



Piezo-electric glass ceramics (left) are free from lead and stable in temperature up to 600°C. SCHOTT researchers paved the way to product development of the unique new material by using special lab castings (right).

Piezoelektrische Glaskeramiken (links) sind bleifrei und temperaturstabil bis 600°C. Den Weg zur Produktentwicklung des neuartigen Materials ebneten die SCHOTT Forscher auch mit speziellen Laborgüssen (rechts).

## A Material Generates Voltage and Movement Ein Material schafft Spannung und Bewegung

For the first time ever, researchers have succeeded in carrying over piezo-electric glass ceramics from the laboratory into product development. These lead-free materials offer completely new qualities.

Erstmals ist es Forschern gelungen, piezoelektrische Glaskeramiken vom Labor in die Produktentwicklung zu überführen. Die bleifreien Werkstoffe bieten völlig neue Qualitäten.

HERIBERT HERRGEN

**P**iezo-electric materials are capable of transforming mechanical energy into electrical energy and vice versa. They expand quickly and precisely when connected to voltage. This effect has been leveraged in manufacturing of semiconductors for quite some time. With nanopositioning of components, movements of one-millionth of a millimeter are at stake.

Piezo-electric materials are also used as sensors that measure changes in pressure and oscillation. Typical areas of application include medical technology, diagnostic ultrasound, for example, and construction of vehicle engines. Piezo-driven injection valves in diesel engines achieve much shorter manipulating times than traditional magnetic valves, reduce consumption and enhance running smoothness and the quality of exhaust gas. Used as sensors, elements made of piezo-electric material also enhance safety systems in vehicles, such as airbags or clearance indicators.

**P**iezoelektrische Materialien können mechanische Energie in elektrische umwandeln und umgekehrt. Sie dehnen sich beim Anlegen einer Spannung schnell und präzise aus. Dieser Effekt wird in der Halbleiterfertigung schon seit langem genutzt: Bei der Nanopositionierung von Werkstücken geht es um Bewegungen von einem Millionstel Millimeter.

Piezoelektrische Materialien werden auch als Sensoren zur Bestimmung von Druck- oder Schwingungsänderungen eingesetzt. Typische Anwendungsfelder sind die Medizintechnik, etwa die Ultraschall-

diagnostik, und der Fahrzeugmotorenbau. Piezogetriebene Einspritzventile in Dieselmotoren erreichen wesentlich kürzere Stellzeiten als klassische Magnetventile, reduzieren den Verbrauch und erhöhen Laufruhe und Abgasqualität. Als Sensoren verbessern Elemente aus piezoelektrischem Material zudem Sicherheitssysteme am Fahrzeug, etwa Airbags oder Abstandsanzeiger.

Der Piezoeffekt natürlicher monokristalliner Materialien wie Quarz oder Turmalin ist sehr gering. Mit polykristallinen ferroelektrischen Keramiken wie Barium-Titanat und Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) wur-



Photos | Fotos : A. Stephan

The piezo effect of natural monocrystalline materials, such as quartz or tourmaline, is extremely low. Better performance results were obtained with polycrystalline ferroelectrical ceramics, such as barium-titanate and lead-titanate-zirconate (PZT). PZT piezo ceramics are available in good supply and today represent the most commonly used ceramics for sensor applications and actuators capable of moving in a quick and precise manner. Lead is always an essential component; however, it is harmful to both the environment and health.

Until now, ceramic manufacturers were only in a position to use lead-free alternatives to a very limited degree. And despite their numerous areas of application, PZT ceramics leave a lot to be desired with respect to temperature stability, performance and durability. Piezo-electric glass ceramic, a newly-developed material, offers precisely these types of advantages. "We combine the piezo-electric characteristics of lead-free crystals with SCHOTT glass and glass ceramic

den bessere Einsatzergebnisse erzielt. PZT-Piezokeramik ist vielfältig verfügbar und heute die wohl am häufigsten verwendete Keramik für Sensoranwendungen oder für Aktoren, die schnell und präzise etwas bewegen sollen. Blei ist dabei noch immer ein essenzieller Bestandteil, beeinträchtigt aber Umwelt und Gesundheit.

