

THE FINEST PHOTON BRUSH

DER FEINSTE PHOTONENPINSEL

Extreme ultraviolet technology (EUV) represents a groundbreaking technological change in microchip production. ASML, the leading manufacturer of photolithographic systems for the semiconductor industry, has begun serial production of its EUV wafer scanner family, the "TWINSKAN NXE" series, and will ship the first system later this year. SCHOTT will provide components and know-how.

Mit der Extrem-Ultraviolett-Technologie (EUVL) ist es gelungen, in der Chipproduktion einen bahnbrechenden Technologiewechsel zu vollziehen. Der Belichtungsgerätehersteller ASML hat mit der Serienproduktion entsprechender EUV-Waferscanner, der „TWINSKAN NXE“-Reihe, begonnen und wird das erste Gerät bis Ende des Jahres ausliefern. SCHOTT ist mit Komponenten und Know-how dabei.

THOMAS H. LOEWE

The future is now, thanks to silicon microchips. Smartphones and tablets are prime examples: the demand for increasingly powerful, yet tiny, processors and memory modules is growing rapidly. At the same time, current manufacturing systems, so-called wafer scanners, have reached their limits. The circuit components

Die Zukunft ist heute – dank Mikrochips aus Silizium. Smartphones und Tablets sind Paradebeispiele. Und die Nachfrage nach immer leistungsfähigeren Prozessoren und Speichern nimmt extrem zu. Aber bisherige Belichtungsmaschinen, sogenannte Waferscanner, stoßen an Grenzen. Denn die Chipstrukturu-

on each chip are already smaller than the rays of light that print them. "We needed a finer brush to continue the advancing miniaturization in the semiconductor industry," says Jos Benschop, Vice President Research at ASML, the world's largest supplier of semiconductor printers, or "photolithographic systems." Now, the Dutch company has brought the long sought EUV technology to the point of marketability. It allows the production of superchips with extremely reduced pattern scales of 18 nanometers (1.8×10^{-5} mm) or less. In daring this step, ASML also relied on highest precision by SCHOTT. "ASML has developed a high-tech apparatus that really pushes the limits of physics. We are proud to assist with our know-how and products," says Antoon Wesselink, General Manager SCHOTT Benelux.

Today's microprocessors have over one billion transistors. Even now, very short-waved light is needed to fit all of the tiny components onto a very confined space. The manufacturing process of

ren sind jetzt schon kleiner als die Lichtwellen, die sie auf die Siliziumplättchen drucken. „Wir brauchten einen feineren Pinsel, damit die Miniaturisierung fortgeführt werden kann“, erklärt Jos Benschop, Vice President Research bei ASML, dem Weltmarktführer im Bereich Belichtungsgeräte. Jetzt hat das niederländische Unternehmen die lang ersehnte EUV-Technologie zur Marktreife geführt. Damit sind künftig Superchips mit extrem verringerten Strukturabständen von 18 Nanometern (1.8×10^{-5} mm) und kleiner realisierbar. Beim technologischen Quantensprung vertraut ASML auch auf höchste Präzision von SCHOTT: „ASML hat ein Hightech-Gerät entwickelt, das an den Grenzen der Physik kratzt. Wir sind stolz, als Partner mit Know-how und Produkten dabei zu sein“, sagt Antoon Wesselink, General Manager bei SCHOTT Benelux.

Denn: Heutige Mikroprozessoren haben über eine Milliarde Transistoren. Damit die winzigen Bauteile auf engstem Raum unterkommen, muss das Licht bei deren Fertigung schon jetzt

Due to the short-wave EUV light, the wafers are exposed under high vacuum using high-precision mirrors (picture left). SCHOTT supplies, among other things, light guides several meters long that are made of high-purity quartz glass for the latest generation of EUV wafer scanners of the ASML "TWINSCAN NXE" series.

