



## Guiding Light with Precision Gezielt Licht lenken

SCHOTT developers are creating nanostructures on glass surfaces and transforming nanoimprint technology into a platform for creating innovative products and applications.

SCHOTT Entwickler erzeugen Nanostrukturen auf Glasflächen und bauen die Nanoimprint-Technologie zur Plattform für die Kreation innovativer Produkte und Anwendungen aus.

THILO HORVATITSCH

Under the lens of an electron microscope, they form a landscape of mysterious identical sculptures: periodically arranged silicon crystals on a glass surface. Engineers can specify their exact size, shape, and spacing down to the micrometer and nanometer. To allow even greater precision, SCHOTT developers have refined a process for nanostructuring surfaces that is one of today's most important emerging technologies: nanoimprint lithography.

Using this nanoimprint technology in combination with special coating materials and processes (see p. 13), developers can create complex functional surface structures. These structures are so small and sophisticated that they can direct, reflect,

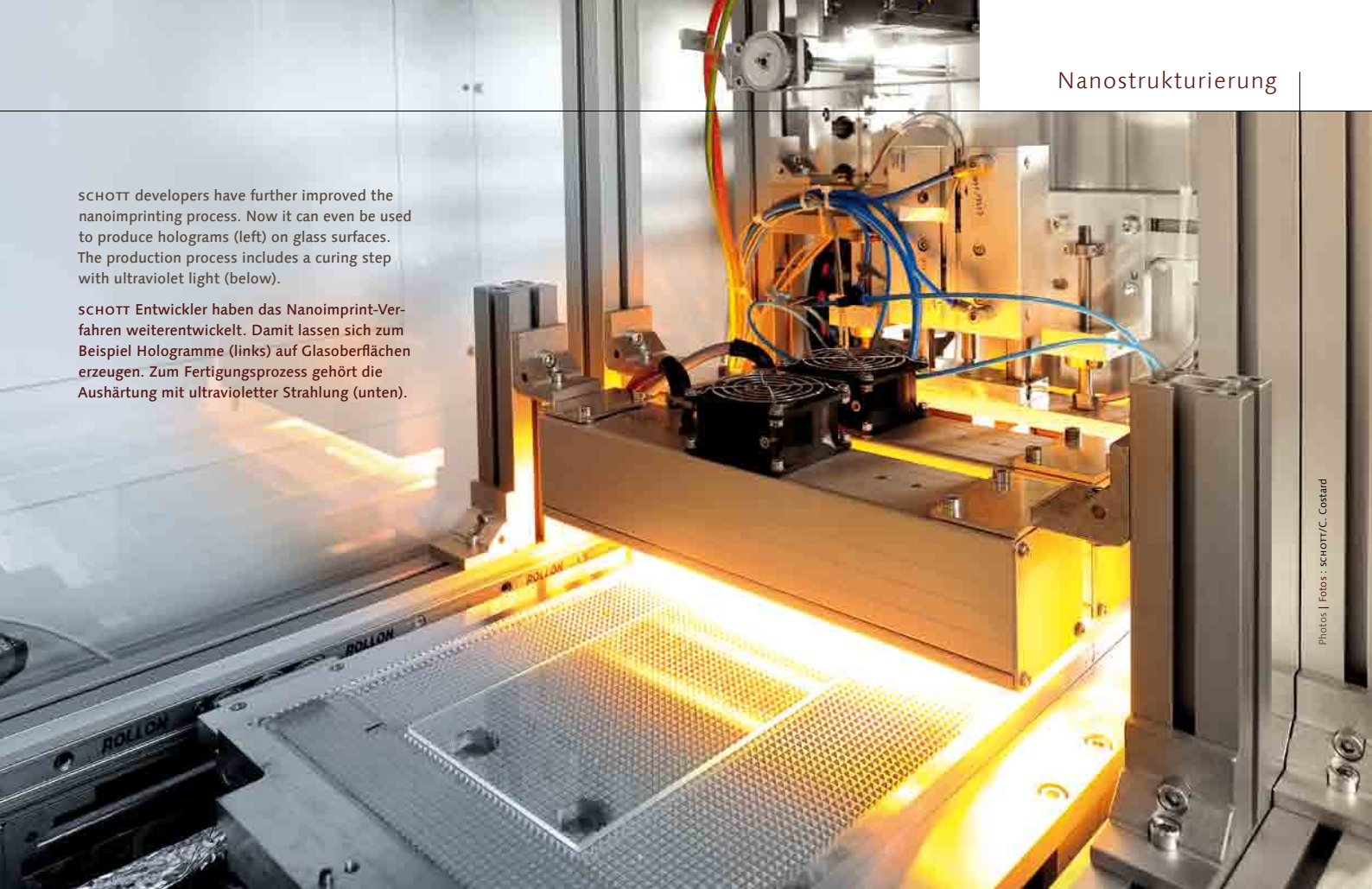
Unter dem Auge des Elektronenmikroskops bilden sie eine Landschaft geheimnisvoller, gleichförmiger Skulpturen: periodisch angeordnete Siliziumkristalle auf einer Glasoberfläche. Ihre Form, Größe und die Abstände zueinander lassen sich im Mikrometer- und Nanometermaßstab präzise festlegen. Dazu haben SCHOTT Entwickler ein Verfahren zur Nanostrukturierung von Oberflächen weiterentwickelt, das

