

Material with unlimited possibilities

Biochips, nanosatellites, micro-assembly tools – the photo-structurable FOTURAN® is emerging as a material for innovative applications beyond microfluidics.

Material der unbegrenzten Möglichkeiten: Biochips, Nanosatelliten, Mikro-Montagewerkzeuge – das fotostrukturierbare FOTURAN® entpuppt sich als Material für Anwendungen nicht nur in der Mikrofluidik.

By Thilo Horvatitsch

More than 1,000 hits in the scientific database Google Scholar show how well known FOTURAN® photo-structurable glass is to materials scientists. Developed back in 1984, this technical glass has found a home thousands of times, especially in microfluidics for medical analyses. For example, samples are placed in the tiny wells of microtiter plates or fluids are guided through fine channels, mixed and analyzed.

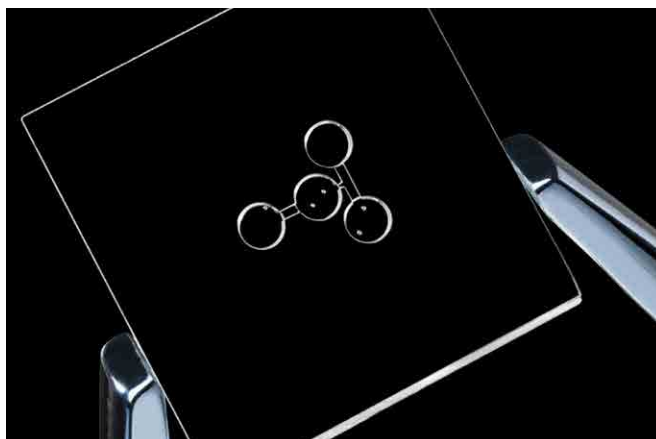
This material is ideal for producing these types of microstructures. The glass system consisting of lithium and aluminosilicates is doped with silver and cerium oxides and is highly photosensitive. If ultraviolet (UV) light lands on the glass through a photomask, silver nuclei form in the exposed sectors. Subsequent heat treatment triggers fast crystalline nucleus growth. These crystallized areas can now be etched away using hydrofluoric acid. This results in very fine structures of only a few micrometers in size without using photoresists such as conventional glass or silicon.

Its photostructurability, high transmittance and chemical and temperature resistance have made FOTURAN® the material of choice as an alternative to plastics for very interesting developments. SCHOTT learned how interesting it is

DE – Über 1.000 Treffer in der Wissenschaftsdatenbank Google Scholar zeigen, wie bekannt FOTURAN® bei Materialwissenschaftlern ist. Bereits 1984 entwickelt, fand das technische Glas tausendfach Anwendung vor allem in der Mikrofluidik für medizinische Analysen. Dabei werden zum Beispiel Proben in winzige Kavitäten von Mikrotiterplatten gefüllt oder Flüssigkeiten durch feinste Kanäle geleitet, gemischt und untersucht.

