

# Fit für künftige Chip-Technologie

Schott Lithotec ist weltweit führend bei optischen High-tech-Werkstoffen für die Mikrolithographie. In einem neuen Projekt entwickelt das Unternehmen jetzt auch Schlüsselmaterialien und -komponenten für die Extrem-Ultraviolett-Technologie (EUVL).

Gemäß dem Moor'schen Gesetz verdoppelt sich die Leistung von Computerchips etwa alle 18 Monate, indem ihre Strukturen immer weiter miniaturisiert werden. Dies ist nur möglich, wenn entsprechende mikrolithographische Verfahren zur Verfügung stehen, mit denen die Bearbeitung der

Silizium-Wafer erfolgt. Zwangsläufig werden für diese Prozesse in den Belichtungsmaschinen (Waferstepper), die das komplizierte Design der elektronischen Bauelemente und Leiterbahnen übertragen, fortlaufend kleinere Lichtwellenlängen eingesetzt. Heute erfolgt die Massenfertigung bereits mit Eximer-Lasern, die mit Wellenlängen von 248 und 193 Nanometern (nm = Milliardstel Meter) arbeiten, die also schon in den unsichtbaren, kurzwelligen UV-Bereich gehören. Für die nächste Chipgeneration, die ab 2005 in die Produktion geht, sind Wellenlängen von 157 nm vorgesehen, die mit Fluor-Lasern erzeugt werden können. Auf dem Gebiet der 157-nm-Lithographie hat ein deutsches Konsortium bereits 1999 seine Arbeit

aufgenommen. Schott Lithotec spielt hierbei als weltweit führender Hersteller von Calciumfluorid-Kristallen eine wichtige Rolle.

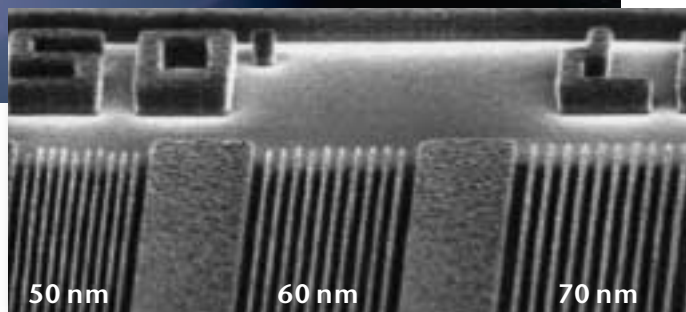
## Innovationstempo bleibt hoch

Um das Tempo der International Technology Roadmap for Semiconductors, also der zwischen den Chipherstellern vereinbarten Planung, einzuhalten, müssen bereits heute die Grundlagen für die „Extreme Ultraviolett-Lithographie“ (EUVL) gelegt werden, die mit einer extrem kurzwelligen UV-Strahlung von nur noch 13 nm Wellenlänge betrieben wird und zu Strukturabständen von zunächst 50 nm und später unter 35 nm führen soll. Sie ist die wahrscheinlichste Lithographie-Variante nach Einführung der 157 nm. Der Übergang zur EUVL ist ein Technologiewechsel, denn bisher wurden für die Abbildungsprozesse mit Masken transmittierende Linsen verwendet. Der Einsatz von EUV-Licht erfordert dagegen ausschließlich reflektierende optische Elemente, also Spiegel. Diese bestehen aus einem Substrat mit ganz besonderen Eigenschaften, auf das die zurückstrahlenden Schichten aufgetragen werden.

