

FLEXIBLE, STABLE, AND ULTRA-THIN

BIEGSAM, STABIL – UND ULTRADÜNN

Faster processors, extremely small chip packages, fingerprint sensors for smartphones – ultra-thin glass is a versatile precursor for the microelectronics of tomorrow.

Schnellere Prozessoren, kleinste Chip-Gehäuse, Fingerprint-Sensoren für Smartphones – ultradünnes Glas ist ein vielseitiger Wegbereiter für die Mikroelektronik von morgen.

Photo Foto : SCHOTT/C. Costard

THILO HORVATITSCH

A quick test does away with the usual preconceptions that pertain to a millennia-old material: Inside a bending device, a glass sheet bends to such a great extent that you can almost wrap it around your finger, but it doesn't break. This glass is 50 micrometers thin, about as thick as a human hair. SCHOTT can produce it as thin as 25 micrometers, while ten micrometers are already targeted in the lab. The technology group ranks among the few companies that can use advanced production and processing methods to give such ultra-thin glasses the necessary stability they require for industrial use (see text box p. 8). "Glass can literally be

Ein kleiner Versuch räumt mit den gängigen Vorstellungen über einen Jahrtausende alten Werkstoff auf: In einer Biegevorrichtung krümmt sich eine Glasfolie so sehr, dass sie sich fast um den Finger wickeln ließe – aber sie bricht nicht. Das Glas ist 50 Mikrometer dünn, etwa so dick wie ein menschliches Haar. SCHOTT kann es bis zu einer Dicke von 25 Mikrometern fertigen, im Labor werden schon zehn Mikrometer angestrebt. Der Technologiekonzern zählt zu den wenigen Unternehmen weltweit, die solchen Ultradünngläsern auch die nötige Stabilität für den industriellen Einsatz verleihen können – mit fortschrittlichsten Fertigungs- und



Photo Foto : SCHOTT/Arndt Benedikt

Ultra-thin glass from SCHOTT (left) will perform important functions in the smartphone of the future (top): as toughened cover glass in flexible OLED displays, cameras or fingerprint sensors, and as a substrate material for thin-film batteries or thermally and dimensionally stable components in processors.

Im Smartphone der Zukunft (oben) übernimmt ultradünnes Glas von SCHOTT (links) wichtige Funktionen: Als gehärtetes Deckglas im biegbaren OLED-Display, in der Kamera oder im Fingerprint-Sensor, als Substratmaterial für die Dünnschichtbatterie oder als thermisch und formstabile Komponente im Prozessor.

continuously reinvented,” explains Dr. Rüdiger Sprengard, Director of New Business for Ultra-Thin Glass at SCHOTT. “This allows us to use its many different properties very effectively in promising future applications such as microelectronics.” Ultra-thin glass can support the trend toward miniaturization in this important industry and enhance performance where existing substrate materials reach their limits. Glass contains silicon dioxide as its main ingredient and offers better electrical insulation in the high frequency range than the standard semiconductor material silicon. This means it can transport the data streams that play an increasingly important role in mobile communications via metallic penetrations with low power dissipation. “Processors made of ultra-thin glass

Verarbeitungsmethoden (siehe Textbox S. 8). „Glas lässt sich buchstäblich immer wieder neu erfinden“, erläutert Dr. Rüdiger Sprengard, Leiter Geschäftsentwicklung Ultradünnglas bei SCHOTT. „Dadurch können wir seine zahlreichen Eigenschaften in vielversprechenden Zukunftsanwendungen optimal nutzbar machen – zum Beispiel in der Mikroelektronik.“ In dieser Schlüsselindustrie kann Ultradünnglas den Trend zur Miniaturisierung und Leistungssteigerung dort unterstützen, wo bisherige Substratwerkstoffe Grenzen setzen. So enthält Glas als Hauptbestandteil Siliziumdioxid und verfügt im Hochfrequenzbereich über eine höhere elektrische Isolation als das Standard-Halbleitermaterial Silizium. Damit kann es über metallische Durchführungen Datenströme, wie sie eine



Photo Foto : SCHOTT/A. Sell

THE SECRET BEHIND ULTRA-THIN GLASS DAS GEHEIMNIS ULTRADÜNNEN GLASES

SCHOTT melts glasses from an abundance of formulas that even have partly contradictory properties. But, the manufacture of stable ultra-thin glass is also made possible by special process technologies. Here, the goal is to produce surfaces and edges that are as perfect as possible. After all, glass has amazing intrinsic strength and doesn't break until its surface shows micro-defects that propagate inside the material under stress. SCHOTT developed its down-draw technology in order to avoid this. This technology calls for the molten glass to be pulled down into shape in a controlled manner (see picture above). The result is extremely strong and flexible specialty glasses of between 25 and 500 micrometers in thickness with fire-polished glass surfaces and roughness of less than one nanometer without any further treatment. This is also how SCHOTT produces what is currently the world's only ultra-thin glass that can be chemically cured through ion exchange and is four times stronger than non-tempered glass. The company's expertise also includes finishing processes such as structuring, cutting and edge processing.