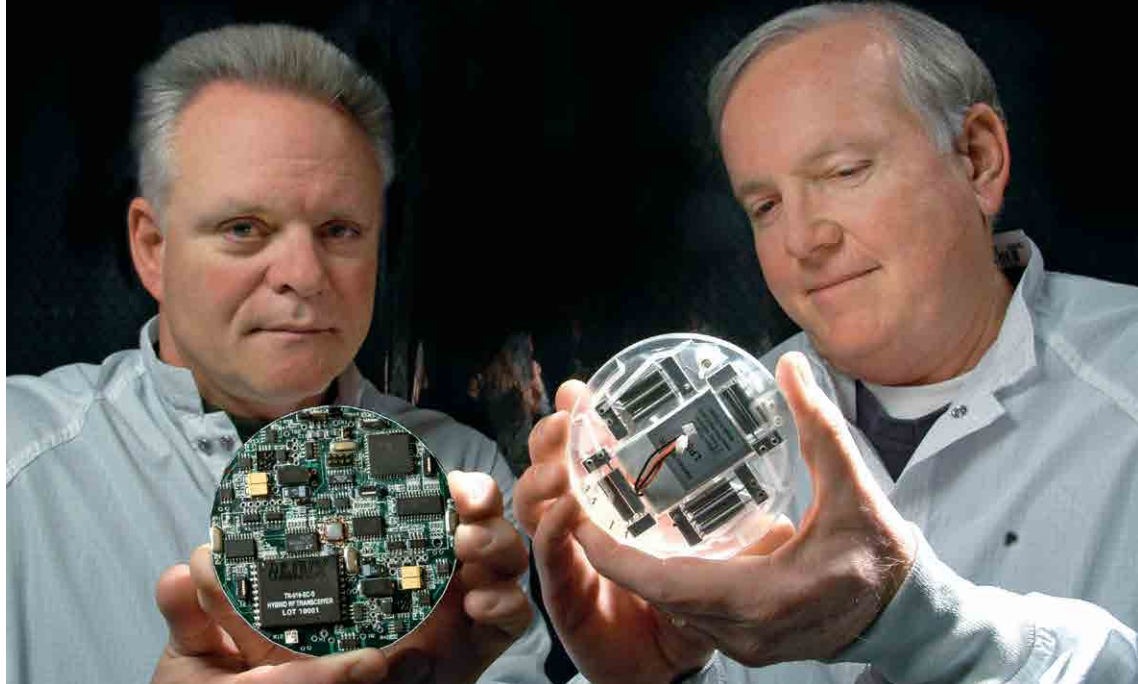
Für die Einarbeitung solcher Mikrostrukturen ist das Material ideal: Das Glassystem aus Lithium und Aluminosilikaten ist mit Silber- und Cerium-Oxiden dotiert und äußerst fotoempfindlich. Trifft ultraviolettes (UV-)Licht etwa durch eine Fotomaske auf das Glas, bilden sich in den belichteten Sektoren Silberkeime aus. Eine anschließende Wärmebehandlung löst dort schnelles kristallines Keimwachstum aus. Diese kristallisierten Bereiche lassen sich nun mittels Fluorwasserstoffsäure wegätzen. So entstehen sehr feine Strukturen von wenigen Mikrometern Größe – ohne Einsatz von Fotolacken wie etwa bei konventionellem Glas oder Silizium.

Seine Fotostrukturierbarkeit sowie hohe Transmission, chemische und Temperaturbeständigkeit machten FOTURAN® als Alternative zu Kunststoffen zum Material der Wahl für äußerst interessante Entwicklungen. Wie interessant, das erfuhr man bei SCHOTT im Rahmen einer umfassenden Marktuntersuchung. „Wir waren überrascht, wie sich unser Werkstoff in der an-



The Japanese research institute Riken uses a laser to expose microfluidic 3D structures in FOTURAN® samples. The goal is to produce novel 3D biochips for use in biotechnology research.

Das japanische Forschungsinstitut Riken bringt per Laser mikrofluidische 3D-Strukturen in FOTURAN® Muster ein. Ziel ist die Herstellung neuartiger 3D-Biochips für die Biotech-Forschung.



The Aerospace Corporation in the United States uses FOTURAN® to produce components for nanosatellites: to the right a multiwafer from the structurable material, to the left a control unit (see also page 35).
 Die Aerospace Corporation aus den USA nutzt FOTURAN® zur Herstellung von Komponenten für Nanosatelliten: rechts ein Multiwafer aus dem strukturierbaren Material, links eine Steuereinheit (siehe auch S. 35).

by conducting a comprehensive market survey. “We were surprised to learn how our material is being used by the demanding material science community and what impressive products can be produced with it,” says Fredrik Prince, Director Global Product Management Thin Glass&Wafer at SCHOTT.

They range from nanosatellites (see page 35), micro-assembly tools and micromachining to pioneering biotechnological applications based on 3D laser structuring. RIKEN, Japan’s largest institute for extensive research in science and technology, for example, uses a femto-second laser to expose microfluidic 3D structures in FOTURAN®. A combination of heat treatments and etching can create not only microchannels, but also movable elements such as micro valves or pumps for controlling fluids, for example. In addition, researchers use special processes to produce microstructures and extremely small biomimetic flow structures made of plastic in the 3D glass channels.

“The goal of these developments is ultimately to produce novel, multi-layered and multi-functional 3D biochips for use in advanced biotechnology research. Here, FOTURAN® photostructurable glass used as a chip substrate offers several advantages over quartz glass. It is extremely important to be able to achieve high surface quality and optical quality through the thermal treatment of the material after etching. This is essential for our biotech applications, including close monitoring of biological cells or microorganisms and their behavior,” explains Koji Sugioka, Senior Research Scientist at RIKEN Center for Advanced Photonics.

“With FOTURAN® II unmatched micro-geometry ratios can now be achieved.”

