



Gerhard Kalkowski



Stefan Risse



Sandra Müller

Im weltweiten Wettlauf um die Verringerung der Strukturbreite in Halbleiter-Bauelementen gilt unvermindert das »Moorsche Gesetz«. Es besteht kein Zweifel, dass die Extreme-Ultraviolet-Lithography (EUVL) eine der aussichtsreichsten Technologien zur Ablösung der gegenwärtigen Immersions-Lithographie darstellt. Um EUVL-Masken – voraussichtlich bei kritischen Dimensionen ≤ 32 nm – einzusetzen /1/, sind elektrostatische Chucks höchster Genauigkeit und Stabilität erforderlich.

Nur spezifische Werkstoffe mit sogenannter »Null-Ausdehnung« gewährleisten die erforderliche Form- und Lage-Stabilität bei unvermeidlichen Temperaturschwankungen. Am Fraunhofer IOF werden seit vielen Jahren Lithographie-Tools aus diesen Materialien entwickelt und hergestellt. Zum Chucken von EUVL-Masken werden – neben hoher Steifigkeit – besondere Ansprüche an Ebenheit und elektrostatische Kraft gestellt /2, 3/. So muss die Chuck-Ebenheit über die »quality area« von $(142 \text{ mm})^2$ besser als 50 nm (PV) sein und die Kraft pro Flächeneinheit soll 15 kPa betragen, um die 6,35 mm dicke Maske beim chucken hinreichend »einebnen« zu können.

Im Rahmen technologischer Studien wurde ein erster Chuck-Prototyp realisiert, der die geforderte Spezifikation nach SEMI erfüllt. Abbildung 1 zeigt die Oberfläche im Bereich der »quality area«, wie sie mit einem $\lambda/30$ Normal ($\lambda = 633 \text{ nm}$) an einem Fizeau-Interferometer vor der Pin-Strukturierung gemessen wurde.

Eine umfassende Charakterisierung dieses Prototypen wurde im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit mit Partnern der University of Wisconsin (USA) und der SEMATECH (USA) gestartet. Nach Vorgaben der SEMATECH ist

ein Teststand entstanden, mit dem ein präzises Auflegen und Abnehmen der Maske im Vakuum möglich ist (Abb. 2). Aus den interferometrischen Messungen im Vakuum-Prüfstand in den USA werden endgültige Aussagen zur Eignung für EUVL erwartet.

Das Einsatzgebiet von Chucks ist nicht nur auf Lithographie begrenzt, auch in der Messtechnik sind präzise Chucks erforderlich. Ein herausragendes Beispiel ist ein Unterdruck-Chuck für den Einsatz in einem Large-Range-Atomic-Force-Microscope (AFM) mit Verfahrbereich 300 mm, welcher mit der Firma SURFACE IMAGING SYSTEMS GmbH (Herzogenrath) realisiert wurde. Abbildung 3 zeigt den Chuck, der für Messungen an Normalatmosphäre verwendet wird.

Der Chuck wurde aus Glaskeramik mit minimaler thermischer Ausdehnung ($2 \cdot 10^{-8} \text{ K}^{-1}$) als monolithischer Körper hergestellt und ermöglicht Höhenauflösungen im sub-nm Bereich über Messfelder von einigen μm^2 . Durch eine zonale, mikrostrukturierte Oberfläche kann der Chuck für ein breites Spektrum von Substraten (Wafer: 1 bis 12 Zoll und Masken: 5 bis 12 Zoll) eingesetzt werden. Zur Reduzierung von unerwünschten Partikeleinflüssen ist die Oberfläche mit einem Pin-Muster strukturiert und besitzt nur ca. 5 % Kontaktfläche zum Substrat.

Literatur:

- /1/ International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS), <http://public.itrs.net>.
- /2/ Kalkowski, G.; Risse, S.; Müller, S.; Harnisch, G.: Electrostatic chuck for EUV masks, Microelectronic Engineering 83 (2006) 714.
- /3/ SEMI P40-1103 Specification for EUV Mask Substrate Chucking, <http://www.semitech.org>.

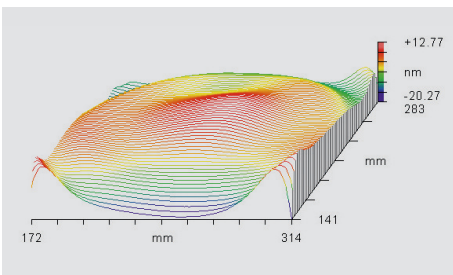
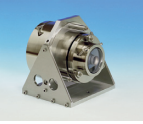


Abb. 1: Ebenheit des EUV-Mask-Chucks (vor Pin-Strukturierung).