<

Aus einer Fülle von Rezepturen schmilzt SCHOTT Gläser mit vielfältigen, teils gegensätzlichen Eigenschaften. Die Herstellung von stabilem ultradünnem Glas ist jedoch gerade auch ein Ergebnis besonderer Prozesstechnologien. Dabei kommt es auf die Fertigung von möglichst einwandfreien Oberflächen und Kanten an. Denn Glas hat eine erstaunliche innere Festigkeit und bricht erst, wenn seine Oberfläche Mikrodefekte aufweist und sich diese unter Belastung ins Materialinnere fortpflanzen. Um dies zu vermeiden, entwickelte SCHOTT seine Down-Draw-Technologie, mit der schmelzflüssiges Glas kontrolliert nach unten in Form gezogen wird (siehe Bild oben). Dabei entstehen ohne Nachbehandlung äußerst stabile und flexible Spezialgläser von 25 bis 500 Mikrometern Dicke mit feuerpolierten Glasoberflächen und einer Rauigkeit von unter einem Nanometer. SCHOTT stellt auf diese Weise auch das bislang weltweit einzige Ultradünnglas her, das sich durch Ionenaustausch zusätzlich chemisch härten lässt und viermal fester als nicht gehärtetes Glas ist. Zum Know-how zählen zudem Weiterverarbeitungsprozesse wie etwa Strukturierung, Schneiden oder Kantenbearbeitung.

<

substrates can process data up to eight times faster than was previously possible," Dr. Sprengard says. In this case, the thinness of the glass also plays a role because the shorter the conductor paths through the substrate, the lower the energy loss and the higher the data bandwidth. These and other advantages also make glass attractive for use in chip packaging. The challenge is to connect not only

wachsende Rolle etwa im Mobilfunk spielen, mit geringerer Verlustleistung transportieren. „Prozessoren mit Ultradünnglas-Substraten können Daten bis zu achtmal schneller verarbeiten als bisher möglich“, so Dr. Sprengard. Dabei spielt auch die geringe Glasdicke eine Rolle: Denn je kürzer die Leiterbahnen durch das Substrat sein können, desto niedriger ist der Energieverlust und desto höher die

various electronic components in ever smaller or flatter devices, but also subsystems such as displays, cameras, speakers and microphones in smartphones. Highly efficient packaging concepts can do so by using extremely short conductor tracks. In fact, modern smartphones already contain 60 to 70 such packages. The platform for these connections is usually a printed circuit board made of (insulating) plastic – generally epoxy resin – or composite materials and copper for the conductor paths. Nevertheless, their rough surfaces limit the high wiring density that will be needed in the future and complicate the photolithographic patterning of the conductor paths with ever smaller feature sizes. These types of boards also cause high energy losses with increasing signal frequencies. Furthermore, the plastic substrates can bend when they are exposed to the higher temperatures caused by increased performance in smaller packages, which increases the risk of a breakdown. By contrast, ultra-thin glass boasts excellent surface quality, high dimensional stability over a wide range of temperatures and generates significantly lower electrical losses. SCHOTT is the first to be able to use these ideal characteristics in future applications. For example, SCHOTT is working on developing energy-efficient, high-frequency components in cooperation with the Fraunhofer Institute for Reliability and Microintegration (IZM) in Berlin, and is also involved in a joint project with the Georgia Institute of Technology in the USA.

Datenbandbreite. Diese und andere Vorzüge machen Glas auch für das sogenannte Chip-Packaging attraktiv. In immer kleineren oder flacheren Geräten gilt es, verschiedenste elektronische Bauelemente, in Smartphones auch Subsysteme wie Display, Kamera, Lautsprecher und Mikrofon miteinander zu verbinden. Dies leisten hocheffiziente Packaging-Konzepte über kürzeste Leiterbahnen. In modernen Smartphones sind schon 60 bis 70 solcher Packages integriert. Plattform für die genannten Verbindungen sind in der Regel Leiterplatten aus (isolierendem) Kunststoff – meist Epoxidharz – oder Kompositwerkstoffen sowie Kupfer für die Leiterbahnen. Deren raue Oberflächen limitieren jedoch die künftig nötige hohe Verdrahtungsdichte und erschweren die fotolithografische Strukturierung der Leiterbahnen mit immer kleineren Strukturgrößen. Auch sorgen solche Platinen bei steigenden Signalfrequenzen für zunehmende Energieverluste. Zudem können sich die Kunststoffsubstrate bei der wachsenden Wärmeentwicklung durch Leistungssteigerung in immer kleineren Gehäusen verbiegen, wodurch das Ausfallrisiko steigt. Dagegen besitzt Ultradünnglas eine exzellente Oberflächengüte, eine hohe Formstabilität über einen großen Temperaturbereich hinweg und erzeugt deutlich weniger elektrische Verluste. Diese idealen Eigenschaften konnte SCHOTT bereits für erste Zukunftsanwendungen nutzen. So etwa für die Entwicklung energieeffizienter Hochfrequenz-Komponenten in Kooperation



Photo Foto : SCHOTT/A. Sell

Measurements performed at the Thin Glass Center of Excellence in Grünenplan (left) and material tests at the Otto SCHOTT Research Center at SCHOTT headquarters in Mainz show how strong and sturdy ultra-thin glass really is. This is tested by performing two-point bending tests (below) and long-term surface resistance tests (lower left), for example.

