

Entwicklung einer Spezialsputteranlage für EUV-Optiken

Torsten Feigl, Sergiy Yulin, Wieland Stöckl, Norbert Kaiser



Torsten Feigl

Einleitung

Die definierte Abscheidung hochreflektierender Gradientenschichtsysteme auf ultrapräzise gefertigten Substraten ist gegenwärtig eine der größten Herausforderungen für die EUV-Optikentwicklung. Ausgehend von den Anforderungen an die optischen Komponenten eines extrem ultraviolett Lithographietools ist die EUV-Lithographie bei 13,5 nm Wellenlänge der Technologiemotor für die Entwicklung von Multilayeroptiken für den EUV-Spektralbereich sowie die weiche Röntgenstrahlung. Um den Anforderungen an die Beschichtung gerecht zu werden, wurde ein EUV-Sputtersystem – NESSY entwickelt (Abb. 1).

Konzeption

Die Beschichtung von EUV-Substraten erfolgt mit DC Magnetron-Sputtertechnologie. Hierbei bewegen sich die schnell rotierenden Substrate auf Kreisbahnen unter den Sputterquellen (sputter down). Die Anlage ist mit vier 600 mm x 125 mm Rechteckmagnetrons ausgerüstet (Abb. 2), so dass bis zu vier verschiedene Materialien während einer Substratrotation abgeschieden werden können (z. B. Molybdän und Silizium sowie zwei Interdiffusions-schichtmaterialien). Die Schichtdicken können im Subangströmbereich durch die Rotationsgeschwindigkeit und die Leistung der entsprechenden Sputterquellen eingestellt werden. Die Konstruktion des Substrathalters erlaubt die simultane Beschichtung von zwei Ø 450 mm bzw. drei Ø 300 mm Substraten (Abb. 3). Die Substrate werden über eine Schleusenkammer vom Reinraumbereich in die Sputteranlage eingebracht (Abb. 4).



Abb. 1:
DC Magnetronsputtersystem NESSY.

Fig. 1:
DC magnetron sputtering system NESSY.

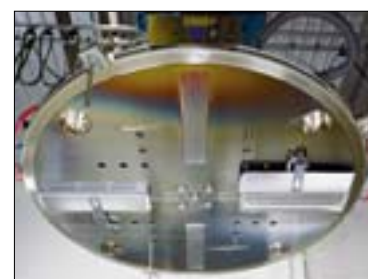


Abb. 2:
Kammerdeckel mit Targets.

Fig. 2:
Top cover with targets.

Development of a large area sputtering system for EUV optics

Torsten Feigl, Sergiy Yulin, Wieland Stöckl, Norbert Kaiser

Introduction

The accurate deposition of high reflective and laterally graded multilayers on ultraprecisely polished substrates is one of the major challenges of EUV optics development today. According to the PO box requirements of an extreme ultraviolet lithography tool, EUVL at 13.5 nm can be regarded as the technology driver to develop multilayer coated optical components for the EUV spectral range and the soft X-rays. To meet the multilayer coating requirements, a **New EUV Sputtering SYstem** – NESSY has been developed (Fig. 1).

Conception

The deposition of EUV substrates is performed by dc magnetron sputtering. The fast spinning substrates move on a circular path underneath the sputter sources (sputter down). The system is equipped with four rectangular magnetrons, 600 mm x 125 mm each (Fig. 2).

Hence, up to four different materials can be deposited during one rotation of the substrate (e.g. molybdenum and silicon and two different interdiffusion layer materials). The layer thickness can be adjusted in the sub-Angstrom range by the rotation speed and the power of the corresponding sputter source. The simultaneous coating of two Ø 450 mm substrates or three Ø 300 mm substrates is possible (Fig. 3). Substrates are transferred via load lock from the clean room area into the sputtering chamber (Fig. 4).



Sergiy Yulin



Wieland Stöckl



Norbert Kaiser



Abb. 3: Vakuumkammer mit Substratstationen.

Fig. 3: Vacuum chamber with substrate holders.



Abb. 4: Substratschleuse.

Fig. 4: Substrate load lock.

Zur Optimierung der lateralen Schichtdickenhomogenität rotieren die Substrate mit einem Spin von bis zu 500 Umdrehungen pro Minute. Der Substrat-Target-Abstand ist von 50 bis 150 mm variierbar, so dass die Installation sich bewegender Shutter zur Realisierung lateraler Schichtdickengradienten möglich ist. Die Kathodenkonstruktion erlaubt eine flexible Magnetkonfiguration, um eine optimale Anpassung an verschiedene Beschichtungsmaterialien in Bezug auf Targetnutzung und Adatomenergie zu gewährleisten. Alle Magnetrons arbeiten stabil bei einem Argon-Sputterdruck unter $7 \cdot 10^{-4}$ mbar. Die NESSY-Spezifikationen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Experimentelle Ergebnisse

Mo/Si Multilayer mit verschiedenen Schichtdesigns wurden realisiert. Neben der Optimierung der Peakreflexion mit einem periodischen Design erfolgte die Maximierung und Minimierung der Bandbreite mit speziellen Breit- und Schmalband-Designs. Die Reflexion der Multilayerspiegel wurde mit Synchrotronstrahlung durch die PTB Berlin (BESSY II) kalibriert. Abb. 5 stellt die gemessenen Reflexionen vergleichend dar.

