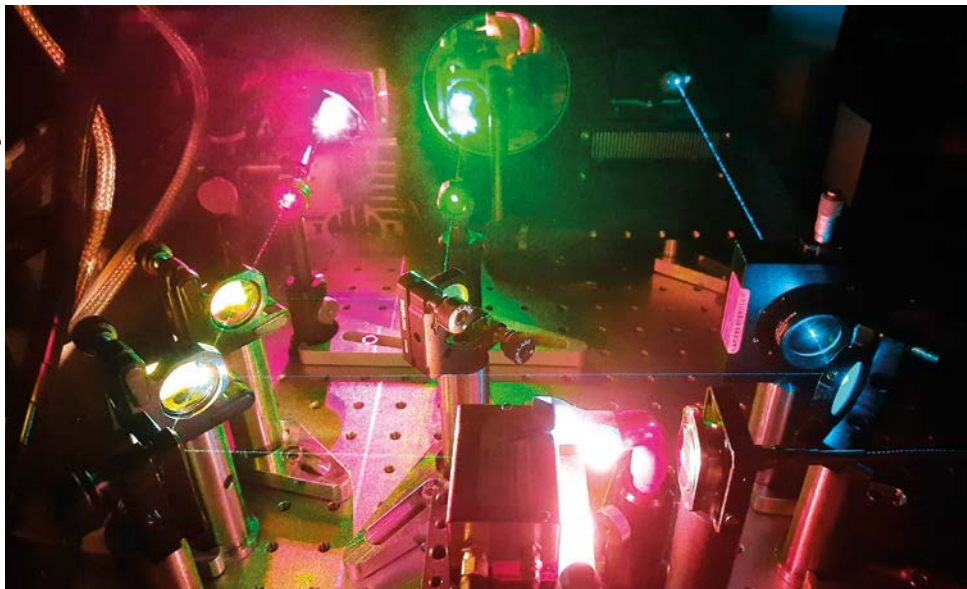




Das Fluoreszenzmikroskop nutzt strukturiertes Licht für supraaufgelöste Bilder mit großem Bildfeld.

Super aufgelöst

Eine Fluoreszenzmikroskop-Technik kombiniert ein großes Bildfeld mit hoher Auflösung und Bildwiederholrate.

Die supraauflösende strukturierte Beleuchtungsmikroskopie (SR-SIM) ermöglicht eine räumliche Auflösung jenseits der Beugungsgrenze bei schneller Bildgebung. Dank einer Fluoreszenzanregung mit geringer Laserleistung und hoher Effizienz eignet sich die SR-SIM ideal, um lebende Zellen abzubilden.

Strukturiertes Licht regt hierbei Fluoreszenz in der Probe an. Aktuelle Implementierungen erreichen meist Bildfelder von $41 \times 41 \mu\text{m}^2$, limitiert durch den optischen Aufbau oder die Laserleistung. Ein Team der Universität Bielefeld hat nun einen Ansatz entwickelt, der ein deutlich größeres Bildfeld erlaubt, ohne Kompromisse bei der Auflösung oder der Bildwiederholrate einzugehen.¹⁾

Die Beteiligten rekonstruieren dazu supraaufgelöste Bilder aus einer Reihe von Rohbildern. Diese entstehen mithilfe von sechs optischen Fasern, welche die Probe mit einem sinusförmigen Streifenmuster beleuchten. Dieses lässt sich verschieben

und drehen, um zusätzliche Information zu gewinnen. Die Wahl der Faser und Phasenverschiebung erfolgt über ein System aus galvanometrischen und mikro-elektromechanischen Spiegeln. Ein Halter kollimiert und refokussiert die Strahlen der sechs hexagonal angeordneten Fasern. Der Aufbau ist auch in totaler interner Reflexion zu betreiben, bei der Anregung und Detektion auf einen dünnen Bereich der Probe beschränkt bleiben.