heute zu den bedeutendsten „Emerging Technologies“ zählt: die sogenannte Nanoimprint-Lithographie.

Mit dieser Nanoprägetechnik sowie in Kombination mit speziellen Beschichtungsmaterialien und -verfahren (siehe S. 13) lassen sich komplexe funktionale Oberflächenstrukturen schaffen. Diese sind so klein und ausgeklügelt, dass sie einfallendes Licht gezielt lenken, reflektieren, absorbieren oder manipulieren können.

SCHOTT developers have further improved the nanoimprinting process. Now it can even be used to produce holograms (left) on glass surfaces. The production process includes a curing step with ultraviolet light (below).

SCHOTT Entwickler haben das Nanoimprint-Verfahren weiterentwickelt. Damit lassen sich zum Beispiel Hologramme (links) auf Glasoberflächen erzeugen. Zum Fertigungsprozess gehört die Aushärtung mit ultravioletter Strahlung (unten).



Photos | Fotos : SCHOTT/C. Costard

absorb, or manipulate incident light. This technology can also be used to generate surfaces with specific haptics or decorative flair.

“We want to take advantage of these new opportunities and are working hard to turn nanostructuring into a technology platform for the future development of innovative applications and products,” says Dr. Eveline Rudigier-Voigt, SCHOTT Senior Manager on Coatings. Progress has been made: the nanoimprint process has already been refined in several ways. This technology was previously confined to industrial settings and relatively large surfaces and usable only with flexible substrates, primarily plastics. Rigid materials such as glass allowed only small-scale structuring – nanostructured wafers or diffractive optical elements (DOEs), for example, as the successors to traditional lenses and mirrors. In addition, conventional processes are very slow, require many process steps, or are not suitable for large surfaces or rigid substrates such as special glass.

By contrast, an initial technological prototype from SCHOTT permits not only glass nanostructuring, but also rapid production of 30 cm x 40 cm glass formats. SCHOTT has also applied the principles of chemical nanotechnology to develop a special sol-gel based nanoimprint coating. Applied to a glass substrate, this coating accommodates a wide variety of features, such as a customized refractive index for optical applications.

Furthermore, these structures are very temperature-resistant. Even without considering the naturally heat-resistant glass sub-

Auch lassen sich Oberflächen mit einer bestimmten Haptik oder einer dekorativen Anmutung erzeugen.

