

## ■ Hochgestapelt im Bilde

### Ein neues Pixelprinzip steigert die Lichtausbeute von Bildsensoren.

Bei aktuellen Bildsensoren entstehen Farbbilder durch Subpixel für Rot, Grün und Blau, die nach einem bestimmten Schema auf der Sensorfläche angeordnet sind. Das Schema hat sich bewährt, bringt aber auch Nachteile mit sich. Gravierend ist vor allem der Platzbedarf der drei Subpixel, um jeweils ein Bildpixel zu bilden, sowie der Lichtverlust in der Größenordnung

Grün und das Iodid-Perowskit der untersten Schicht opak ist. Der Absorptionskoeffizient ist im Grünen um eine Größenordnung höher als bei Silizium und im Roten um zwei Größenordnungen. Nur im Blauen gibt es keine Unterschiede zu Silizium. Ein weiterer Vorteil gegenüber Silizium: Die Pixel lassen sich aus der Lösung per Spin-Coating herstellen, erfordern also keine kostspieligen Halbleiterprozesse.

einer frei definierbaren geometrischen Figur.

Tests mit 15 Probanden ergaben, dass VibWrite bei zwei Versuchen mehr als 95 Prozent der Personen korrekt erkannte und die Falsch-Positiv-Rate unter drei Prozent lag. Die Forscher konnten mit einer ausführlichen Analyse zudem zeigen, dass das System ziemlich robust gegen Betrug ist.

## ■ Mechanisch identifiziert

### Anhand von Vibrationsmustern lassen sich Personen authentifizieren.

Systeme für die Zugangskontrolle gibt es unzählige. Alle haben meist ihr spezifisches Anwendungsszenario, etwa der Fingerabdruckscanner am Smartphone oder die Iriserkennung für den Zugang zu einem Sicherheitsbereich. Forscher der Rutgers University in New Brunswick und der University of Alabama in Birmingham haben nun ein weiteres Verfahren entwickelt, das sie VibWrite getauft haben. Es ist günstig, erfordert lediglich eine glatte Oberfläche und verbindet Passwort und Biometrie auf natürliche Weise, um eine Person zu authentifizieren.<sup>2)</sup>

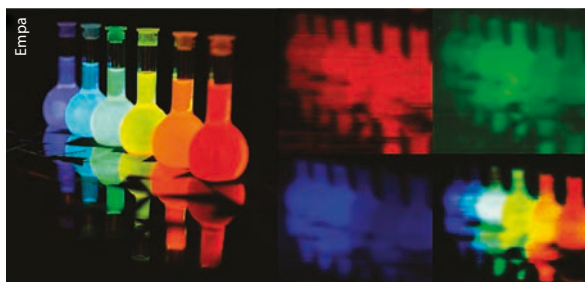
Die Wissenschaftler nutzen aus, dass sich mechanische Vibrationen, die ein kleiner Motor erzeugt, in einem Medium, etwa einer Tür, ausbreiten. Dabei werden sie gedämpft und, wenn sie auf eine Grenzfläche treffen, gestreut. Berührt ein Finger diese Grenzfläche, ändert sich ortsabhängig das Muster der Vibrationen, weil der Finger einen Teil der Energie absorbiert. Diese Veränderungen erfassen die Forscher spektral. Aus anderen Studien und eigenen empirischen Befunden wussten sie zudem, dass der Andruck des Fingers relativ stark mit der betreffenden Person korreliert. Dadurch ist es möglich, mit VibWrite nicht nur ein Passwort zu erkennen, sondern es auch seinem Besitzer zuzuordnen. Dies klappt für die Eingabe einer PIN, eines Musters, wie man es vom Smartphone kennt, oder

## ■ Gitter als Wachhund

### Ein optisches Alarmsystem warnt frühzeitig, wenn Einbrecher Scheiben beschädigen.

Glasscheiben in Juweliergeschäften, Banken oder Galerien sind alarmgeschützt: Schlägt jemand eine solche Scheibe ein, reißen die feinen Metallfäden in ihr und lösen Alarm aus. Allerdings reagieren diese Anlagen relativ spät oder gar nicht, wenn Einbrecher die Glasscheiben vorsichtig anbohren oder mit einem Gasbrenner lokal zerstören. Forscher zweier Fraunhofer-Institute haben daher ein System entwickelt, das ab einer wählbaren Schwelle auf jegliche thermische oder mechanische Veränderung anspricht. Beteiligt sind das Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden und das Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT in Euskirchen.

Die Detektion der thermischen oder mechanischen Einwirkungen erfolgt über eine Faser, in die ein Faser-Bragg-Gitter eingeschrieben ist, also ein Interferenzfilter. Die



Original (links) und RGB-Bilder beziehungsweise Weißlichtbild: Die Aufnahmen entstanden durch Scannen des Originals mit dem Schweizer Perowskit-Sensor.

von zwei Dritteln bezogen auf die Pixelfläche. Bereits Ende der Neunzigerjahre gab es daher einen kommerziellen Kamerasensor von Sigma, bei dem die Subpixel übereinander gestapelt waren. Allerdings bestanden die Subpixel aus Siliziumschichten, die zwar jeweils nur eine der drei Grundfarben absorbierten, aber materialbedingt keine ausreichend getrennten Absorptionsspektren aufwiesen. Ein Teil des Lichts wurde deshalb in den falschen Schichten absorbiert – und die Lichtempfindlichkeit ging stark in den Keller.