Fig 1: Flatness of EUV mask chuck (before surface structuring).



In the world-wide race for reduced feature sizes in semiconductor circuits "Moore's Law" still prevails. There is no doubt that Extreme Ultraviolet Lithography (EUVL) is one of the most promising technologies to replace current Liquid Immersion Lithography. The use of EUVL masks is expected to take place at critical dimensions ≤ 32 nm and requires electrostatic chucks of extreme flatness and stability /1/.

Only materials with "zero" thermal expansion can provide the necessary shape and placement stability for such an application, since inevitable drifts in temperature have to be accounted for. At Fraunhofer IOF, various lithography tools from such materials have been designed and manufactured in the past. For the chucking application – besides high stiffness – notably a high flatness and high force are mandatory /2, 3/. In fact, chuck flatness within the central 142 mm by 142 mm "quality area" must be better than 50 nm (PV) and electrostatic force per area must reach 15 kPa to "flatten" a bended 6.35 mm thick EUVL mask.

Within technological investigations at Fraunhofer IOF, a chuck prototype has been realized that fulfils these demanding SEMI requirements. Figure 1 shows the chuck surface in the region of the quality area as measured before pinstructuring with a Fizeau interferometer using a $\lambda/30$ reference flat ($\lambda = 633$ nm).

In a cooperative effort, together with partners from the University of Wisconsin (USA) und SEMATECH (USA), a broad characterization of this prototype has been started. According to specifications from SEMATECH, a test setup was created that allows for a repeated mounting and demounting of a probe mask on the chuck in

vacuum (Fig. 2). From the projected interferometric measurements in a vacuum chamber in the USA, conclusive results for EUVL suitability of the chuck are expected.

Clearly, the application field of high precision chucks is not limited to lithography. In many measurement applications, similar needs exist. A prominent example is a new vacuum chuck for use in a large range Atomic Force Microscope (AFM) with a measurement range of 300 mm. Figure 3 shows this chuck, which is used under ambient atmosphere and operated by applying vacuum to the substrate backside. This prototype has been developed and put into practice in cooperation with SURFACE IMAGING SYSTEMS GmbH (Herzogenrath), Germany.

The chuck represents a monolithic block manufactured from a glass ceramic material with extremely low thermal expansion ($2 \cdot 10^{-8} \text{K}^{-1}$). It allows for topography analysis in the sub-nm range for measurement fields of a few μm^2 and can be used for a broad range of substrates, i. e. wafers from 1 to 12 inch diameter and masks from 5 to 12 inch edge length due to zonal surface structuring. To minimize any distortion effects from contaminating particles on the substrate backside, the chuck surface is provided with a regular pin pattern of several μm height, that supports the substrate on about 5 % of its area.

References::

- /1/ International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS), <http://public.itrs.net>.
- /2/ Kalkowski, G.; Risse, S.; Müller, S.; Harnisch, G.: Electrostatic chuck for EUV masks, Microelectronic Engineering 83 (2006) 714.
- /3/ SEMI P40-1103 Specification for EUV Mask Substrate Chucking, <http://www.semiatech.org>.

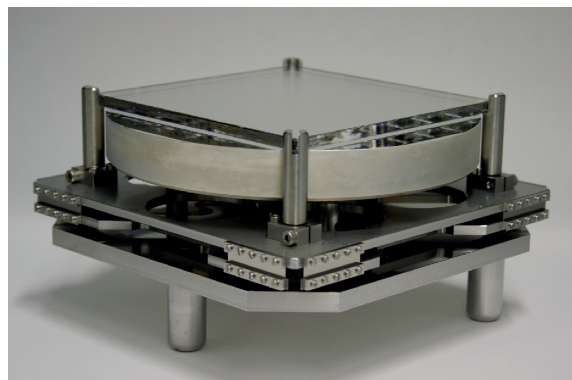


Abb. 2: Versuchsaufbau zur SEMI-Charakterisierung.

Fig 2: Experimental set-up for characterization according to SEMI standards.



Abb. 3: Unterdruck-Chuck für Large Range AFM.

Fig. 3: Vacuum chuck for a large range AFM.