

Charakterisierung und Qualitätsprüfung von optischem Glas

Ralf Jedamzik, Peter Hartmann, SCHOTT AG Mainz

Optisches Glas für industrielle Anwendungen muss hohe Qualitätsanforderungen hinsichtlich der optischen Lage, Homogenität, Spannungsdoppelbrechung und der inneren Qualität erfüllen. In den letzten Jahren wurden die Methoden zur Qualitätsprüfung immer weiter optimiert. Dies betrifft z.B. die Verbesserung der Genauigkeit der Brechzahlprüfung und die Einführung einer hochgenauen und schnellen flächigen Spannungsprüfung hochhomogener optischer Gläser. Diese Präsentation gibt einen Überblick über die aktuellen Entwicklungen.

Flächige Spannungsprüfung

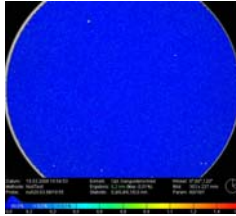


StrainMatic M4-016, Firma. ILIS
(in Kooperation mit SCHOTT)

Grundprinzip:
Automatisiertes de Senarmont

- > Messbereich: 300 x 225 mm
- > Ortsauflösung: ~ 1-1,5 mm
- > Messgenauigkeit: ~ ± 1nm absolut

Vorteil:
Flächige Spannungsmessung bei hoher Ortsauflösung in kurzer Zeit.

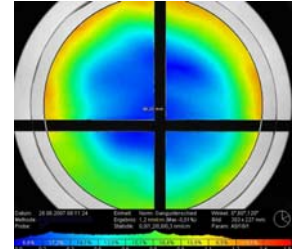


Leermessung:
Niedriges Grundrauschen von nur 0,2 nm.



Reproduzierbarkeitsnachweis mit Referenzprobe: < 0,3 nm pv.

Zeit	Spot 1 [nm]	Spot 2 [nm]	Spot 3 [nm]
15:30	8,5	13,1	26,9
15:35	8,7	13,2	26,8
15:40	8,7	13,3	27
15:45	8,7	13,4	27
15:50	8,6	13,2	27,1
15:55	8,6	13,2	27,1
16:00	8,5	13,3	27
16:05	8,6	13,3	27
Mittelwert	8,6	13,3	27,0
Standardabweichung	0,07	0,09	0,10
PV	0,2	0,3	0,3



Farbkodiertes Messergebnis

Brechzahlhomogenität und hochgenaue Brechzahlprüfung

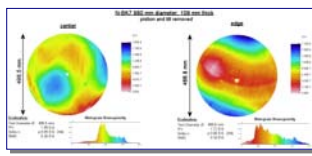
Homogenitätsprüfung von großen hochhomogenen Gläsern



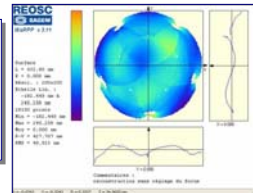
- > Mit dem Direct 100 Fizeau Interferometer können maximale Aperturen von 500 mm gemessen werden.
- > Es wird eine Wellenfrontauflösung von 10 nm erreicht.



- > SCHOTT N-BK7, F2, LLF1 und N-FK5 eignen sich besonders für großformatige hochhomogene Optiken.
- > Abgebildet ist eine 1m große LLF1 Scheibe.



- > Homogenitätsmessung auf 500 mm Apertur einer 980 mm großen N-BK7 Scheibe aus der Mitte und vom Rand mit jeweils H4 Qualität (+ 1*10⁻⁶).



- > Gesamtes Homogenitätsergebnis der Scheibe durch manuelles Zusammenfügen der Einzelergebnisse entspricht H3 Qualität (+ 2*10⁻⁶).

