

Neuer Referenzmessplatz für gerichtete spektrale Transmission und Reflexion

Alfred Schirmacher, Steven Hesse

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

<mailto:alfred.schirmacher@ptb.de>

Das nationale Normal für gerichtete Transmission und Reflexion für Kalibrierungen im Spektralbereich vom DUV bis ins IR wurde neu erstellt. Es wird ein Überblick über technische Details der Apparatur gegeben und mögliche Anwendungen werden an Hand von Demonstrationsmessungen diskutiert.

1 Einführung

Das nationale Normal für gerichtete spektrale Transmission und Reflexion (NanoTrans und NanoRef) wurde nach Aufgabe des alten Messplatzes vollständig neu erstellt. Mit diesem weiterentwickelten Referenzmessplatz werden optische Filter und Spiegel im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 20 μm kalibriert. Auf Grund seiner flexiblen Auslegung können zudem eine Vielzahl verschiedener Fragestellungen untersucht werden.

2 Beschreibung der Apparatur, Anwendungsbeispiele

Die Überblicksskizze in Abb.1 zeigt den Messplatz mit seinen wesentlichen Komponenten. Die in einem Doppelmonochromator ($f = 0,5 \text{ m}$) präparierte Strahlung kann in zwei unterschiedliche Aufbauten eingekoppelt werden. Als Strahlquellen kommen für beide Teile sowohl konventionelle Lampen und Strahler (D2-, Halogenlampen, Wärmestrahler) als auch eine Superkontinuumquelle, laserunterstützte Plasmastrahler, Laser und IR-Dioden zum Einsatz.

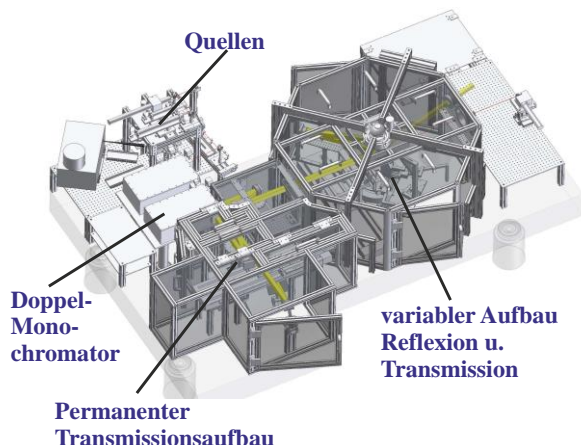


Abb.1 Skizze des Referenzmessplatzes
 $L \times B$ ca. 3,6 m x 2,4 m

Im permanenten Transmissionsaufbau ist ein Strahlengang realisiert, bei dem der Austrittsspalt mittels einer 1,5fachen Vergrößerung in die Pro-

benene abgebildet wird. Bis zu sieben Proben können mit einer örtlichen Auflösung von ca. 5 μm untersucht werden. Es werden vornehmlich küvettenartige Filter vermessen, die Probengröße kann aber bis zu 90 mm x 110 mm betragen. Als Detektoren werden Photomultiplier und diverse Dioden (Si, InGaAs) im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 2,5 μm verwendet.

Abb. 2 zeigt Ergebnisse für die Bestimmung des Transmissionsgradienten eines metallbeschichteten Quarzfilters im sichtbaren Spektralbereich. Das untersuchte Filter mit nominellem Transmissionsgrad von 1% weist eine deutliche örtliche Variation von ca. 0,2% relativ auf.

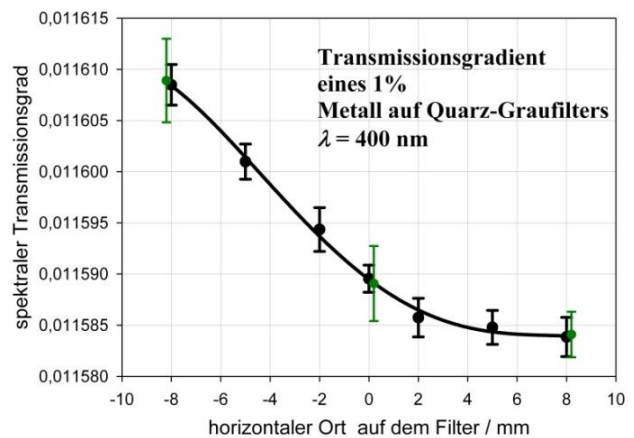


Abb.2 Ortsabhängige Variation des Transmissionsgrades, grün: Wiederholungsmessungen nach 6 Monaten

In der achteckigen Probenkammer ($d = 1,5 \text{ m}$) können unterschiedlichste Strahlengänge für Transmissions- und Reflexionsmessungen realisiert werden. Bei Verwendung des Monochromators erfolgt die Strahlformung mittels Spiegelkombinationen in einer vorgeschalteten Kammer, es kann aber auch die Strahlung von Lampen und Lasern durch zwei Ports rückwärtig in die Kammer eingekoppelt werden. Zentraler Teil des Aufbaus ist ein Goniometer (Abb.3), das aus zwei Dreheinheiten (Detektorarm u. Probendrehung)

sowie einer x/y/z-Verschiebeeinheit mit optionaler Wiege besteht. Sämtliche Verstelleinheiten sind absolutkodierte und können in hoher Auflösung betrieben werden. Detektoren, die den gesamten gewünschten Spektralbereich abdecken, können direkt auf den Detektorarm oder bei Verwendung einer Reflexionsoptik auf der Probenkammer montiert werden.