„Mit FOTURAN® II erzielen wir bisher unerreichte Mikro-geometrie-verhältnisse.“

Fredrik Prince,
Vice President Thin Glass&Wafer

spruchsvollen materialwissenschaftlichen Community verbreitet hat und welche beeindruckenden Produkte damit hergestellt werden“, so Fredrik Prince, Leiter Global Product Management Thin Glass&Wafer bei SCHOTT.

Die Palette reicht von Nanosatelliten (siehe S. 35), Mikromontagewerkzeugen und der Mikromaterialbearbeitung bis zu richtungweisenden biotechnologischen Anwendungen auf Basis von 3D-Laserstrukturierung. So nutzt RIKEN, Japans größtes Institut für umfassende Forschungen in Technik und Wissenschaft, einen Femtosekundenlaser zur Belichtung von mikrofluidischen 3D-Strukturen in FOTURAN®. In Kombination mit Wärmebehandlungen und Ätzen lassen sich damit nicht nur Mikrokanäle erzeugen, sondern auch darin bewegliche Elemente wie etwa Mikroventile oder -pumpen zur Steuerung von Fluiden. Darüber hinaus bringen die Forscher mittels spezieller Verfahren Mikrostrukturen und kleinste biomimetische Flusstrukturen aus Kunststoff in die 3D-Glaskanäle ein.

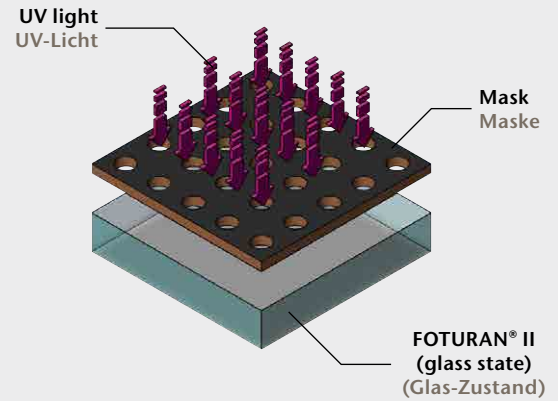
„Bei diesen Entwicklungen geht es letztlich um die Herstellung neuartiger, mehrschichtiger und multifunktionaler 3D-Biochips für die fortgeschrittene biotechnologische Forschung. Dafür bietet FOTURAN® als Chipsubstrat einige Vorteile gegenüber Quarzglas. Entscheidend ist, dass wir mit der thermischen Nachbehandlung des Werkstoffs nach dem Ätzen eine hohe Oberflächengüte und optische Qualität schaffen können. Dies ist wichtig für unsere Biotech-Anwendungen. Eine weitere wichtige Applikation für die Biotech-Forschung ist unsere Kompetenz in der selektiven Metallisierung von FOTURAN®, wobei wir Laserablation und stromlose Abscheidung kombinieren, um

Enhanced manufacturing for improved benefits

Verbesserter Produktionsprozess mit höherem Nutzen

SCHOTT's photo-sensitive FOTURAN® II glass wafers can be structured and processed in three steps: UV-exposure, tempering, etching, and optionally ceramization.

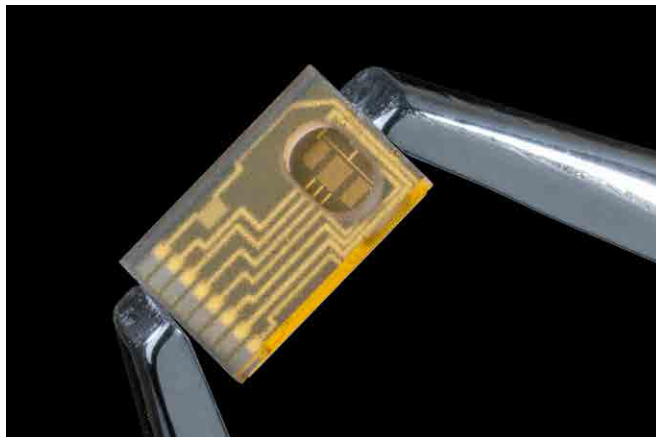
Die lichtempfindlichen FOTURAN® II Glaswafer von SCHOTT können in drei Schritten strukturiert und weiterverarbeitet werden: UV-Belichtung, Tempern, Ätzen und Keramisierung (optional).