Keramikhersteller konnten bleifreie Alternativen bisher nur eingeschränkt verfügbar machen. Und ungeachtet ihrer zahlreichen Einsatzfelder lassen PZT-Keramiken in Sachen Temperaturstabilität, Performance und Haltbarkeit häufig zu wünschen übrig. Genau solche Vorzüge bietet

nun ein neu entwickeltes Material: piezoelektrische Glaskeramik. „Wir kombinieren die piezoelektrischen Eigenschaften bleifreier Kristalle mit den SCHOTT Technologien der Glas- und Glaskeramikherstellung, vor allem hinsichtlich der vielfältigen Möglichkeiten der Formgebung“, erläutert SCHOTT Forscherin Dr. Ina Mitra. So entwickelte SCHOTT Glaskeramiken, die einige bessere piezoelektrische Eigenschaften aufweisen als bestehende Materialien und die bleifrei sind. Ein großer Vorteil, denn dadurch können die aktuellen Richtlinien zur Reduzierung gesundheitsgefährdender Bestandteile, zum Bei- >



## “World’s first product development” „Erste Produktentwicklung weltweit“

**solutions:** People often associate glass ceramic with SCHOTT Ceran® cooktop panels. What other areas can this material be used in?

**Langfeld:** The huge success of our Ceran® glass ceramic cooktop panels, Robax® fireplace viewing panels and Zerodur® telescope mirror substrates is based on the so-called LAS (lithium-alumino-silicate) glass ceramics. Here, we optimized traits, such as zero thermal expansion, rigidity and appearance. However, a much broader spectrum of product characteristics can be achieved with glass ceramics. SCHOTT is in a position to manufacture glass and glass ceramics on an industrial scale. We are currently working very hard on glass ceramics with piezo-electric traits. The possibilities range from vehicles to sensors in diesel motors.

**solutions:** How well is SCHOTT positioned in this field with respect to research?

**Langfeld:** Our research teams in Mainz, Germany, and Duryea, U.S.A., have manufactured piezo-electric glass ceramics in their labs, applied for patents and created the foundation for the world’s first product developments. These glass ceramics represent lead-free alternatives to conventional piezo materials and offer other advantages for many different applications. We are, therefore, breaking new ground in this area and are able to rely on an excellent technological basis. Particularly when it comes to glass ceramics, our broad expertise enables us to play a leadership role.

**solutions:** What are your future research objectives in the glass ceramic field?

**Langfeld:** Together with a large customer in the lighting industry, we are currently developing glass ceramics that can be used to convert light in conjunction with LEDs. A glass ceramic system with extremely high rigidity that is now being tested for use in safety related applications is also in the pipeline. As this clearly indicates, this class of materials can be used in a much broader manner than we are currently aware of.

**solutions:** Glaskeramik bringt man oft mit SCHOTT Ceran® Kochflächen in Verbindung. Für welche Einsatzfelder bietet sich dieses Material noch an?

**Langfeld:** Auf den so genannten LAS (Lithium-Alumino-Silikat)-Glaskeramiken baut der große Erfolg unserer Ceran® Glaskeramik Kochflächen, Robax® Kaminsichtscheiben und Zerodur® Teleskopspiegelträger auf. Hier haben wir die Eigenschaften thermische Nullausdehnung, Festigkeit und Anmutung optimiert. Mit Glaskeramiken lässt sich aber ein viel größeres Spektrum an Produkteigenschaften erzielen. SCHOTT ist in der Lage, Glas und Glaskeramiken großtechnisch herzustellen. Zurzeit arbeiten wir intensiv an Glaskeramiken mit piezoelektrischen Eigenschaften. Deren Anwendungsmöglichkeiten reicht vom Feuerzeug bis hin zum Sensor im Dieselmotor.

**solutions:** Wie ist die SCHOTT Forschung auf diesem Gebiet aufgestellt?

**Langfeld:** Unsere Forscherteams in Mainz, Deutschland, und in Duryea, USA, haben piezoelektrische Glaskeramiken im Labor hergestellt, Patente angemeldet und die Basis für

weltweit erste Produktentwicklungen geschaffen. Diese Glaskeramiken stellen bleifreie Alternativen zu herkömmlichen Piezomaterialien dar und haben weitere Vorteile für vielfältige Anwendungen. Wir betreten damit Neuland, haben aber eine exzellente technologische Basis und spielen gerade in Sachen Glaskeramik mit unserer breiten Kompetenz eine Vorreiterrolle.

**solutions:** Was sind Ihre künftigen Forschungsziele auf dem weiten Feld der Glaskeramiken?

**Langfeld:** Mit einem großen Kunden in der Beleuchtungsbranche entwickeln wir Glaskeramiken, die bei der Lichtkonversion im Zusammenhang mit LEDs eingesetzt werden können. In der Pipeline haben wir ein Glaskeramiksistem mit extremer Festigkeit, das in sicherheitsrelevanten Anwendungen geprüft wird. Das zeigt: Diese Materialklasse lässt sich weitaus vielfältiger einsetzen, als wir heute ahnen.