Aufgrund des kurzwelligen EUV-Lichts erfolgt die Belichtung der Wafer im Hochvakuum und über hochpräzise Spiegel (Bild links). Für die neueste Generation von EUV-Waferscannern der ASML „TWINSCAN NXE“ Serie liefert der Technologiekonzern SCHOTT unter anderem mehrere Meter lange Lichtleiter aus hochreinem Quarzglas.



Photos fotos : ASML

microchips is comparable to a slide projector: It begins with light traveling through a slide or photo mask, which contains the blueprint of the pattern to be printed. Lenses – or mirrors, in the case of EUV – focus the pattern onto silicon wafers. The wafers are pre-coated with a light-sensitive substance. When the unexposed parts are etched away by chemicals, the projected pattern is revealed in three dimensions. Foreign atoms and oxide or metal layers can also be added in later stages of the production process. In total, the technique involves over 20 different steps. Depending on the size of the circuit pattern, up to 50,000 chips can come out of a single wafer.

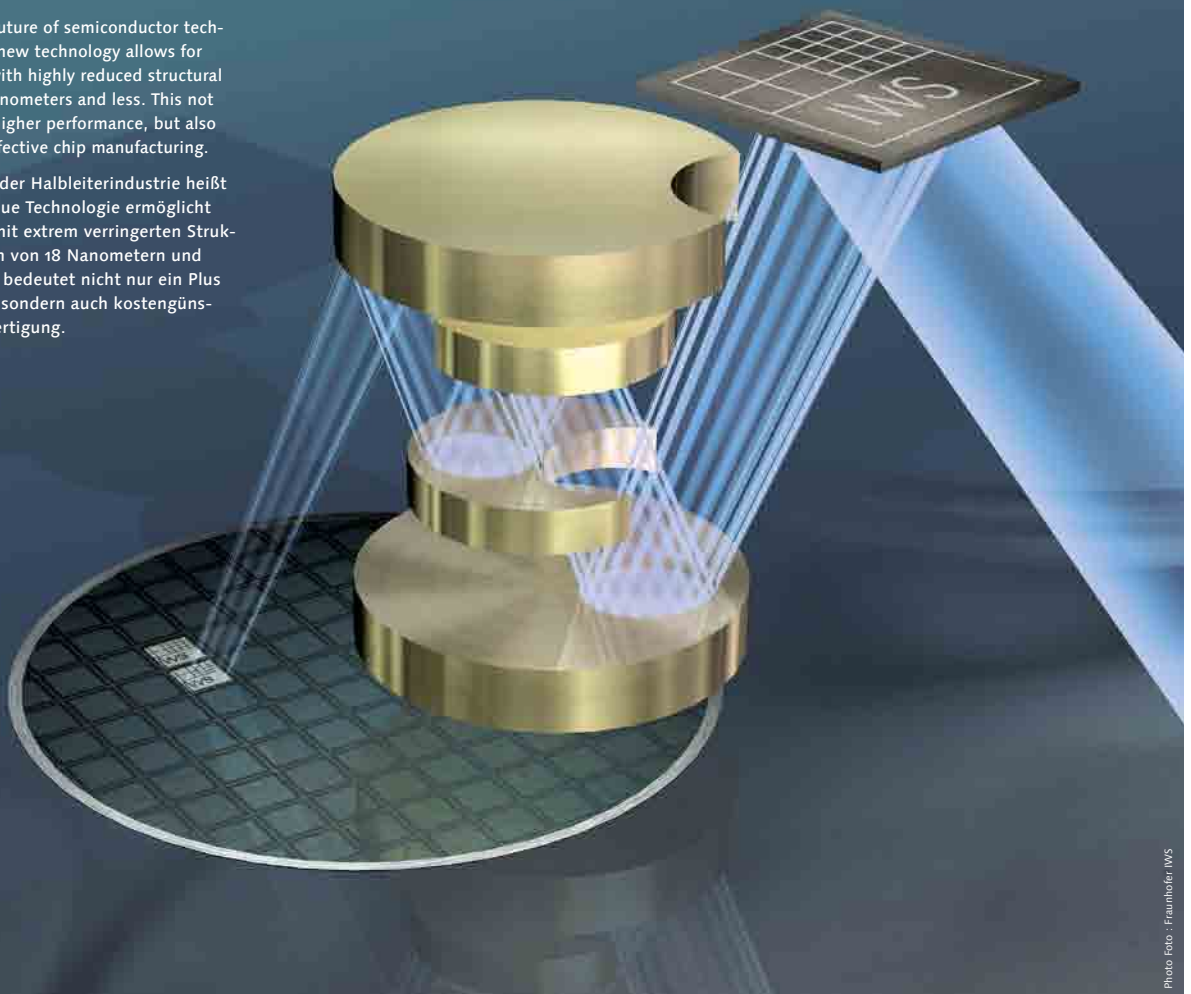
Current machines use ultraviolet light from Argon-Fluor-Excimer lasers to expose the wafers. This light has a wavelength of 193 nanometers. The new technology uses EUVL – short for extreme ultraviolet light – with a wavelength of 13,5 nanometers. It is emitted by laser-produced plasma (LPP) and laser-assisted discharge plasma (LDP) sources. Working at these wavelengths