„Wir wollen diese neuen Möglichkeiten nutzen und arbeiten intensiv am Ausbau der Nanostrukturierung zu einer Technologieplattform für die künftige Erschließung innovativer Anwendungen und Produkte“, sagt Dr. Eveline Rudigier-Voigt, SCHOTT Senior Manager Coating. Die Basis dafür steht: Das Nanoimprint-Verfahren wurde in mehreren Punkten weiterentwickelt. Bislang war die Technologie industriell und auf relativ großen Flächen nur für biegbare Substrate, hauptsächlich Kunststoffe, einsetzbar. Mit rigidem Material wie etwa Glas ließen sich nur kleine Formate realisieren – zum Beispiel nanooptisch strukturierte Wafer oder diffraktive optische Elemente (DOE) als Nachfolger von klassischen Linsen und Spiegeln. Zudem arbeiten bisherige Verfahren sehr langsam, benötigen viele Prozessschritte oder eignen sich nicht für

große Flächen bzw. rigide Substrate wie Spezialglas. Dagegen erlaubt ein erster technologischer Prototyp von SCHOTT nicht nur die Nanostrukturierung von Glas, sondern auch die schnelle Fertigung von 30 cm x 40 cm großen Glasformaten.

Auch hat SCHOTT auf Grundlage chemischer Nanotechnologie einen speziellen Lack auf Sol-Gel-Basis entwickelt, in den sich Nanostrukturen prägen lassen. Aufgebracht auf ein Glassubstrat, lassen sich damit unterschiedlichste Eigenschaften realisieren wie etwa ein speziell angepasster Brechungsindex für optische Anwendungen.

Zusätzlich sind diese Strukturen nun temperaturbeständig. Abgesehen vom ohnehin hitzefesten Glassubstrat, widerstehen die hier entwickelten oder verwendeten Beschichtungsmaterialien Temperaturen von über 200 bis 700 Grad Celsius. So lassen sich auch hochtemperaturstabile glasige Sol-Gel-Lacke erzeugen, die sich für Produkte >





Photo | Foto : SCHOTT/C. Costard

Photo | Foto : SCHOTT/C. Costard

strate, the coatings developed or used in such cases can handle temperatures of over 200 to 700 degrees Celsius. Highly temperature resistant vitreous sol-gel coatings suitable for use in hot operation areas can also be created.

“This technology platform opens the doors to a wide variety of possible applications. We have secured broad patent protection for our materials and processes that will cover numerous applications,” comments Dr. Matthias Bockmeyer, SCHOTT Senior Manager on Material Development. Other possible applications include architectural glass with special anti-reflective surfaces, holograms for product trademark protection, and optical nanostructures for light emission on OLEDs (organic light-emitting diodes). Diffusion filters to distribute light more evenly on video screens are another option. Also, optical “light-trapping” concepts for more efficient absorption of light by the nanostructured substrate could be an interesting application for thin-film solar technology.

At SCHOTT, developers are already working on a decorative application for household appliances: the creation of a realistic brushed stainless steel look on glass. This allows the advantages of glass, such as easy cleaning and scratch resistance, to be combined with the elegant, stylish look of metal. Furthermore, nanoimprint technology allows many different colors and shapes to be used on glass surfaces.

The periodically arranged, wavelength-ordered crystalline silicon structures mentioned at the beginning of this article, which are being developed in a joint project with the Helmholtz Center in Berlin, could be an important future field of endeavor for SCHOTT. One of the primary project goals is the low-cost production of photonic crystals for the controlled manipulation of light propagation in a material and/or how light interacts with it. This should significantly boost (optical) data processing power – a prerequisite for the optical supercomputer of the future.

<| [ruediger.sprengard@schott.com](mailto:ruediger.sprengard@schott.com)

A stamp is produced to manufacture an optical interference screen for diffracting light (left). SCHOTT also employs this technique to produce a realistic brushed stainless steel look on glass (right).

Zur Fertigung eines optischen Interferenzgitters für die Beugung von Licht wird ein Stempel hergestellt (links). Mit dem Verfahren von SCHOTT lässt sich auch eine realistische, gebürstete Edelmetalloptik auf Glas erzeugen (rechts).

eigenen, die hohen thermischen Belastungen ausgesetzt sind.