1. UV Exposure 1. UV-Belichtung

But these are not the only types of projects that prove the 30-year old FOTURAN® photostructurable glass holds future potential, however. SCHOTT has also seen an increase in demand from the semiconductor industry in recent years. For example, this material can be used as a substrate in chip packaging, where the goal is also to produce microstructures.

Against this backdrop, SCHOTT has developed an improved melting technique and increased the quality of the glass. First and foremost, FOTURAN® II offers greater homogeneity and thus more stable photosensitivity. "Much finer microstructures and unmatched microgeometry ratios can now be produced," says Fredrik Prince. Directly available from SCHOTT as wafers and square substrates, or as finished components from a broad partner network, the improved glass is highly promising for use in high-frequency technology, such as filter elements for efficient separation of channels in frequency ranges for mobile data communication thanks to its high-precision structurability. It opens up many possibilities – for a proven material with a bright future.



The sensor manufacturer Innovative Sensor Technology IST AG (www.ist-ag.com) produces extremely small flow sensors for thermal mass flow measurement of gases. This is where FOTURAN® leverages its precise structurability and its high temperature and chemical resistance. Thousands of these types of sensors are already being used.

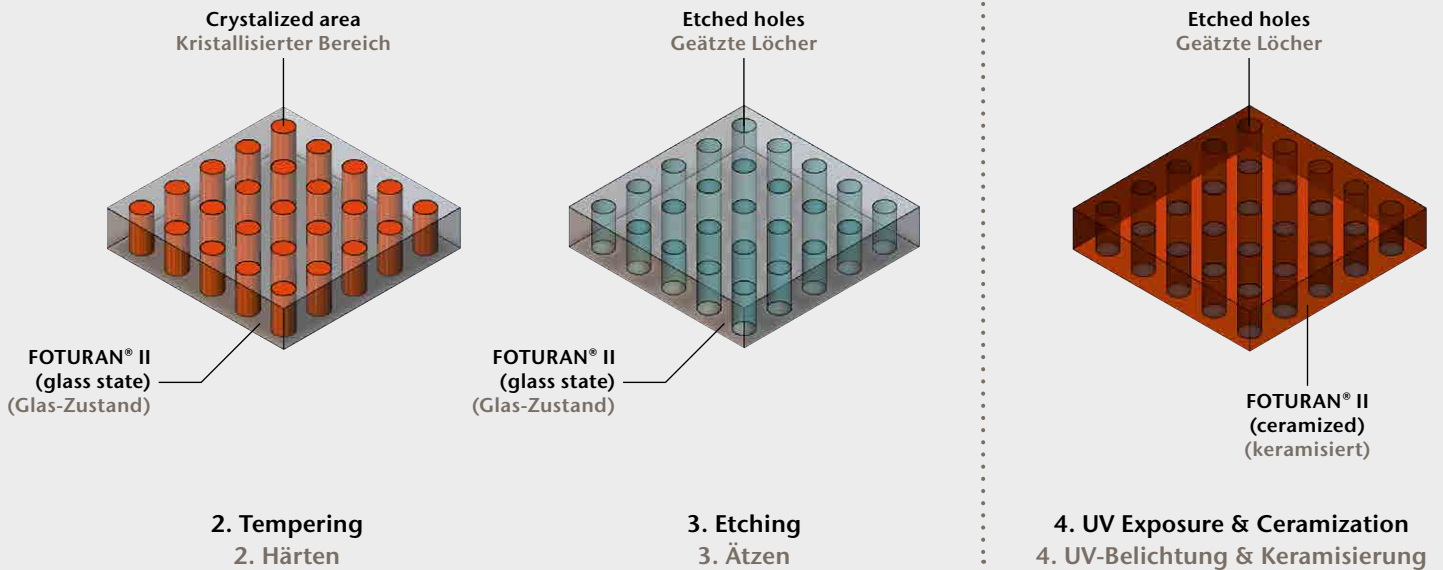
Der Sensorhersteller Innovative Sensor Technology IST AG (www.ist-ag.com) fertigt kleinste Flusssensoren zur thermischen Massendurchflussmessung von Gasen. Dabei spielt FOTURAN® seine präzise Strukturierbarkeit sowie hohe Temperatur- und chemische Beständigkeit aus. Tausende solcher Sensoren sind bereits im Einsatz.

elektrofluidische Komponenten zu erzeugen“, erläutert Koji Sugioka, Bereichsleiter am RIKEN Center for Advanced Photonics.

