

■ Aufpasser am Fenster

Ein Ultraschallsensor warnt rechtzeitig vor Glasbruch.

Glas und Stahl sind beliebte Materialien beim Bau von repräsentativen Gebäuden. Architekten konzipieren dabei nicht nur vollverglaste Fassaden, sondern zum Beispiel auch weitläufige

solchen kleinen Riss, beeinflusst er die reflektierte Welle, was die den Piezowandlern nachgeschaltete Elektronik als Indiz für einen beginnenden Schaden wertet: Ab einer Größe von fünf Millimetern macht sich der Riss in einem zusätzlichen Reflex bemerkbar. Die Frequenz der Ultraschallwellen liegt zwischen 100 und 200 kHz und hängt von der Dicke der Scheibe und der Länge der Laufwege ab, sodass die Signalstärke trotz der auftretenden Dämpfung groß genug bleibt.

Die Sensoren messen 15 mm mal 15 mm und sind etwa 0,6 mm dick. Sie lassen sich bereits bei der Herstellung einer Verbundglasscheibe einbauen und erfassen zusätzlich Temperatur und Lichtintensität, um zum Beispiel eine Jalousie oder Klimaanlage zu steuern. Die Module lassen sich in die Gebäudeleittechnik einbinden. Sie eignen sich aber auch für die Qualitätskontrolle im Wareneingang oder -ausgang.

■ Alternatives Bauelement

Ein organischer lichtemittierender Transistor erreicht fünf Prozent Quanteneffizienz.

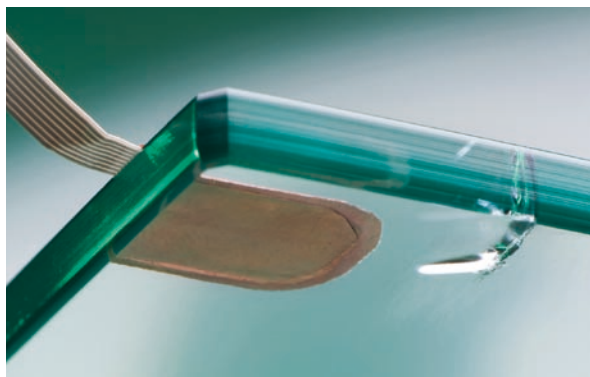
Organische Elektronik gilt als eine der Zukunftstechnologien, weil mit ihr die Herstellungskosten sinken und neue Anwendungen möglich werden. Auf dem Weg in die Kommerzialisierung sind organische LEDs (OLEDs) am weitesten. So gibt es bereits Aktiv-Matrix-OLED-Displays im Markt, also Displays, bei denen jeder Bildpunkt einen Verstärker und Stromversorgungsanschlüsse besitzt. Allerdings sind auch OLEDs mit Nachteilen behaftet: Da bei ihnen der Strom senkrecht durch alle Schichten fließt, kommt es zum „Quenching“ – die rekombinierten Ladungsträger, die Exzitonen, können bei der Wechselwirkung mit freien Elektronen oder Löchern so stark abgeregt werden, dass sie kein Photon mehr erzeugen. Organische lichtemittierende Transistoren (OLETs, elektrolumineszente Dünnschichttransistoren) könnten dieses Pro-

blem lösen und hätten noch weitere Vorteile gegenüber OLEDs. Denn sie haben prinzipiell kürzere Schaltzeiten als Dioden und lassen sich wegen ihres planaren Designs einfacher in Mikrochips integrieren. Leider haben die bislang vorgestellten OLET-Labormuster minimale externe Quantenausbeuten von unter einem Prozent.

Wissenschaftlern des Consiglio Nazionale delle Ricerche in Bologna und der US-amerikanischen Firma Polyera ist es nun gemeinsam gelungen, einen OLET mit fünf Prozent externer Quanteneffizienz zu entwickeln.¹⁾ Sie fertigten dazu eine dreilagige Halbleiter-Heterostruktur, durch deren obere und untere Schicht der Strom horizontal fließt. Wandern Löcher beziehungsweise Elektronen in die Mittelschicht, rekombinieren sie dort und erzeugen Photonen. Wegen der getrennten Wege der Ladungsträger treten die Exzitonen sehr viel seltener mit freien Ladungsträgern in Wechselwirkung als bei OLEDs. So bekommen die Wissenschaftler das Quenching in den Griff.

Das Emissionsmaximum des Labormusters liegt bei einer Wellenlänge von rund 600 nm. Der OLET emittiert das Licht entlang einer Linie, nicht durch die Kontakte wie OLEDs, was ebenfalls seiner Quanteneffizienz zugute kommt. Die Wissenschaftler verweisen darauf, dass ihre Entwicklung schon jetzt die doppelte externe Quanteneffizienz einer optimierten OLED besitzt, die mit der gleichen emittierenden Schicht arbeitet.