„Diese Technologieplattform öffnet die Türen zu vielfältigen Anwendungen. Für viele davon sind unsere Materialien und das Verfahren auf Basis von Patentanmeldungen breit abgesichert“, sagt Dr. Matthias Bockmeyer, SCHOTT Senior Manager Material Development. Mögliche Anwendungsfelder sind Architekturgläser mit speziellen, antireflektierenden Oberflächen, Hologramme für den Markenschutz oder optische Nanostrukturen zur Lichtauskopplung für OLEDs (organische Licht emittierende Dioden). Denkbar sind auch Diffusionsfilter zur gleichmäßigen Verteilung von Licht auf Bildschirmen. Interessant für die Dünnschicht-Solar-technik sind darüber hinaus optische „Light-Trapping“-Konzepte (Lichtfallen) zur effizienten Absorption von Licht durch das nanostrukturierte Substrat. Bei SCHOTT denkt man über eine mögliche dekorative Anwendung im Hausgerätebereich nach:

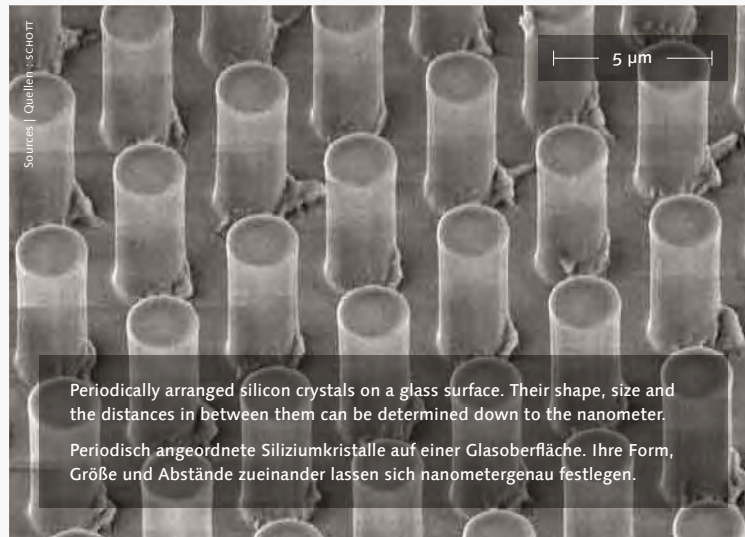
die Erzeugung einer realistischen, gebürsteten Edelmetalloptik auf Glas. Dadurch lassen sich die Materialvorteile von Glas wie etwa leichte Säuberung und Kratzfestigkeit mit der edlen Anmutung von Metall verbinden. Darüber hinaus erlaubt die Nanoimprint-Technologie eine große Vielfalt an Strukturen und Farbgebungen auf Glasoberflächen. Ein wichtiges Zukunftsfeld können für SCHOTT die eingangs erwähnten, auf Wellenlängen-Skala periodisch angeordneten kristallinen Siliziumstrukturen sein, die in einem Projekt mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin entwickelt werden. Ein Hauptziel ist dabei die kostengünstige Herstellung von photonischen Kristallen für die kontrollierte Manipulation der Lichtausbreitung in einem Material bzw. der Wechselwirkung des Lichts damit. Dies soll die Leistungsfähigkeit der (optischen) Datenverarbeitung deutlich steigern – Voraussetzung für den optischen Supercomputer der Zukunft. <| [ruediger.sprengard@schott.com](mailto:ruediger.sprengard@schott.com)

## NANOSTRUCTURING WITH SOL-GEL COATINGS

There are many different processes available for surface microstructuring and nanostructuring, including milling, laser cutting, hot forming, or lithographic processes. However, with nanoimprint lithography, an embossing rather than a photolithographic process is used to do the structuring. In the basic process, a stamp (negative) forms nanostructures in specially coated materials (positive), which are then exposed to UV light or thermally cured. The technology is known for its extreme precision into the low nanometer range as well as its potentially high surface throughput, which allows for inexpensive mass production. The advanced nanoimprint lithography process from SCHOTT can create structures stretching

into the micrometer-to-nanometer range – equivalent to one-billionth of a meter. Developers have also applied the principles of chemical nanotechnology to create a special sol-gel varnish that is applied to the glass substrate. A flexible stamp presses the nanostructure into this layer, and then a thermal treatment is applied to harden the material.