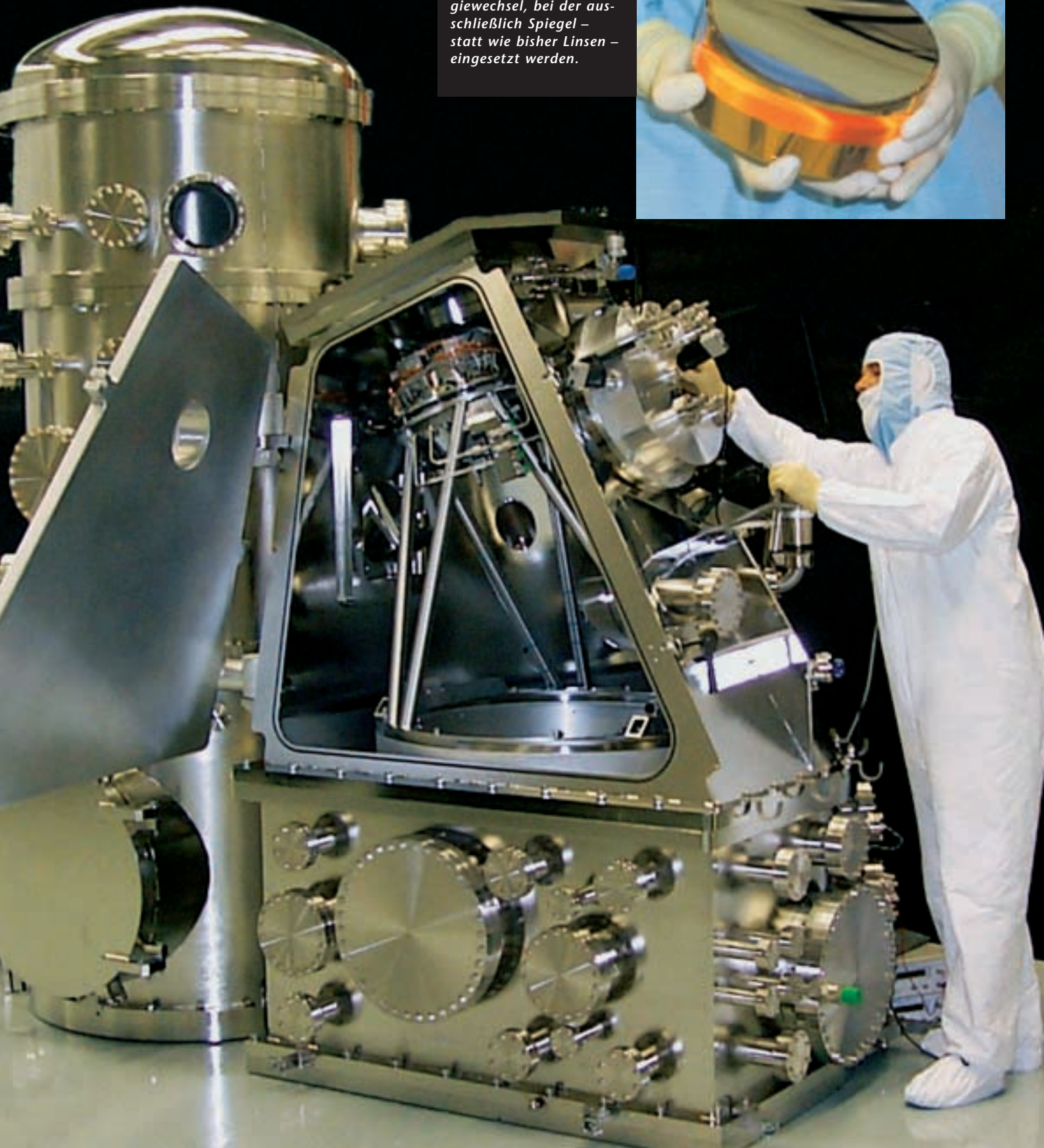
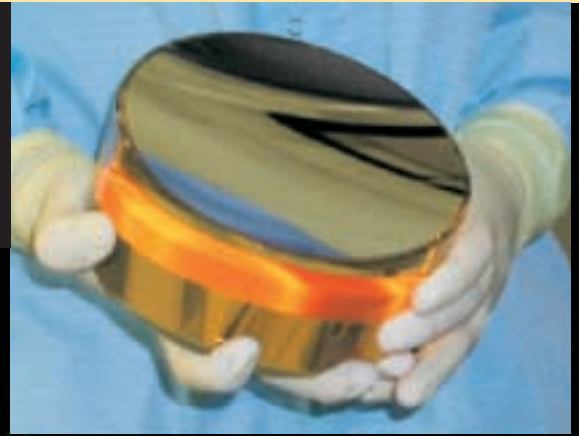
## Masken, Linsen, Spiegel

Die Mikrolithographie ist nicht nur eine Frage der Strahlenquellen, sondern vor allem auch der geeigneten Materialien für Komponenten und Systeme. Hier bietet die Schott Lithotec AG, Jena, als einziger Hersteller überhaupt für alle zur Zeit verwendeten Technologien die geeigneten Werkstoffe, wozu hochhomogene optische Gläser, Quarzglas und Calciumfluorid gehören. Das Substrat für die 13-nm-Lithographie ist eine weitere werkstoffliche Herausforderung. So muss es eine extrem niedrige thermische Ausdehnung besitzen, um sich bei

Der Einsatz immer kleinerer Lichtwellenlängen verringert die Strukturabstände auf Computerchips und erhöht die Leistungsfähigkeit.



*Die EUV-Lithographie markiert einen Technologiewechsel, bei dem ausschließlich Spiegel – statt wie bisher Linsen – eingesetzt werden.*



*Prototyp eines EUVL-Wafersteppers am Sandia National Laboratory, Livermore/Kalifornien/USA.*

Erwärmung nicht zu verformen. Auf der Grundlage von optischen Simulationen werden Werte gefordert, die im Bereich von wenigen ppb (parts per billion = Teile pro Milliarde Teile) pro Kelvin liegen. Ein ppb pro Kelvin bedeutet, dass sich ein Körper von 100 Millimetern Länge nicht mehr als 0,1 Nanometer dehnen darf, wenn er um ein Grad erwärmt wird – das stellt alle bisherigen Anforderungen für sogenannte Nullausdehnungsmaterialien in den Schatten. Hier ist eine neue Materialentwicklung notwendig und eine erweiterte Messtechnik gefordert, um die benötigten Materialeigenschaften hinsichtlich Ausdehnungsverhalten, Ebenheit, Rauigkeit und Fehlerfreiheit zweifelsfrei nachweisen zu können.