besonders kurzwellig sein. Der Halbleiterdruck erinnert an die Funktionsweise eines Diaprojektors: Zunächst wird ein „Dia“ des Schaltkreises, die sogenannte Fotomaske, mit Licht bestrahlt. Ein Linsensystem – beim EUV-System sind es Spiegel – fokussiert das Licht auf Siliziumwafer. Diese sind mit fotosensitivem Lack vorbehandelt, anschließend ätzen Chemikalien die unbelichteten Stellen an. Es entsteht ein dreidimensionales Bild der Schaltkreisprojektion. Nachträglich lassen sich Fremdatome gezielt in den Schaltkreis einbauen und Oxid- oder Metallschichten aufbringen. Insgesamt durchlaufen die Siliziumscheiben über 20 Produktionsschritte. Je nach Größe des Schaltkreises können pro Scheibe bis zu 50.000 einzelne Chips entstehen.

In den bisherigen Lithografiegeräten wurde für die Belichtung der Wafer ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von 193 Nanometern auf Basis von Argon-Fluor-Excimer-Lasern verwendet. Das neue Verfahren nutzt das extrem ultraviolette Lichtspektrum – kurz EUV – mit einer Wellenlänge von 13,5 Nanometern, das durch

EUVL is the future of semiconductor technology. This new technology allows for superchips with highly reduced structural gaps of 18 nanometers and less. This not only means higher performance, but also more cost-effective chip manufacturing.

Die Zukunft der Halbleiterindustrie heißt EUVL: Die neue Technologie ermöglicht Superchips mit extrem verringerten Strukturabständen von 18 Nanometern und kleiner. Dies bedeutet nicht nur ein Plus an Leistung, sondern auch kostengünstigere Chipfertigung.



poses new and difficult challenges: "EUV light is very shortwave. It is easily absorbed, even by air. So the wafer's exposure has to be done in a high vacuum environment," explains Jürgen Meinl, developer at SCHOTT Lighting & Imaging, who has already helped in the development of ASML's previous machine models with his colleagues.

EUVL's properties also forced ASML to substitute the wafer scanner's conventional lens system with mirrors. Optical lenses would also immediately absorb the EUV photons. But even the mirrors need to have special properties for the system to work. According to the experts, they are so smooth that if one of them were to be blown up to the size of Germany, the biggest bump would reach less than a millimeter.

Volume production to start in 2014

Highest precision is also essential in determining the silicon wafer's exact position and the alignment of the photo mask inside the vacuum chamber. For this, ASML integrated dozens of sensors into its EUV prototypes that use light. The sensors must be prevented from affecting the lithography system. Since the huge chip machine is calibrated in the range of a few milli-Kelvins, a complex guiding system made of very fine glass fibers is necessary to channel the light into the sensors.

