

# Streuverluste fluoridischer Substrate und Schichten bei 193 nm

Sven Schröder, Stefan Gliech, Angela Duparré



Sven Schröder



Stefan Gliech



Angela Duparré

Der anhaltende Trend in der optischen Lithographie zu immer kürzeren Lichtwellenlängen hat zur Folge, dass Verluste durch Streuung eine kritische Rolle einnehmen. Die aktuelle Roadmap fokussiert gegenwärtig darauf, bis zum Zeitpunkt der Anwendungsreife der EUV-Lithographie die Optimierung im DUV-Bereich bei 193 nm bis an ihre Grenzen voranzutreiben (ohne dass dabei die Wiederaufnahme von Aktivitäten bei 157 nm ausgeschlossen werden kann). Die Technologieentwicklung zieht enorme Herausforderungen an die Messtechnikentwicklung nach sich. Für die Streulichtanalyse bedeutet dies, dass sich optische Komponenten von superglaten Substraten bis hin zu Schichtsystemen mit ausgeprägten Nanostrukturen sowohl hochauflösend als auch effizient vermessen lassen und außerdem die Messungen direkt mit theoretischen Auswertetools verknüpfbar sein müssen.

Das am Fraunhofer IOF entwickelte Messsystem VULSTAR /1/ mit seinen Möglichkeiten zur totalen und winkelaufgelösten Bestimmung der Lichtstreuung, Transmission und Reflexion bei 193 nm und 157 nm ist weltweit das einzige System, das diese Anforderungen erfüllt. Extrem hohe Sensitivitäten von  $10^{-6}$  (totale Streuung) und Dynamikbereiche von mehr als 10 Größenordnungen (winkelaufgelöste Streuung) garantieren hochgenaue Messungen. Gleichzeitig ermöglichen flexible und effiziente Messmodi sowie deren Verknüpfung mit Modellierungstechniken einen breiten Anwendungsspielraum. Ein Beispiel dafür sind die in einem Projekt mit Newport Corp. (Irvine, USA) durchgeführten Untersuchungen zur Optimierung von HR-Schichtsystemen für 193 nm mit unterschiedlichen Schichtdesigns und -materialien (Abb. 1 und 2) /2/.

Durch die gewonnenen Ergebnisse wurde der Projektpartner in die Lage versetzt, die weitere Technologieoptimierung mit dem am besten geeigneten System voranzutreiben.

Vergleiche mit modellierten Streukurven für dieses System (Abb. 3) auf der Basis von AFM-Daten (Abb. 4) lieferten zudem wichtige Hinweise auf die maßgeblichen Streulichtmechanismen und damit die Grundlage für weitere Optimierungsschritte.

Weitere Anwendungsbeispiele sind u. a. in /3/ zu finden.

Literatur:

- /1/ Gliech, S.; Duparré, A.: „Light Scatter Technique for Application in Optics, Nanotechnology, and Engineering“, VDI-Berichte Nr. 1844 (2004), pp. 31–37.
- /2/ Rudisill, J. E.; Duparré, A.; Schröder, S.: „Determination of scattering losses in ArF<sup>+</sup> excimer laser all-dielectric mirrors for 193 nm microlithography application“, in Laser-Induced Damage in Optical Materials, G. J. Exarhos; A. H. Guenther; N. Kaiser; K. L. Lewis; M. J. Soileau and Ch. J. Stolz, eds., Proc. SPIE 5647, (2004) in print.
- /3/ Hultåker, A.; Gliech, S.; Gessner, H.; Duparré, A.: „Characterization of CaF<sub>2</sub> substrates for VUV fluoride coatings“, Proc. SPIE Vol. 5250 (2003), pp. 119–126.

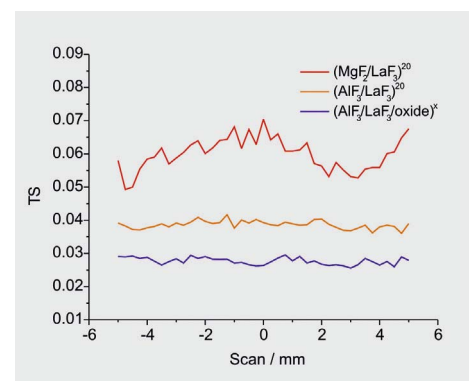


Abb. 1:  
Totale Streulichtmessungen (TS) bei 193 nm an HR-Schichtsystemen mit den in der Bildlegende angegebenen Designs.

Fig. 1:  
Total scattering (TS) at 193 nm on HR coatings with the designs given in the figure.

# Scattering losses on fluoride substrates and coatings at 193 nm

Sven Schröder, Stefan Gliech, Angela Duparré

The persistent trend of optical lithography towards ever shorter wavelengths results in scattering losses playing a critical role. The current roadmap focuses on pushing the optimization in the DUV region at 193 nm until EUV lithography is ready for application (without actually excluding the possibility of resumption of activities at 157 nm). The technological progress involves enormous challenges for metrology. For light scattering analysis, this means that optical components from smooth substrates to multilayer systems with pronounced nanostructures need to be measured with high resolution and efficiency. Furthermore, the measurements must be directly connectable to theoretical analysis tools.