## Reinsträume zur Fehlervermeidung

Doch die kaum noch erfassbare thermische Ausdehnung ist nur ein Punkt von mehreren, den der Substratwerkstoff für die sogenannten Maskenblanks mitbrin-



Teststruktur mit „Zerodur“ Glaskeramik für mechanische EUVL-Komponenten.

gen muss. Weiterhin unabdingbar sind eine außerordentlich gute Polierbarkeit, die eine Endrauigkeit von nur wenigen Zehntel Nanometern ermöglicht, was im Bereich weniger Atome liegt.

Um selbst kleinste Defekte zu vermeiden, werden Vorbearbeitungs-, Polier- und Beschichtungsschritte in Reinsträumen durchgeführt. Jeder winzige Fehler auf der Maske findet sich auf dem Chip wieder, so wie man jedes Staubkorn auf einem Dia bei seiner Projektion an der Wand sieht. Auf dem quadratischen

*Die Quarzglas-Substrate werden geläppt, dann poliert und schließlich unter Reinraumbedingungen mit über 100, nur wenige Atomlagen dünnen Schichten versehen.*

Maskenblank mit einer Kantenlänge von 15 Zentimeter darf sich kein einziger Defekt befinden, der größer als 50 Nanometer ist.

Dieses allein messtechnisch nachzuweisen ist eine enorme Herausforderung. Schott Lithotec untersucht in Zusammenarbeit mit Geräteherstellern und Instituten wie z.B. dem IOM (Institut für Oberflächenmodifikation, Leipzig) verschiedene Korrekturprozesse, um durch gezieltes Abtragen von geringsten Materialmengen die Gesamtoberfläche der Masken noch weiter zu verbessern. Eine weitere Voraussetzung ist eine Materialhomogenität, wie sie nur durch die speziellen Verfahren zur Fertigung optischer Gläser erreichbar ist. Schott besitzt mit der im wissenschaftlichen und industriellen Einsatz bewährten „Zerodur“ Glaskeramik eine ausgezeichnete Ausgangssituation, weil der Werkstoff den Erfordernissen schon sehr nahe kommt. Trotzdem muss auch noch Grundlagenarbeit geleistet werden.

## Höhere Marktanteile bei der Mikrolithographie im Visier

Das Ziel von Schott Lithotec und Schott Glas ist eindeutig: Wenn ab 2006 die breite industrielle Einführung der EUV-Technologie ansteht, sollen Schlüsselmaterialien und -komponenten von Schott kommen. Dazu zählen das Substratmaterial für Maske und optische Elemente ebenso wie komplette Mask Blanks. Der Anteil am Mikrolithographie-Markt soll kontinuierlich ausgebaut werden. Die weltweit führende Rolle, die Schott Lithotec derzeit bei der Herstellung von Calciumfluorid einnimmt, ließe sich so auch auf künftige Lithographie-Generationen übertragen.



## Über 100 Schichten bis zum Spiegel

Zur Beschichtung der Substrate hat Schott Lithotec eine „Advanced-Quality-Produktionslinie“ mit moderner Sputtertechnologie unter Reinraumbedingungen etabliert. Schon bei der Konzeption wurde auf das Erreichen niedriger Fehlerquoten Wert gelegt. Auf dem Weg vom Substrat zum Maskenblank werden über 100 Schichten aufgebracht – jeweils nur wenige Atomlagen dick. Da kein Material EUV-Strahlung von Natur aus reflektiert, müssen künstliche Kristallgitter generiert werden, die über Interferenz den notwendigen Spiegeleffekt erzeugen. Daraus erklärt sich auch die hohe Anzahl der aufzubringenden Schichten. Auch in diesem Bereich kooperiert Schott Lithotec mit externen Partnern, darunter das Fraunhofer-Institut für Angewandete Optik und Feinmechanik (IOF, Jena) und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Berlin. Die notwendige Messtechnik, um das Reflektionsverhalten der Maskenblanks schon während der Produktion zu untersuchen, wird speziell für Schott Lithotec von der Jenoptik Mikrotechnik und der AIXUV GmbH (Aachen), dem ersten Anbieter von kommerziell verfügbaren EUV-Strahlungsquellen für den Laborbereich, entwickelt. Seit Anfang Mai 2001 laufen EUVL-Programme von Schott Lithotec und Schott Glas, die vom Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF) gefördert werden. Die Aktivitäten sind gleichermaßen

in ein deutsches Gesamtkonzept zur EUVL wie in die europäische Forschungsinitiative MEDEA+ eingebunden. MEDEA ist das Nachfolgeprogramm für JESSI. ■

## Gemeinsam zum Ziel

An dem EUVL-Konsortium beteiligt sind:

- ▶ Schott Lithotec
- ▶ Schott Glas
- ▶ Carl Zeiss
- ▶ XTREME Technologies (ein Zusammenschluss von Lambda Physik und Jenoptik zur Entwicklung von EUV-Quellen)
- ▶ Infineon
- ▶ Philips
- ▶ Leica
- ▶ Jenoptik
- ▶ ASML (als Stepperhersteller)