Wissenschaftler der Schweizer Empa und der ETH Zürich haben diese Idee nun wieder aufgegriffen und das Labormuster eines Pixels entwickelt, dessen drei lichtempfindliche Schichten diese Probleme deutlich weniger zeigen.<sup>1)</sup> Als Material verwendeten die Forscher Bleihalogenid-Perowskite. Sie stellten die Bandlücken der drei Schichten so ein, dass das Chlorid-Perowskit der obersten Schicht nur den Blauanteil im Spektrum absorbiert, das Bromid-Perowskit der mittleren Schicht nur Blau und

1) S. Yakunin et al., NPG Asia Materials, doi: 10.1038/am.2017.163

2) J. Liu et al., Proc. 24th ACM Conference on Computer and Communications Security (CCS 2017), 73, <https://arxiv.org/abs/1708.02801>



Sicherheitsglas, in das die neuartige Alarmanlage integriert ist, wurde harten Tests unterzogen.

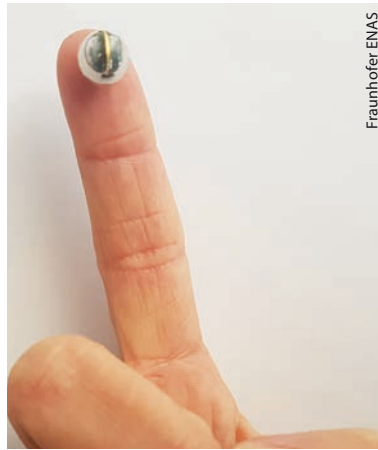
Forscher koppeln die Strahlung einer Nahinfrarot-Superlumineszenzdiode in die Faser ein und messen die Intensität des reflektierten Signals über ein Filter. Kommt es zu einer mechanischen oder thermischen Einwirkung, ändert sich die Gitterkonstante des Faser-Bragg-Gitters. Das führt zu einer spektralen Verschiebung des reflektierten Signals, die sich als Intensitätsänderung äußert. Die nachzuweisende Verschiebung liegt im Pikometer-Bereich. Eine Mustererkennung schließt Fehlalarme durch alltägliche Erschütterungen aus.

Die Faser lässt sich an verschiedenen Stellen ins Glas integrieren – genauer: in ein laminiertes Verbundsystem, es muss nämlich nicht Glas sein. Wo Faser und Gitter genau positioniert werden, hängt von der konkreten Anwendung ab. Mit verschiedenen Tests haben die Projektbeteiligten das Funktionsprinzip der Alarmanlage nachgewiesen, darunter einen zertifizierten Test der Versicherungswirtschaft. Neben der Anwendung als Diebstahlsicherung eignet sich das patentierte System auch für die Überwachung tragender Strukturen. Nun suchen die Forscher Entwicklungspartner für kundenspezifische Anpassungen.

## ■ Messen im Schwarm

### Kleine Sensorkugeln liefern orts aufgelöste Temperaturwerte.

Bioreaktoren, in denen sich medizinische Wirkstoffe oder Enzyme herstellen lassen, sind wichtige Hilfsmittel in der Biotechnologie. Sie schaffen einen geschlossenen Raum, in dem die Zusammensetzung der Nährlösung, Temperatur, pH-Wert und Sauerstoffzufuhr steuerbar sind. Allerdings sind solche Prozessparameter nur an definierten Stellen des Bioreaktors punktuell messbar, sodass lediglich ein unvollständiges Bild der Bedingungen in seinem Innern entsteht. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme ENAS in Paderborn und der TU Dresden haben gemeinsam



Fraunhofer ENAS

Winzige kugelförmige Sensoren dienen zur Temperaturmessung in Bioreaktoren.

mit vier mittelständischen Unternehmen einen Ausweg aus diesem Dilemma gesucht.

Die Lösung sind knapp acht Millimeter kleine Sensorkugeln: In ihrem versiegelten Kunststoffgehäuse befinden sich ein Temperatursensor, eine aufladbare Batterie sowie eine Platine, auf der die Elektronik für das Batteriemangement, die Datenverarbeitung und die Kommunikation nebst Antenne untergebracht sind. Die Sensorkugeln haben dieselbe Dichte wie das Nährmedium des Bioreaktors. Daher verteilen sie sich dort und funken die lokal gemessene Temperatur an eine Basisstation. Jede Temperaturmessung lässt sich der jeweiligen Kugel zuordnen. Die Temperaturauflösung erreicht 0,1 K; die Messung erfolgt mit derselben Dynamik wie bei einer sonst üblichen Stabsonde.

Nach Gebrauch lassen sich die Kugeln sterilisieren. Um sie aufzuladen, kommen sie in eine dünne Röhre, die für eine gute Einkopplung der elektromagnetischen Energie von vier Flach- und einer Zylinderspule umgeben ist.

Der Demonstrator der Sensorkugeln wird in einem Folgeprojekt weiterentwickelt. Unter anderem sollen sie künftig auch den pH-Wert oder die Sauerstoffkonzentration messen. Neben Bioreaktoren ist der Einsatz der Kugeln zum Beispiel in großen Röhrenreaktoren vorstellbar, wie sie in der Prozessindustrie weit verbreitet sind.

**Michael Vogel**