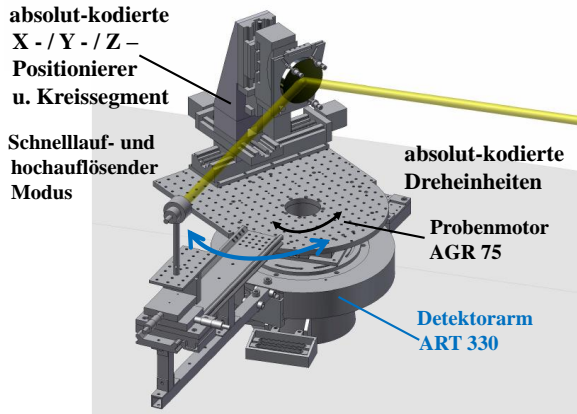


Abb.3 Zentrale Goniometereinheit für Reflexionsmessungen

Neben herkömmlichen Reflexionsmessungen (Einfallswinkel im Bereich von ca. 6° bis 85°, Messfleckgröße typisch 10 mm x 35 mm) an Normalen für gerichtete Reflexion sind weitere vielfältige Messungen möglich. Abb.4 gibt die Streuwinkelcharakteristik einer Zerodurprobe bei Messung in der Streuebene wieder. Die Messung erfolgte mit der polarisierten Strahlung eines Diodenlasers, als Detektor wurde eine Si-Fotodiode mit Polarisationsanalysator um die Probe geschwenkt. Das resultierende Streumuster lässt sich mit einer Rayleigh-Debye-Gans Modellkurve anpassen, aus der die mittlere Korngröße der Streuzentren bestimmt werden kann.

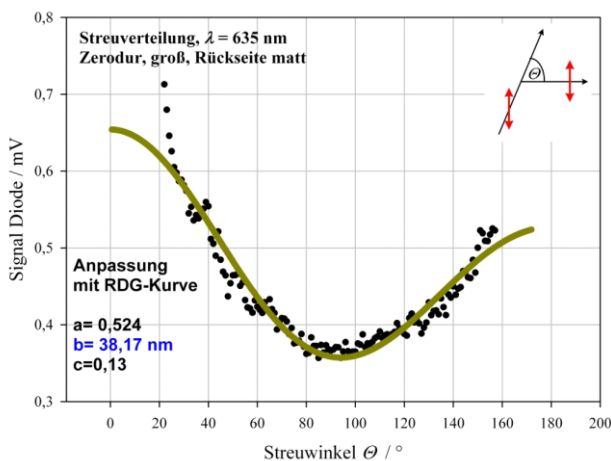


Abb.4 Streuverteilung einer Zerodurprobe

Bei der Kalibrierung eines holographischen Diffusors wird durch die Bestimmung der Azimutabhängigkeit der Streuung die Streuverteilung auch außerhalb der Einfallsebene zugänglich. Die beobachteten

Verteilungen folgen global gut einer Gaußschen Verteilung, weisen aber insbesondere im Bereich kleiner Streuwinkel Strukturen auf (Abb. 5), die wahrscheinlich auf verbleibende geordnete Mikro-Bereiche zurückzuführen sind.

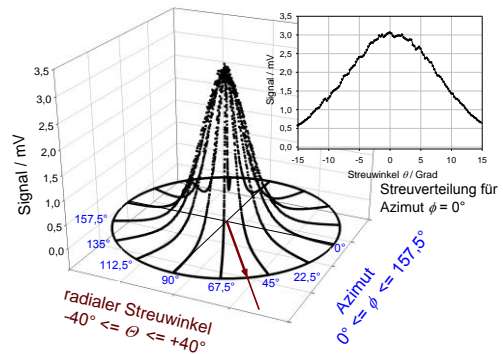


Abb.5 Streuverteilung eines holographischen Diffusors; Insert: Schnitt für den Azimut $\Phi = 0^\circ$

Abb.6 zeigt am Beispiel eines dichroitischen 45°-Strahlteilers die Messung der gerichteten Transmission und Reflexion in einem Messvorgang, wobei vorgegebene Strahlgeometrien wie Einfallswinkel und Strahlkonus eingestellt werden können.

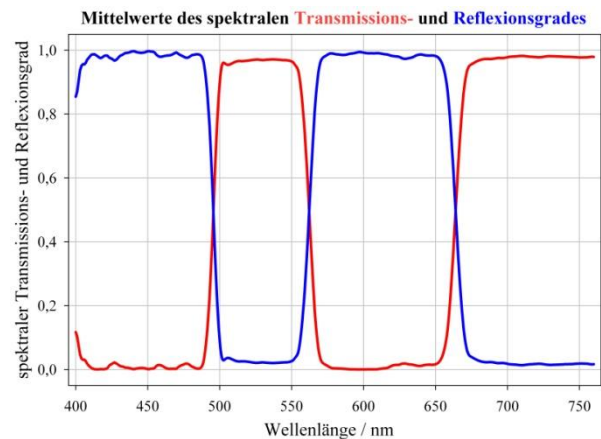


Abb.6 Kalibrierung eines dichroitischen Strahlteilers

3 Zusammenfassung

Der neue Referenzmessplatz steht für rückgeführte Kalibrierungen des gerichteten spektralen Transmissions- und Reflexionsgrades zur Verfügung. In Kürze sollen erste internationale Vergleichsmessungen durchgeführt werden. Auf Grund seiner flexiblen Auslegung bietet er zudem vielgestaltige Möglichkeiten für die präzise Charakterisierung optischer Komponenten in Transmission und Reflexion.