For this, SCHOTT developed new glass fiber bundles made of extremely pure quartz. Even the slightest trace of contaminants would disturb the entire production process at these scales. Despite being only 3.5 millimeters thick, every light guide bundle consists of one thousand individual fibers – each no thicker than a human hair. The new wafer scanners are outfitted with several meters of them. SCHOTT also supplied special glass-metal seals that guarantee an airtight transition of the light guide bundles into the vacuum chamber. And further important components of the high-tech project come from SCHOTT: A material with almost non-existent expansion properties was needed for the photo mask fixtures and the silicon wafer fixtures. The glass-ceramic ZERODUR® meets these requirements. It has an extremely low coefficient of expansion and is perfectly suited for applications where highest precision is a prerequisite.

The first ASML "TWINSCAN NXE" systems have reached their buyers and have meanwhile exposed more than 30,000 wafers. Volume production will start in 2014 and the company has already received more than a dozen additional orders.

andreas.uthmann@schott.com

Plasmalaser-Strahlungsquellen (LDP und LPP) erzeugt wird. Die Arbeit mit dem extremen UV bringt neue Herausforderungen, denn: „EUV-Licht ist so kurzweilig, dass es bereits von der Luft komplett absorbiert wird. Die Belichtung der Wafer muss deshalb im Hochvakuum erfolgen“, erklärt Produktentwickler Jürgen Meinl, SCHOTT Lighting & Imaging, der für ASML mit Kollegen bereits an den Vorgängersystemen arbeitete. Die Eigenschaft der EUV-Strahlen macht es erforderlich, das herkömmliche Linsensystem von Wafersteppern durch Spiegel zu ersetzen. Denn auch die optischen Linsen würden die EUV-Photonen sofort absorbieren. Und selbst die Spiegel müssen besondere Eigenschaften haben, um den hohen Anforderungen zu genügen. Zum Beispiel sind sie laut Experten so glatt, dass bei einem Spiegel der Größe Deutschlands die Höhenunterschiede unter einem einzigen Millimeter liegen würden.

Serienfertigung startet in 2014

Höchste Präzision ist auch bei der Positionsbestimmung der Siliziumscheiben und der Ausrichtung der Belichtungsmaske gefordert. Dafür integrierte ASML in seine Prototypen Dutzende Sensoren, die mit Licht arbeiten. Die Sensoren selbst dürfen das Belichtungssystem nicht beeinflussen. Denn die riesige Chipmaschine ist auf wenige Millikelvin genau temperiert.

Um das Licht auf die Sensoren zu bringen, ist deshalb ein aufwendiges Lichtleitensystem aus Glasfasern notwendig. SCHOTT entwickelte dafür neue Glasfaserbündel aus hochreinem Quarz. Selbst die kleinste Verunreinigung würde in diesen Größenordnungen den Produktionsprozess stören. Obwohl ein Lichtleiterbündel aus eintausend einzelnen Fasern besteht, misst es nur 3,5 Millimeter im Durchmesser. Von den Bündeln sind in dem neuen ASML-Gerät mehrere Meter verlegt. Dort, wo das Faserbündel in die Vakuumkammer eintritt, schaffen besondere Glas-Metall-Durchführungen von SCHOTT einen luftdichten Übergang. Und weitere wichtige Komponenten für das Hightech-Projekt kommen von SCHOTT: Für Photomasken- und Siliziumwaferhalter war ein Material mit besonders niedrigen Ausdehnungseigenschaften notwendig. Diese Anforderungen erfüllt ZERODUR® Glaskeramik. Der Werkstoff hat einen extrem geringen Ausdehnungskoeffizienten und ist deshalb für Anwendungen geeignet, die allerhöchste Präzision erfordern.

Die ersten EUV-Lithografiegeräte der „TWINSCAN NXE“-Familie von ASML haben ihre Abnehmer schon erreicht und mittlerweile über 30.000 Wafer belichtet. Die Serienfertigung startet ab 2014 in vollem Umfang und schon jetzt liegen mehr als ein Dutzend Bestellungen vor.

andreas.uthmann@schott.com