Die Optimierung der lateralen Schichtdickenverteilung erfolgte unter Nutzung speziell geformter Masken, die in Kathodennähe fixiert wurden. Eine Homogenität von $\pm 0,1$ % auf 150 mm Substraten bzw. $\pm 0,2$ % auf 300 mm Substraten konnte mit Mo/Si Multilayern nachgewiesen werden.

Literatur:

- /1/ Kaiser, N.; Yulin, S.; Feigl, T.; Bernitzki, H.; Lauth, H.: „EUV and soft X-ray multilayer optics“, Proc. SPIE 5250, 2003.
- /2/ Feigl, T.; Yulin, S.; Stöckl, W.; Kaiser, N.; Bernitzki, H.; Lauth, H.: „Large area sputtering system for EUVL optics“, Proc. 2nd International EUVL Symposium, 30.9.–2.10.2003, Antwerp, Belgium.

Tab. 1:
NESSY-Spezifikationen.

Substratgröße	bis Ø 450 mm
Substratstationen	2 Stationen für Ø 450 mm bzw. 3 Stationen für Ø 300 mm
Sputterquellen	vier Magnetrons, 600 mm x 125 mm
Schichthomogenität	$\pm 0,1$ % auf 150 mm, $\pm 0,2$ % auf 300 mm
Sputterabstand	50 mm ... 150 mm
Substratrotation	≤ 5 U/min
Substratspin	≤ 500 U/min
Kammerdruck	$< 8 \cdot 10^{-9}$ mbar
Arbeitsdruck	$< 7 \cdot 10^{-4}$ mbar

To optimize the lateral thickness homogeneity, the substrates are spun up to 500 rotations per minute during the deposition process. The target-substrate distance can be varied from 50 mm to 150 mm allowing for the installation of moving shutters to deposit laterally graded multilayers. Special effort has been made to construct the cathodes. Various magnetic configurations have been constructed in order to ensure the highest flexibility for different coating materials in terms of homogeneity requirements and adatom energy. All magnetrons work stable at a working pressure of less than $7 \cdot 10^{-4}$ mbar in argon atmosphere. The specifications are summarized in Table 1.

Experimental results

Mo/Si multilayers with different film designs were realized. Besides the maximization of the peak reflectivity using a periodic multilayer design, the maximization and minimization of the FWHM were designed and realized using special broadband and narrowband multilayer designs, respectively. Normal incidence reflection measurements were performed with synchrotron radiation at the PTB Berlin (BESSY II), Germany. Fig. 5 compares the measured reflectance of Mo/Si multilayer mirrors with a periodic, a broadband and a narrowband design.

The lateral layer thickness distribution was optimized with specially formed masks fixed close to the cathodes. A homogeneity of $\pm 0.1\%$ on 150 mm and $\pm 0.2\%$ on 300 mm has been demonstrated recently with Mo/Si multilayers.

References:

- /1/ Kaiser, N.; Yulin, S.; Feigl, T.; Bernitzki, H.; Lauth, H.: „EUV and soft X-ray multilayer optics“, Proc. SPIE 5250, 2003.
- /2/ Feigl, T.; Yulin, S.; Stöckl, W.; Kaiser, N.; Bernitzki, H.; Lauth, H.: „Large area sputtering system for EUVL optics“, Proc. 2nd International EUVL Symposium, 30.9.–2.10.2003, Antwerp, Belgium.

Tab. 1:
NESSY specifications.

Substrate size	up to Ø 450 mm
Substrate stations	2 stations for Ø 450 mm or 3 stations for Ø 300 mm
Sputter sources	4 magnetrons, 600 mm x 125 mm
Thickness homogeneity	$\pm 0.1\%$ on 150 mm, $\pm 0.2\%$ on 300 mm
Sputter distance	50 mm ... 150 mm
Substrate rotation	≤ 5 r.p.m.
Substrate spin	≤ 500 r.p.m.
Base pressure	$< 8 \cdot 10^{-9}$ mbar
Working pressure	$< 7 \cdot 10^{-4}$ mbar

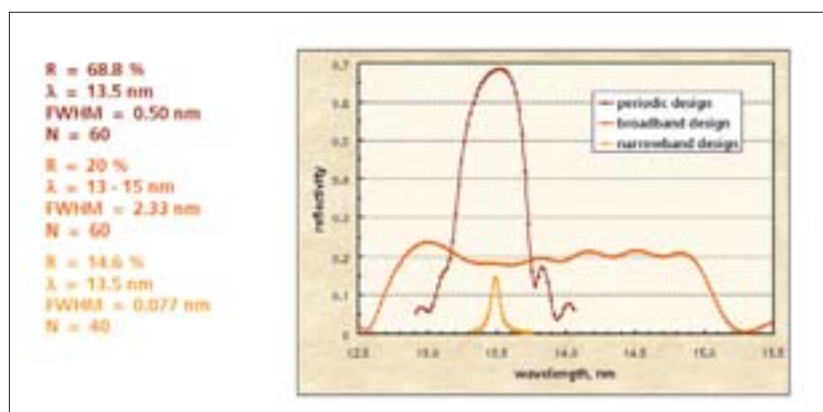


Abb. 5:
Gemessene Reflektivität von Mo/Si Multilayern.

Fig. 5:
Measured EUV reflectivity of Mo/Si multilayers.