SCHOTT developers are using nanostructured substrates to research and test innovative products such as cost-efficient photonic components. The unique and long-standing expertise in specialized glass and sol-gel coatings that SCHOTT possesses is being combined with other processes such as electron beam evaporation, solid phase crystallization, and wet chemical etching. <|



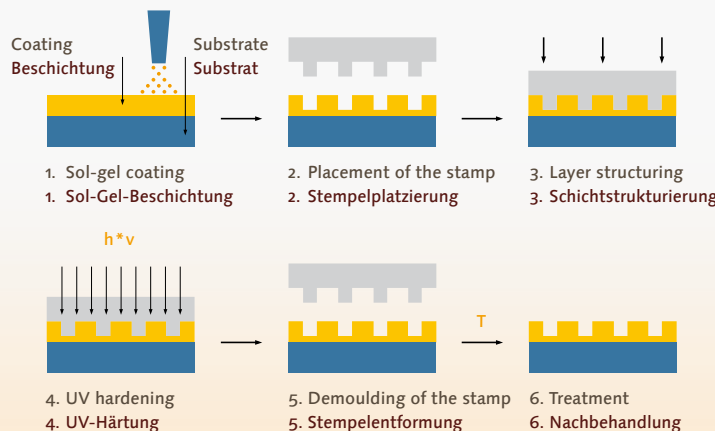
## NANOSTRUKTURIERUNG MIT SOL-GEL-LACK

Zur Mikro- und Nanostrukturierung von Oberflächen werden Techniken wie etwa Fräsen, Lasern, Heißprägen oder lithografische Verfahren angewendet. Bei der Nanoimprintlithografie erfolgt die Strukturierung nicht auf fotolithografischem Weg, sondern mittels einer Prägetechnik. Im Kernprozess formt dabei ein Stempel (Negativ) Nanostrukturen in speziell beschichtete Materialien (Positiv) ab, die anschließend mit UV-Licht bestrahlt bzw. thermisch ausgehärtet werden. Die Technologie zeichnet sich aus durch ihre hohe Präzision bis in den unteren Nanometer-Bereich sowie einen potenziell hohen Flächendurchsatz, der eine kostengünstige Massenfertigung erlaubt. Mit der weiterentwickelten Nanoimprint-Lithographie von SCHOTT lassen sich Strukturen vom

Mikrometer- bis in den Nanometerbereich – also ein Milliardstel Meter – realisieren. Zudem haben die Entwickler auf Basis der chemischen Nanotechnologie einen speziellen Sol-Gel Lack entwickelt, welcher auf das Glassubstrat aufgebracht wird. In diese Schicht

prägt ein flexibler Stempel die Nanostruktur ein, gefolgt von einer thermischen Behandlung zur Aushärtung des Materials.

Die SCHOTT Entwickler nutzen nanostrukturierte Substrate zur Erforschung und Erprobung innovativer Produkte, z. B. kosteneffiziente photonische Bauelemente. Hierbei wird das einzigartige, langjährige Know-how für Spezialglas und Sol-Gel-Beschichtungen kombiniert mit weiteren Verfahren wie Elektronenstrahlverdampfen, Festphasenkristallisation und nasschemisches Ätzen. <|



Coating, embossing, hardening and treating: The basic process of nanoimprint lithography is quite simple and yet challenging.  
Beschichten, prägen, härten, nachbehandeln: Der Kernprozess der Nanoimprintlithografie ist einfach und anspruchsvoll zugleich.