Dr. Roland Langfeld, head of Research and Technology Development at SCHOTT AG

Dr. Roland Langfeld, Leiter Forschung und Technologieentwicklung der SCHOTT AG

manufacturing technologies, particularly with respect to the numerous molding possibilities,” explains SCHOTT researcher, Dr. Ina Mitra. In fact, SCHOTT has already developed glass ceramics that exhibit some better piezo-electric traits than existing materials, yet are free from lead. This is a major advantage, because it enables the European RoHS (Restriction on Hazardous Substances), the current regulations on the reduction of contents harmful to one’s health, to be met during manufacturing, usage and disposal of these materials.

Furthermore, some varieties of the new material are transparent and capable of unfolding their piezo-electric characteristics at temperatures of up to 600°C. “This will open up new opportunities for this innovative material in the near future, in high temperature areas or wherever only expensive mono-crystals have been put to use, for example,” explains Dr. Ina Mitra.

< |  
mark.davis@us.schott.com

The piezo technique is used particularly in building engines. Such piezo inline injectors enable diesel fuel-injection systems to reduce fuel consumption, emissions and the intensity of running noises.

Vor allem der Motorenbau setzt Piezotechnik ein: Mit solchen Piezo-Inline-Injektoren können Diesel-Einspritzsysteme Kraftstoffverbrauch, Emissionen und Intensität der Laufgeräusche senken.



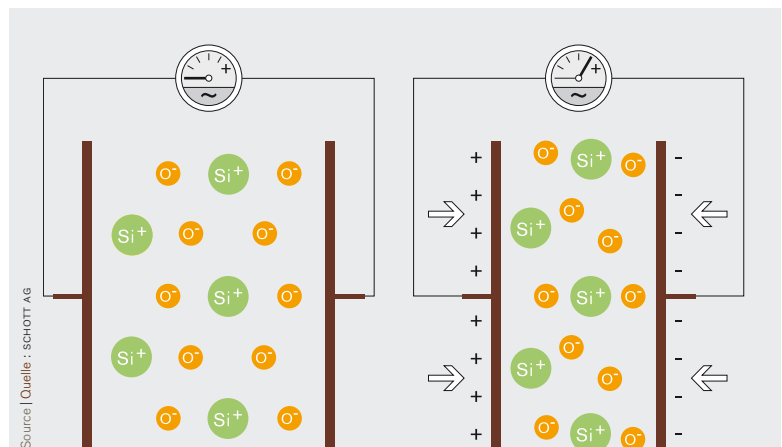
Photo | Foto : Bosch

spiel die europäischen RoHS (Restriction on Hazardous Substances)-Bestimmungen, eingehalten werden. Und zwar bei der Herstellung, Nutzung und Entsorgung dieser Materialien.

Einige Arten des neuen Werkstoffs sind zudem transparent und können ihre piezoelektrischen Eigen-

schaften bei Temperaturen von bis zu 600°C entfalten. Dr. Ina Mitra: „Hieraus eröffnen sich in naher Zukunft weitere Produktchancen für diese Materialinnovation, etwa in Hochtemperaturbereichen oder dort, wo bisher nur teure Einkristalle zum Einsatz kamen.“

< |  
mark.davis@us.schott.com



#### THE CURIE BROTHERS DISCOVERED THE PIEZO EFFECT

The term »Piezo« comes from the Greek word for pressure. In 1880, Jacques and Pierre Curie discovered that when pressure is applied to quartz crystals, it generates electric voltage. They called this phenomenon the »piezo effect«. Later, the researchers learned that electrical fields can also shape piezo-electric materials.

In sensor applications, the objective is to generate electric voltage by applying mechanical tension (pressure), for example, on SiO<sub>2</sub> crystal material (see graphic). Here, the different loaded silicon and oxygen atoms displace each other to generate an electric charge (right). This can be measured by applying electrodes and, thus, allows the pressure applied to be determined.

#### BRÜDER CURIE ENTDECKTEN DEN PIEZOEFFEKT

Der Begriff »Piezo« ist vom griechischen Wort für Druck abgeleitet. 1880 entdeckten Jacques und Pierre Curie, dass Druck in Quarzkristallen elektrische Ladungen erzeugt, und nannten dieses Phänomen den »Piezo-effekt«. Später stellten die Forscher fest, dass elektrische Felder auch piezoelektrische Materialien verformen können.

Bei Sensoranwendungen geht es um die Erzeugung von Stromspannung durch Anlegen einer mechanischen Spannung (Druck) zum Beispiel an SiO<sub>2</sub>-Kristallmaterial (siehe Grafik). Dabei verschieben sich die unterschiedlich geladenen Silizium- und Sauerstoffatome gegeneinander, wodurch eine elektrische Spannung erzeugt wird (rechts). Diese kann durch Anlegen von Elektroden gemessen werden und erlaubt somit die Bestimmung des ausgeübten Druckes.