

Ein Messsystem zur Einzelteildokumentation der winkelabhängigen Reflexion und Transmission bei Excimerlaserwellenlängen für die optische Serienfertigung

Christian Sinn*

*PMS Optik AG, Kölner Straße 42, D-60327 Frankfurt / M.

<mailto:christian.sinn@pms-optik.de>

Der Beitrag stellt ein Messsystem vor, mit dem als Funktion des Winkels simultan Reflexion und Transmission von optischen Komponenten (vorzugsweise Planoptik) mit einem Excimerlaser bei 193 nm vermessen werden können. Das System wird für die Einzelteildokumentation optischer Bauteile in der Serienfertigung eingesetzt.

1 Einführung

Die Erfahrung lehrt, dass die optischen Eigenschaften von Funktionsbeschichtungen im DUV bei weitem nicht so reproduzierbar sind, wie das in anderen Wellenlängenbereichen erzielbar ist. Speziell bei 193 nm verändert sich beispielsweise die Lage der Absorptionskante des verwendeten Al_2O_3 von Charge zu Charge, ohne dass der Beschichter einen unmittelbaren Einfluss darauf hat. Insbesondere in der Medizintechnik ist die damit verbundene Interchargenvariation nicht zu tolerieren und macht eine Einzelteilvermessung nötig, um die geforderte Anwendungssicherheit zu gewährleisten. In diesem Beitrag stellen wir ein für diesen Zweck entwickeltes Messsystem vor und zeigen erste Ergebnisse der Inter- sowie der Intrachargenvariation von Funktionsschichten, wie sie in der Serienfertigung beobachtet werden.

2 Messaufbau

Der eigentliche Messaufbau ist in Abb. 1 gezeigt. Der Excimer-Laserstrahl (TuiLaser ExciStar S-200) wird in Luft auf das zu vermessende Objekt geleitet. Zur Messung der reflektierten und transmittierten Energie werden Detektor 1 (für hohe Energien, J25LP-MaxUV) und Detektor 2 (für niedrige Energien, J25-HR, beide Molelectron-Coherent) verwendet. Probe und Det.1 sind auf einem Zweikreisgoniometer (OWIS) zur flexiblen Einstellung des Einfallswinkels angeordnet.

Abb. 2 zeigt die verwendeten Geräte. Die Pulse des Lasers (193 nm, 4-5 mJ, 10 ns, 50 Hz) triggern elektrisch die Datenaufnahme durch das Zweikanalenergiemessgerät (EPM-2000, Molelectron).

Das gesamte Messsystem aus Laser, Energiemessgerät und Goniometer wird von einem PC mit selbst entwickelter Software gesteuert. Die Messwerte werden in einer Datenbank gespeichert und

automatisiert mit den Kundenspezifikationen abgeglichen. Die Messwertaufnahme geschieht vollautomatisch nach Auswahl von Messprofilen (Winkelprogramme, Lasersteuerung). Der Benutzereingriff beschränkt sich auf den Probenwechsel.

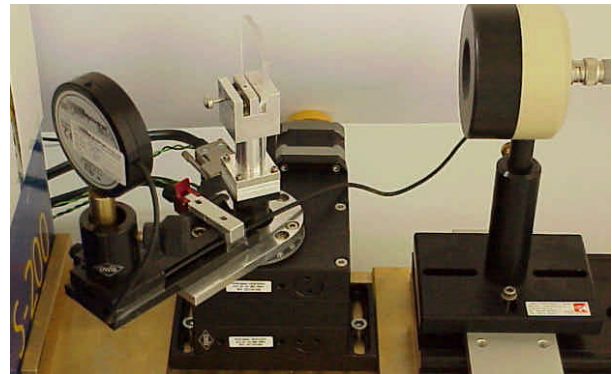


Abb. 1 Messsystem mit eingesetzter Planoptik in Reflexionsstellung (AOI 22.5°); Det.1 links, Det.2 rechts



Abb. 2 Geräte des Messsystems: Excimerlaser (unten), Goniometersteuerung (links), Energiemessgerät (rechts)

Bei der Messung wird immer zunächst mit Det.1 die Ausgangsenergie I_0 bestimmt, danach die Probe eingesetzt und I_R/I_0 bzw. I_T/I_0 ermittelt. Für transmissive Elemente (z.B. variable Abschwächer) wird Det.1 in 180°-Stellung benutzt; für die Transmissionsmessung von reflektiven Bauteilen (Resttransmission) wird der feststehende Det.2 benutzt, der mit Hilfe von Det.1 kalibriert wurde.

3 Vergleich Spektrometer – Lasermessung

Eine Standardmethode zur Prüfung des Beschichtungserfolges ist die spektrometrische Vermessung eines Bauteils, meist als Funktion der Wellenlänge, alternativ bei fester Wellenlänge als Funktion des Winkels. Eine solche Messung ist in Abb. 3 gezeigt, zusammen mit Messwerten, die mit dem Lasermesssystem gewonnen wurden.