The measurement system VULSTAR /1/, developed at the Fraunhofer IOF, with its capacity to measure total and angle resolved scattering, transmittance and reflectance at 193 nm and 157 nm, is the only system worldwide that fulfills these demands. Extremely high sensitivities of  $10^{-6}$  (total scattering) and dynamic ranges exceeding 10 orders of magnitude (angle resolved scattering) guarantee highly accurate measurements.

Flexible and efficient measurement modes together with their link to modeling techniques permit a wide field of applications. One example are recent investigations within a project with Newport Corp. (Irvine, USA), aimed at the optimization of HR coatings for 193 nm using different coating designs and materials (Fig. 1 and 2) /2/. The measurement results enabled our project partner to pursue the further technological optimization with the most appropriate system.

Moreover, comparison with modeled scattering curves for this system (Fig. 3) based on AFM data (Fig. 4) provided important indications of the dominant scattering mechanisms and therefore the basis for further optimization steps.

Additional examples of application can be found in /3/.

## References:

- /1/ Gliech, S.; Duparré, A.: „Light Scatter Technique for Application in Optics, Nanotechnology, and Engineering“, VDI-Berichte Nr. 1844 (2004), pp. 31–37.
- /2/ Rudisill, J. E.; Duparré, A.; Schröder, S.: „Determination of scattering losses in ArF<sup>+</sup> excimer laser all-dielectric mirrors for 193 nm microlithography application“, in Laser-Induced Damage in Optical Materials, G. J. Exarhos; A. H. Guenther; N. Kaiser; K. L. Lewis; M. J. Soileau and Ch. J. Stolz, eds., Proc. SPIE 5647, (2004) in print.
- /3/ Hultåker, A.; Gliech, S.; Gessner, H.; Duparré, A.: „Characterization of CaF<sub>2</sub> substrates for VUV fluoride coatings“, Proc. SPIE Vol. 5250 (2003), pp. 119–126.

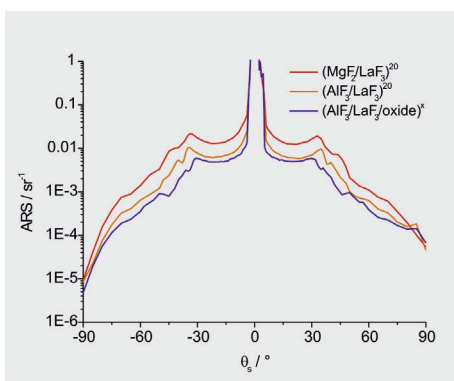


Abb. 2: Winkelaufgelöste Streulichtmessungen (ARS) bei 193 nm an HR-Schichtsystemen.

Fig. 2: Angle resolved scattering (ARS) at 193 nm on HR coatings.

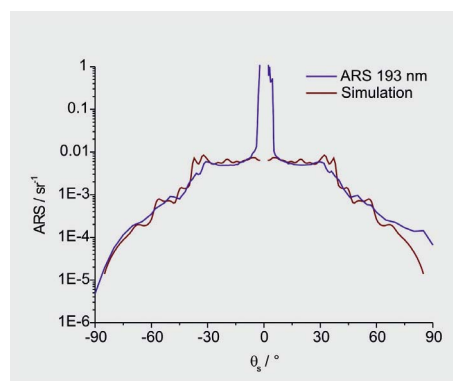


Abb. 3: Vergleich der gemessenen und modellierten Streulichtkurven für das System (AlF<sub>3</sub>/LaF<sub>3</sub>/oxide)<sup>x</sup>.

Fig. 3: Comparison of measured and modeled scattering curves for the (AlF<sub>3</sub>/LaF<sub>3</sub>/oxide)<sup>x</sup> system.

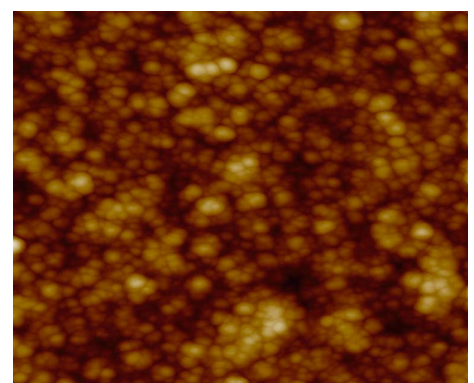


Abb. 4: Oberflächentopographie des HR-Systems aus Abb. 3 (AFM-Messung, Scangebiet: 1 x 1 μm<sup>2</sup>, Höhenskala 0 nm bis 30 nm).

Fig. 4: Surface topography of the HR system in Fig. 3 (AFM measurement, scan size 1 x 1 μm<sup>2</sup>, height scale 0 nm to 30 nm).