

Entwicklung thermisch stabiler MoSi₂/Si- und Mo/C/Si/C-Schichtsysteme

Sergiy Yulin, Nicolas Benoit, Torsten Feigl, Norbert Kaiser



Sergiy Yulin



Nicolas Benoit



Torsten Feigl



Norbert Kaiser

Die Anwendung von Multilayeroptiken für die EUV-Lithographie erfordert nicht nur eine höchstmögliche Reflektivität, sondern auch eine anhaltende thermische und Strahlungsstabilität bei Arbeitstemperatur. Besonders gilt dies für den Kollektorspiegel des Beleuchtungssystems, da wegen seiner unmittelbaren Nähe zur EUV-Quelle ein vorzeitiger Reflektivitätsverlust erfolgen kann. So zeichnen sich herkömmliche Mo/Si-Schichtsysteme bei thermischer Beanspruchung ($T > 200\text{ °C}$) durch eine Instabilität der Schichtstruktur mit daraus resultierendem Verlust der Reflektivität sowie einer Verschiebung der Peak-Wellenlänge aus. Dies limitiert die Anwendung von Mo/Si-Systemen für Beschichtungen von EUVL-Kollektorspiegeln.

Mit dem Ziel einer deutlichen Verbesserung der thermischen Stabilität wurden zwei alternative Schichtsysteme auf Silizium-Basis entwickelt: MoSi₂/Si und Mo/C/Si/C. Die Schichtdesigns sowie die Beschichtungsparameter wurden für eine Maximalreflexion bei einer Wellenlänge um 13,5 nm sowie einer Arbeitstemperatur von 400 °C optimiert. Die Untersuchung der thermischen Stabilität erfolgte unter Hochvakuumbedingungen bis $T = 500\text{ °C}$ und 100 h.

Die untersuchten MoSi₂/Si-Systeme zeigen nur geringfügige thermisch induzierte Änderungen der Schichtstruktur. Die hauptsächlich auf Kristallisierungsprozesse der MoSi₂-Schicht zurückzuführenden Strukturveränderungen sind im untersuchten Temperaturbereich von 250 °C bis 500 °C zeitlich invariant (Abb. 1). Während sich nach einer 100-stündigen Temperatureinwirkung von $T = 500\text{ °C}$ die Peak-Wellenlänge um ca. 1,7 % verringert, konnte ein Reflektivitätsverlust von lediglich 1,0 % nachgewiesen werden.

Die optischen Eigenschaften von Mo/C/Si/C-Schichtsystemen sind bei Temperaturen bis $T = 300\text{ °C}$ stabil. Eine Verringerung der Peak-Wellenlänge von 2,1 % sowie ein Reflektivitätsverlust von nur 1,5 % wurden nach einer 100-stündigen Temperatureinwirkung von $T = 500\text{ °C}$ gemessen, wobei für Temperaturen $T > 400\text{ °C}$ eine zeitliche Abhängigkeit thermisch induzierter Strukturveränderungen zu beobachten ist (Abb. 2).

Die Kombination von thermischer Stabilität und optischen Eigenschaften von MoSi₂/Si- und Mo/C/Si/C-Schichtsystemen unterstreicht ihre potentielle Nutzung als Beschichtung von EUVL-Kollektorspiegeln.

Die Autoren danken Cymer Incorporation für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeiten.

Literatur:

- /1/ Yulin, S.; Benoit, N.; Feigl, T.; Kaiser, N.: „High-temperature MoSi₂/Si and Mo/C/Si/C multilayer mirrors“, Poster: 3rd International EUVL Symposium, Nov 1–4, 2004, Myiazaki, Japan.

Development of high-temperature MoSi₂/Si and Mo/C/Si/C multilayer mirrors

Sergiy Yulin, Nicolas Benoit, Torsten Feigl, Norbert Kaiser

The application of multilayer optics in EUV Lithography requires not only the highest possible normal-incidence reflectivity but also a long-term thermal and radiation stability at operating temperatures. This requirement is most important in the case of the collector mirror of the illumination system close to the EUV source where a short-time decrease in reflectivity is most likely. A serious problem of Mo/Si multilayers is the instability of reflectivity and peak wavelength under high heat load. The instability of Mo/Si multilayers becomes especially critical at elevated temperatures of more than 200 °C, thus limiting the possible applications of Mo/Si multilayers for coating of the EUVL collector mirror.