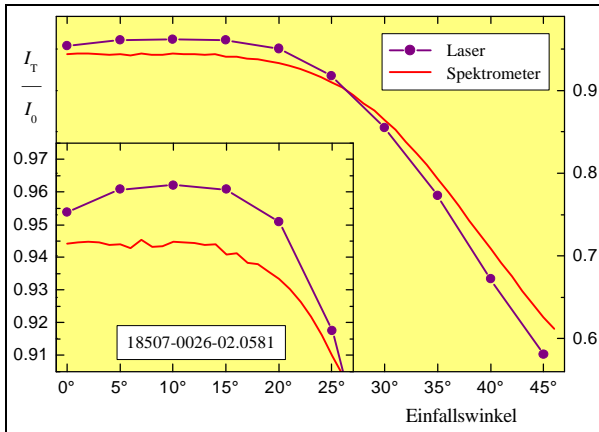


Abb. 3 Vergleich einer Spektrometer- und einer Lasermessung desselben Bauteils (variabler Abschwächer)

Es sind systematische Abweichungen sichtbar, sowohl bei kleinen (0°), als auch bei großen Winkeln (45°). Diese Abweichungen haben unterschiedliche Ursachen:

- Bei kleinen Winkel (erster Laserbeschuss) wird die Oberfläche gereinigt und evtl. aufgrund der hohen Energiedichte kompaktiert. Daher auch der unmittelbare Anstieg der Messwerte, der nicht immer beobachtet wird.
- Bei großen Winkeln wirkt sich aus, dass Laser und Spektrometerlicht linear polarisiert sind, jedoch mit unterschiedlicher Orientierung.

Letzteres lässt sich zeigen, indem man die theoretische Kurve des variablen Abschwächers polarisationsaufgelöst an die jeweiligen Messwerte anpasst, mit dem Polarisationsanteil s/p als Fitparameter. Dabei zeigt sich, dass der Laser zu etwa 63% vertikal polarisiert ist, während das Spektrometer (Perkin-Elmer Lambda 900) zu etwa 65% horizontal polarisiert ist, quer zum Austrittsspalt.

Diese, von den Herstellern nicht angegebene partielle Polarisation kommt beim Laser von einem hinter dem Resonator angeordneten 45° -Strahlteiler für den Energiemonitor, der etwa 5% der Laserstrahlung nach unten reflektiert. Eine Berechnung der Fresnelreflexionen ergibt in der Tat eine Vertikalpolarisation nach Durchtritt von etwa 61%, ausgehend von unpolarisiertem Licht und ohne Berücksichtigung der AR-Rückseite.

Beim Spektrometer versagt unterhalb von 220 nm zunehmend der eingebaute Depolarisator.

4 Erste Messergebnisse von Serienteilen

Die in Abb. 4 und Abb. 5 gezeigten Messergebnisse verdeutlichen die in der Einführung gemachten Bemerkungen. Sie führten beim gezeigten variablen Abschwächer zur gezielten Zusammenstellung von Pärchen mit homogeneren Eigenschaften.

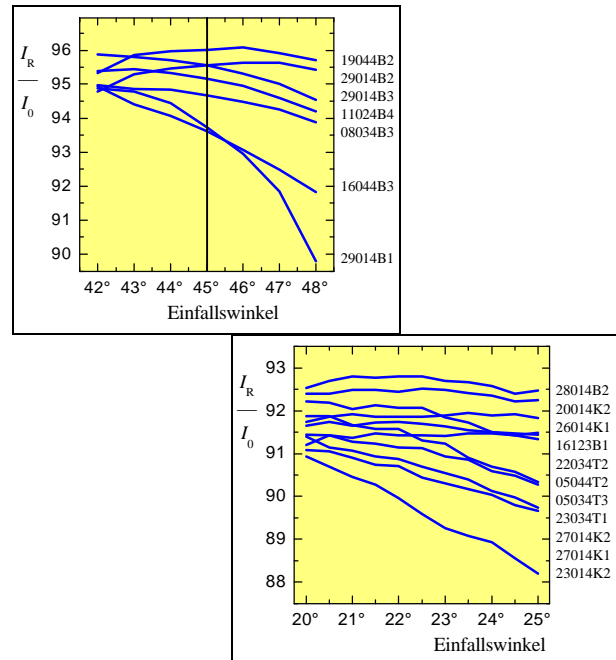


Abb. 4 Inter-Chargenvariation bei Spiegelsystemen: HR 193nm / 45° (oben), HR 193nm / 22.5° ± 2.5° (unten)

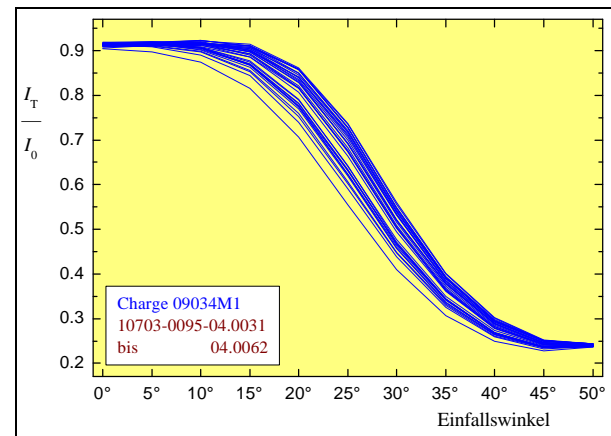


Abb. 5 Intra-Chargenvariation variabler Abschwächer

5 Danksagung

Die Entwicklung des vorgestellten Messsystems wurde von N. Machlitt (CEO Technolas B&L) und Ch. Schuke (CEO PMS Optik AG) initiiert und teilweise von Technolas Bausch&Lomb finanziell unterstützt. Die Software zur Gerätesteuerung und Datenauswertung wurde von K. Kirsas (Kirsas IT-Consulting) erstellt.