Ein Problem ist die bislang erforderliche Spannung in der Größenordnung von 30 bis 90 Volt. Die Forscher gehen aber davon aus, dass sich dieser Wert auf eine niedrigere einstellbare Zahl senken lässt, wenn sie Gate-Isolatoren mit hoher Kapazität verwenden. Auch die Helligkeit des OLET ist verbesserungswürdig. Modifikationen in den einzelnen Schichten dürften jedoch deren Leitfähigkeiten erhöhen und damit auch die Intensität des emittierten Lichts.



Piezosensoren erfassen in Glasscheiben bereits kleine Risse.

Glasdächer in Bahnhöfen oder Einkaufszentren. Zwar muss es sich in Deutschland bei Scheiben, die in mehr als drei Meter Höhe angebracht werden, um Sicherheitsglas handeln, aber trotzdem kommt es immer wieder vor, dass gesprungene Glasscheiben Passanten gefährden.

Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung in Würzburg (ISC) haben nun gemeinsam mit Projektpartnern aus Forschung und Industrie den Prototyp einer Glasscheibe gebaut, die vor auftretenden Rissen warnt, solange sie noch klein sind. Die Projektbeteiligten integrieren dazu modifizierte, kommerziell erhältliche Piezowandler zwischen die Scheiben der Verbundgläser. Die Wandler sind von außen ansteuerbar und fungieren als Sensor und Aktor. Sie erzeugen Ultraschallimpulse, die sich in der Scheibe ausbreiten, an den Rändern reflektiert werden und wieder zum Sender, der gleichzeitig Empfänger ist, zurücklaufen. Mehrere eingebaute Wandler sorgen für Redundanz.

Meist geht ein Riss vom Rand einer Scheibe aus, da dort bei Transport, Zuschnitt und Einbau die größten Kräfte auftreten. Trifft die Ultraschallwelle auf einen

1) R. Capelli et al., Nature Materials, doi:10.1038/nmat2751

■ Blick hinter den Schleier

Mithilfe von Terahertz-Strahlen lassen sich übertünchte Kunstwerke identifizieren.

Viele Kirchengemälde sind heute nicht mehr zu erkennen, weil reformatorische Bilderstürmer vor allem im 16. Jahrhundert religiöse Wandmalereien übermalten. Auch andere alte Bilder oder Wandmalereien sind teils mehrfach übermalt worden und bleiben so der Untersuchung durch Kunsthistoriker verborgen. Diese vermuten zwar häufiger, dass unter einem Gemälde weitere relevante künstlerische Darstellungen versteckt sind, müssen aber immer abwägen, ob das überhaupt die Zerstörung der obersten Schicht aus wissenschaftlichen Gründen rechtfertigt. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS) in Dresden haben nun zusammen mit anderen Forschungseinrichtungen einen Weg gefunden, wie sich diese Frage beantworten lässt, ohne dass

hierfür das Originalwerk beschädigt werden müsste. Sie haben einen Terahertz-Scanner entwickelt, der das Bild rasterförmig abtastet und dabei aufgrund der unterschiedlichen Laufzeiten der reflektierten Ferninfrarot-Wellen verdeckte Bildschichten rekonstruieren kann.

Der Emitter des Terahertz-Scanners erzeugt seine Strahlung mithilfe eines Femtosekundenlasers und detektiert die reflektierten Signale mit einem lateral verschiebbaren Empfänger. So erhalten die Wissenschaftler zu jedem Rasterpunkt ein Reflektogramm, das sie mithilfe selbstentwickelter Software auswerten. Das dabei angewandte Verfahren der Zeitdomänenspektroskopie liefert im Gegensatz zur Fourier-Transformationsspektroskopie nicht nur das Spektrum des empfangenen Signals, sondern auch tomografische Informationen durch eine Laufzeitanalyse der Pulse. Daraus lassen sich Schichtdicken und Bildkontrast ableiten.



Fraunhofer-IWS

Die laterale Auflösung ist so gut, dass das übermalte Bild zumindest verschwommen zu erkennen ist. Sie hängt vom Strahlquerschnitt des Emitters und vom Messgitterabstand des Scanners ab. Natürlich spielt auch das zu durchdringende Material eine Rolle. Derzeit handelt es sich bei dem Terahertz-Scanner um einen Demonstrator, den die Forscher nun an Wandmalereien in einer Kirche testen werden.

Michael Vogel

Terahertz-Strahlen durchdringen die Deckschichten übertünchter Gemälde.