The development of high-temperature multilayers was focused on two alternative Si-based systems: MoSi₂/Si and Mo/C/Si/C multilayer mirrors. The multilayer designs as well as the deposition parameters of both systems were optimized in terms of high peak reflectivity at a wavelength close to 13.5 nm and a working temperature of 400 °C. Annealing was carried out under vacuum at elevated temperatures of up to 500 °C for up to 100 hours.

Small thermally induced changes of the MoSi₂/Si multilayer properties were found but they were independent of the annealing time at all temperatures examined (Fig. 1). A wavelength shift of – 1.7 % and a reflectivity drop of 1.0 % have been found after annealing at 500 °C for 100 hours. The degradation of optical properties can be explained by crystallization processes of MoSi₂ layers.

The optical properties of Mo/C/Si/C did not change for temperatures of up to 300 °C. A wavelength shift of – 2.1 % and a reflectivity drop of 1.5 % were found after annealing at 500 °C for 100 hours. For temperatures above 400 °C a time-dependent degradation of the optical properties can be observed (Fig. 2).

The combination of high thermal stability and good optical properties of MoSi₂/Si and Mo/C/Si/C multilayer mirrors underlines their potential for use in the coating of EUVL collector optics.

The authors gratefully acknowledge the financial support for this work from Cymer Incorporation.

References:

- /1/ Yulin, S.; Benoit, N.; Feigl, T.; Kaiser, N.: „High-temperature MoSi₂/Si and Mo/C/Si/C multilayer mirrors”, Poster: 3rd International EUVL Symposium, Nov 1–4, 2004, Myiazaki, Japan.

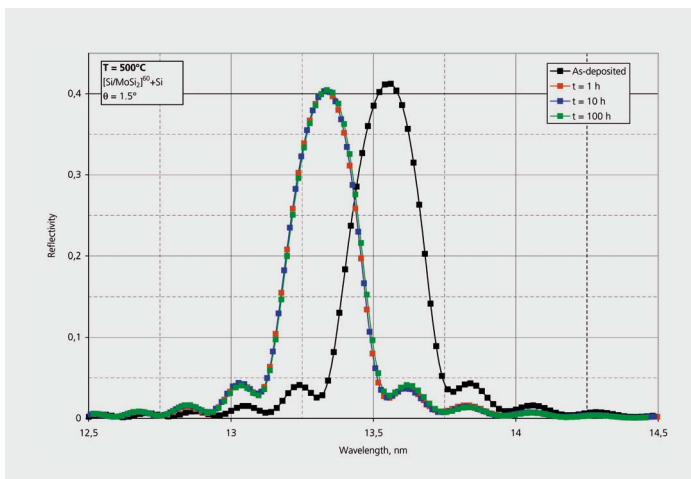


Abb. 1: Gemessene MoSi₂/Si-Reflektivität, Temperatur bei 500 °C für 1, 10 und 100 h.

Fig. 1: Measured MoSi₂/Si reflectivity, annealing at 500 °C for 1, 10 and 100 h.

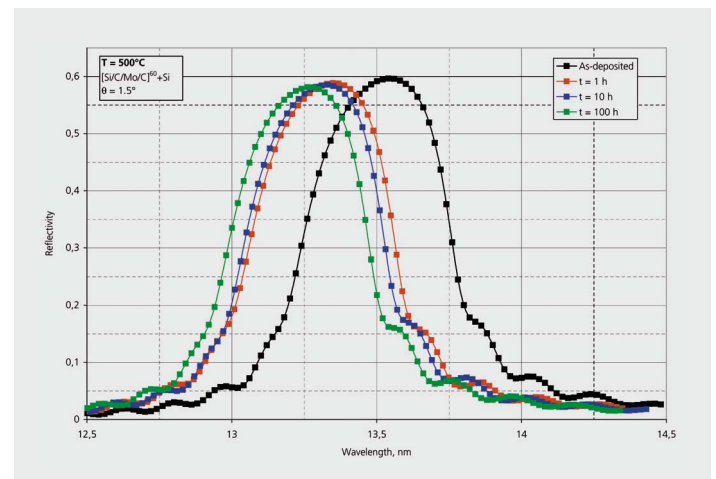


Abb. 2: Gemessene Mo/C/Si/C-Reflektivität, Temperatur bei 500 °C für 1, 10 und 100 h.

Fig. 2: Measured Mo/C/Si/C reflectivity, annealing at 500 °C for 1, 10 and 100 h.