Dass das über 30 Jahre alte FOTURAN® Zukunftspotenzial hat, belegen jedoch nicht nur solche Projekte. In den letzten Jahren stellte SCHOTT einen Anstieg der Nachfrage auch in der Halbleiterindustrie fest. Dort lässt sich das Material zum Beispiel als Substrat im Chip-Packaging verwenden, wo es ebenfalls um die Erzeugung feinsten Strukturen geht.

Vor diesem Hintergrund entwickelte SCHOTT ein verbessertes Schmelzverfahren und stellte das Glas auf eine höhere Qualitätsstufe: FOTURAN® II verfügt vor al-

lem über eine größere Homogenität und dadurch über eine stabilere Fotosensibilität. „Damit lassen sich deutlich feinere Mikrostrukturen und bisher unerreichte Mikrogeometrieverhältnisse herstellen“, so Fredrik Prince. Angeboten als Wafer sowie über ein breites SCHOTT Partnernetzwerk auch als fertige Komponenten erhältlich, verspricht das erneuerte Glas durch seine hochpräzise Strukturierbarkeit Einsatzchancen auch in der Hochfrequenztechnik, etwa in Filterelementen zur effizienten Kanaltrennung in Frequenzbereichen für die mobile Datenkommunikation. Es eröffnen sich viele Möglichkeiten – für ein bewährtes Material mit Zukunft.



Propulsion unit for nanosatellites Antrieb von Nanosatelliten

The Aerospace Corporation uses FOTURAN® as a structural material for small satellite applications.

For The Aerospace Corporation, a government-sponsored US research and development institution particularly active in the field of space systems, FOTURAN® is just the right material for use in mass producing nanosatellites. “Instead of metal, which only provides structural support, with FOTURAN® it would be possible to integrate into the satellite walls, electronics, microfluidics, RF, and photonic structures. Moreover, it has low thermal conductivity and on orbit temperature fluctuations would be mitigated,” explains Dr. Henry Helvajian, Senior Scientist at Aerospace.

A prototype propulsion unit for a nanosatellite is shown, which was designed using a solid model software and exposed via laser 3D direct-write technology. It comprises a number of laser photostructured wafers which are stacked and bonded. The complete unit is ten centimeters in diameter and weighs 330 grams (fueled). The nanosatellite itself weighs 1–10 kg. Aerospace is also developing variable stiffness microturbines and other embedded structure components with FOTURAN®. “For many years, this material from SCHOTT has been providing excellent performance and assisting us to advance the technology for true 3D micro structuring and to enable the development of glass microelectromechanical systems (MEMS),” says Dr. Helvajian, a pioneer in this field. —

Aerospace Corporation nutzt FOTURAN® als ein strukturierbares Material für Satelliten-Anwendungen.

Für die Aerospace Corporation, eine staatlich geförderte US-Einrichtung zur Forschung und Entwicklung insbesondere in der Raumfahrt, ist FOTURAN® genau das richtige Material für die Serienproduktion von Nanosatelliten. „Anders als das Stützmaterial Metall ermöglicht FOTURAN® die Integration von elektronischen, mikrofluidischen und Hochfrequenz-Anwendungen sowie von photonischen Strukturen. Zudem besitzt es eine niedrige Wärmeleitfähigkeit und widersteht Temperaturschwankungen im Orbit“, zählt Dr. Henry Helvajian, Senior Scientist bei Aerospace, auf.

So wurde der Prototyp einer Antriebseinheit für Nanosatelliten mittels spezieller Technologien wie Solid-Modeling und Laserbelichtung im 3D-Direct-Write-Verfahren entwickelt. Die Einheit kann selbstständig manövrieren und nutzt einen Kaltgasantrieb. Sie besteht aus mehreren laserstrukturierten, gestapelten und gebondeten Wafers. Die komplette Einheit hat zehn Zentimeter Durchmesser und wiegt mit Treibstoff 330 Gramm. Nanosatelliten selbst sind ein bis zehn Kilo schwer. Aerospace entwickelt mit FOTURAN® auch Mikroturbinen mit variabler Steifigkeit und andere strukturierte Komponenten. „Das SCHOTT Material leistet uns seit vielen Jahren gute Dienste bei der Fortentwicklung echter 3D-Mikrostrukturierung und der Entwicklung von MEMS auf Glasbasis“, so Dr. Helvajian, ein Vordenker auf diesem Gebiet. —