Hochgenaue Brechzahlprüfung UV-IR Spektrometer URIS

- > Wellenlängenbereich: 0,185 bis zu 2,325 µm
- > Temperaturbereich 18 – 28°C,
- > Stickstoffatmosphäre möglich

Genauigkeit (± 3 σ):

Brechzahl ± 4 × 10⁻⁶

Dispersion n_F-n_C ± 2 × 10⁻⁶

(n_F - n_C)

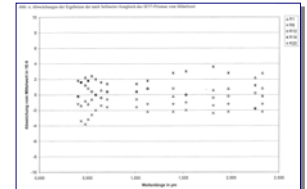
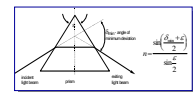
Ein Vergleich der bei SCHOTT üblichen Methoden zur Brechzahlmessung:

Messmethode	Wellenlängenbereich	Genauigkeit	Wavelengths	Method
UV-IR-Spektrometer	0,185 - 2,325 µm	± 3*10 ⁻⁶	0,185 - 2,325 µm	UV-IR-Spektrometer
Prismenspektrometer	0,4 - 1,0 µm	± 3*10 ⁻⁶	0,4 - 1,0 µm	Prismenspektrometer
Interferometer	0,4 - 1,0 µm	± 3*10 ⁻⁶	0,4 - 1,0 µm	Interferometer

- > Reproduzierbarkeitsmessungen an dem hochbrechenden SF57 zeigen die hohe Genauigkeit über einen weiten Wellenlängenbereich.

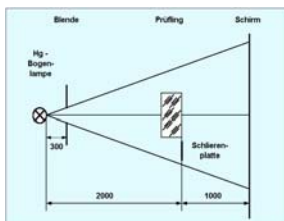
- > Die absolute Genauigkeit nach Referenzvergleich mit der PTB hat je nach Glasart eine Vergleichbarkeit von bis ± 1 × 10⁻⁶ ergeben.

Prismenspektrometer nach dem Minimalablenkungsprinzip:



Quantitative Schlierenanalyse

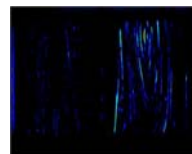
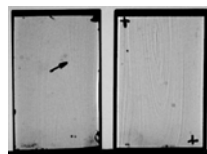
Aufbau der Schattenmethode



- > Die Schattenmethode ist empfindlich genug, um durch Schlieren hervorgerufene Wellenfrontabweichungen von 10 nm nachzuweisen (Probendicke 50 mm).
- > Der Standardschlierengrad der SCHOTT Gläser erfüllt die Stufen 1-4 der ISO 10110 und entspricht Grad C der MIL-G-174B.

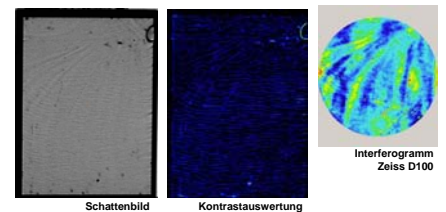
Spezifikation	Einheit	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert	Einheit	Wert
Wellenlänge	nm	632,8	nm	632,8	nm	632,8	nm	632,8
Wellenfrontabweichung	nm	10	nm	10	nm	10	nm	10
Probendicke	mm	50	mm	50	mm	50	mm	50
Schlierengrad	ISO 10110	1-4	ISO 10110	1-4	ISO 10110	1-4	ISO 10110	1-4
Schlierengrad	MIL-G-174B	Grad C	MIL-G-174B	Grad C	MIL-G-174B	Grad C	MIL-G-174B	Grad C

Teilautomatisierte Schlierenauswertung



- > Das Schattenbild wird von einer Kamera als hochauflösendes schwarz-weiß Bild aufgenommen.
- > Eine Software wertet den visuellen Kontrast der Schlieren aus und ordnet diesen auf einer einheitenlosen Skala von 0-255 (virtuelle Einheit px) ein.
- > Feinste A Schlieren nach MIL-G-174B (entspricht ca. 10 nm Wellenfrontabweichung) können aufgelöst werden. Die Reproduzierbarkeit beträgt ca. +8% bei einem optimalen Pixelwert von 28 für eine A- Referenzschlierne.
- > Wichtigste Anwendung: Objektivierter Vergleichbarkeit von Schlierenproben

Ziel: Absolute Kalibrierung, Vorhersage der Wirkung in optischen Abbildungen



Schattenbild Kontrastauswertung Interferogramm Zeiss D100

- > Derzeit ist mit dieser Auswertung lediglich ein Vergleich unterschiedlicher Schlieren möglich. Die absolute Kalibrierung mit einer unabhängigen Methode (z.B Interferometrie) ist das Thema für zukünftige Arbeiten.