Messungen im Dünnglas-Kompetenzzentrum in Grünenplan (links) und Materialtests im Otto-Schott-Forschungszentrum am SCHOTT Hauptstandort in Mainz geben Aufschluss darüber, wie stabil und fest die ultradünnen Gläser sind. Angewendet werden beispielsweise Zwei-Punkt-Biegetests (unten) und Langzeit-Flächenfestigkeitstests (unten links).



Photo Foto : SCHOTT/A. Sell



Photo Foto : SCHOTT/A. Sell

“GLASS IS THE FUTURE MATERIAL FOR USE IN CHIP PACKAGING” „GLAS IST ZUKUNFTSMATERIAL FÜR CHIP-PACKAGING“

Interview with Dr. Michael Töpfer from the Business Development team at Fraunhofer Institute for Reliability and Microintegration (IZM)

Interview mit Dr. Michael Töpfer vom Business Development Team im Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)

solutions: Dr. Töpfer, is the semiconductor industry aware of the advantages of using ultra-thin glass?

Töpfer: No, because this requires more education. First, introducing new materials in the conservative semiconductor industry is difficult. In addition, everyone believes they know glass to be a brittle and easily breakable material. But, depending on the type, glass has various properties. And some of them are ideal for use in chip packaging and high-frequency technology.

solutions: Which properties are you referring to?

Töpfer: First, it has excellent dielectric properties. Glass ensures the lowest possible energy losses, especially at high signal frequencies such as those that are used in the new radio frequency standard LTE or in future radar systems for autonomous driving. And unlike polymer materials, the quality does not change over time because glass hardly ages and can also protect electronic micro-components against environmental influences.

solutions: Where could ultra-thin glasses be used first?

Töpfer: Consumer electronics and smartphone applications, such as displays or sensors, are the first products that come to mind. Then, I expect to see them used in the automotive world, where the highest reliability and quality are extremely important.

solutions: What products does the IZM cooperate with SCHOTT on?

Töpfer: Today, the focus is on developing interposers on the basis of ultra-thin glasses. In SCHOTT, we have found an ideal partner for making such promising future applications marketable. <

solutions: Herr Dr. Töpfer, sind die Vorteile von Ultradünn- glas in der Halbleiterwelt bekannt?

Töpfer: Nein, da bedarf es mehr Aufklärung. Zum einen, weil die Einführung neuer Materialien in der konservativen Halbleiter- industrie ohnehin schwierig ist. Zum anderen, weil jeder glaubt, Glas zu kennen – zum Beispiel als spröde und leicht zerbrechlich. Je nach Typ bietet Glas aber verschiedenste Eigenschaften. Einige davon sind ideal für das Chip-Packaging und die Hochfrequenztechnik.

solutions: Welche sind das?

Töpfer: Zunächst seine hervorragenden dielektrischen Eigenschaften. Glas sorgt für geringste Energieverluste gerade bei hohen Signalfrequenzen, wie sie etwa beim neuen Mobilfunkstandard LTE oder bei künftigen Radarsystemen für autonomes Fahren zur Anwendung kommen. Und im Gegensatz zu Polymerwerkstoffen verändert sich diese Qualität nicht. Denn Glas altert so gut wie nicht und kann auch elektronische Mikro- bauteile vor Umwelteinflüssen schützen.

solutions: Wo könnten Ultradünn- gläser zuerst eingesetzt werden?

Töpfer: Ich denke zuerst an die Konsum- elektronik und Smartphone-Anwendungen, etwa Displays oder Sensoren. Dann rechne ich mit der Überführung in die Automobil- welt, wo höchste Zuverlässigkeit und Qualität gefragt sind.

solutions: In welchen Projekten kooperiert das IZM mit SCHOTT?

Töpfer: Heute vor allem zur Entwicklung von Interposern auf Basis ultradünner Gläser. Mit SCHOTT haben wir einen idealen Partner gefunden, um solche vielversprechenden Zukunftsan- wendungen marktfähig zu machen. <



In this case, prototypes of interposers were manufactured from 30-micrometer thin glass from SCHOTT. These miniature circuit boards connect microelectronic components with one another or with the motherboard like conventional printed circuit boards, but enable the highest data rates and fine wiring and vias (vertical interconnect accesses). To achieve this, SCHOTT developers drill holes or so-called vias of only a few 10 micrometers in diameter in ultra-thin glass. State-of-the-art, highly accurate machining

mit dem Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) in Berlin, aber auch für ein Gemeinschaftsprojekt mit dem Georgia Institute of Technology, USA. Dabei wurden Prototy- pen sogenannter Interposer aus 30 Mikrometer dünnem SCHOTT Glas gefertigt. Diese Miniaturplatten verbinden wie herkömmliche Leiterplatten mikroelektronische Bauelemente untereinander oder mit der Hauptplatine, ermöglichen aber höchste Datenraten sowie feinste Umverdrahtungen und Durchkontaktierungen. Dazu