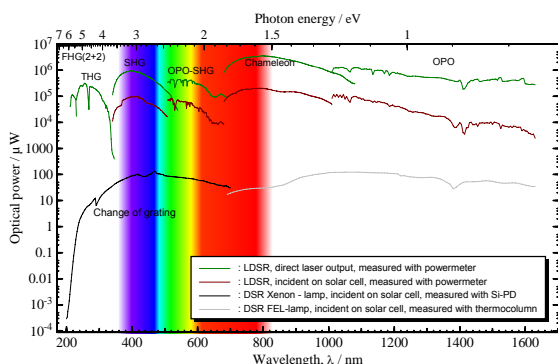


Abb. 3 Optische Strahlungsleistung in Abhängigkeit von der Wellenlänge des laserbasierten sowie des traditionellen lampenbasierten DSR-Messplatzes, jeweils am Ende des Strahlengangs. Zusätzlich ist die Strahlungsleistung des Lasers eingezeichnet.

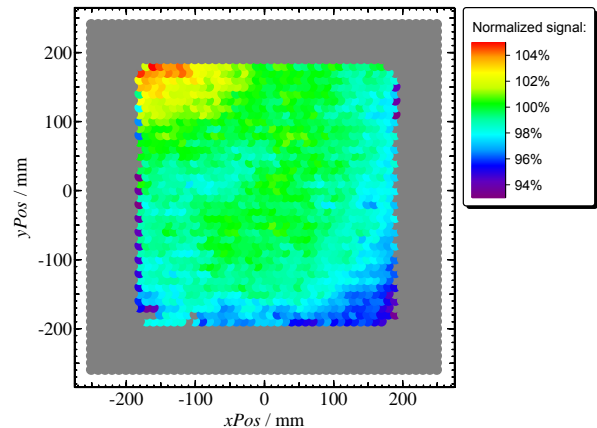


Abb. 4 Homogenität des monochromatischen Strahlungsfelds. Innerhalb eines 250 x 250 mm² großen Feldes beträgt die Inhomogenität weniger als 2 % und innerhalb eines ausgewählten 20 x 20 mm² Feldes ist sie geringer als 0,4 %.

Abb. 4). Bei der Kalibrierung des Kurzschlussstroms unter Standardprüfbedingungen von Referenzsolarzellen werden nun Messunsicherheiten von unter 0,5 % erreicht.

5 Zusammenfassung

Es wurde ein neuer multi-funktionaler Spektralmessplatz für Empfänger konzipiert und aufgebaut. Durch den Einsatz eines durchstimmbaren Lasersystems konnten die Probleme herkömmlicher lampenbasierter Spektralmessplätze vermieden werden. Das neue laserbasierte System liefert computergesteuert von 210 nm bis 4000 nm eine 100- bis 10000-mal größere Strahlungsleistung als das lampenbasierte System. Der Messplatz basiert auf der Methode der Differentiellen Spektralen Empfindlichkeit (DSR), mit der zusätzlich zur spektralen Empfindlichkeit auch die spektral aufgelöste Nichtlinearität bis 1 000 mW/cm² bestimmt werden kann. Es ist ein Goniometer zur Messung der spektral aufgelösten Winkelabhängigkeit integriert und über ein Quarzglasfenster kann die Strahlung in einen Klimaschrank eingekoppelt werden, um die Empfänger von -90 °C bis 180 °C spektral kalibrieren zu können.

Literatur

- [1] S. Winter, T. Fey, I. Kröger: „Umwandlung gepulster Laserstrahlung in kontinuierliche Strahlung“ in: DGaO Proceedings 2013