Messungen an Zellen zeigten, dass das Verfahren in einem Bildfeld von $150 \times 150 \mu\text{m}^2$ eine Auflösung besser als 100 nm erreicht. Die Bildwiederholrate kann bis zu 44 Hz betragen. Als Lichtquellen für die Vielfarbbildgebung dienten Laser mit 491, 561 bzw. 639 nm Wellenlänge.

Nanoplastik detektieren

Ein neues Verfahren weist einzelne Nanoplastikpartikel rasch nach.

Die Sorge um schädliches Nanoplastik wächst. Einschlägige Partikel mit Durchmessern kleiner als 1 μm sind sogar in der Lage, die Blut-Hirnschranke zu überwinden oder in die Plazenta einzudringen. Um das Problem besser zu verstehen, sind genauere Nachweismethoden erforderlich, denn aktuelle Verfahren unterliegen Beschränkungen: durch das Hintergrundsignal des Trägermedi-

ums, durch lange Messzeiten, durch die noch nachweisbare Partikelgröße oder durch die Zerstörung der Partikel bei der Messung. Ein Team der TU Wien hat ein Verfahren entwickelt, das eine um drei Größenordnungen höhere Signalstärke erlaubt und einzelne Nanopartikel bis zu 100 nm Durchmesser detektieren kann.²⁾

Das Team nutzt die oberflächenverstärkte Raman-Streuung, die auch beim Nachweis von Biomolekülen zum Einsatz kommt. Die konventionelle Raman-Spektroskopie beruht darauf, Moleküle optisch in Schwingungen zu versetzen. Anhand des vom Molekül wieder abgestrahlten Lichtanteils lässt sich auf die Art des Moleküls rückschließen.

Die Probe war auf einem Goldnanogitter platziert. Da Gold eine Plasmonenresonanz im sichtbaren Bereich hat, regt der einfallende Laserstrahl (638 nm Wellenlänge) lokalisierte Oberflächenplasmonen an, wodurch manche Stellen des Goldgitters viel intensiver mit den zu analysierenden Molekülen wechselwirken. Da die charakteristischen Wellenlängen der Nanoplastikpartikel bekannt sind, lässt sich gezielt nach diesen Signalen suchen, ohne das gesamte Spektrum scannen zu müssen. Dies verkürzt die Messzeit auf wenige Millisekunden.

Versuche mit Polystyrolkugeln in Wasser bestätigten das Messprinzip. Nun wollen die Beteiligten das Verfahren an anderen Polymerpartikeln sowie an umwelt- und biologie-typischen Proben testen.

Geschriebene Elektronik

Geeignete Tinten erlauben es, LEDs und Fotodetektoren handschriftlich zu erzeugen.

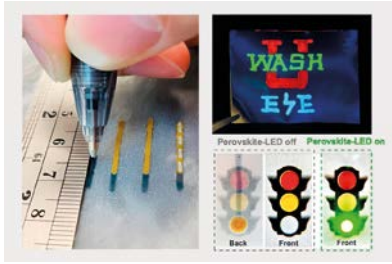
Elektronik für Verpackungen, medizinische Sensoren oder Bandagen gilt als Zukunftsfeld – wenn die erforderlichen Komponenten einfach und günstig herzustellen sind, auch auf verformbaren Trägern. Ein Team der Washington University in St. Louis hat nun Tinten entwickelt, die sich mit Kugelschreibern auf eine breite Palette von Substraten auftragen lassen: auf

1) H. Ortkrass et al., Opt. Express **31**, 29156 (2023)

2) A. Shorny et al., Sci. Rep. **13**, 10275 (2023)

3) J. Zhao et al., Nat. Photon. (2023), DOI: 10.1038/s41566-023-01266-1

4) H. Qiao et al., Device **7**, 1402 (2023)



Kugelschreiber-Elektronik: LEDs auf Papier (links), mehrfarbige Designs auf Alufolie (oben rechts) und leuchtende Skizzen.

Papier, Folien, Glasfläschchen, Kunststoffhandschuhe oder Luftballons.³⁾

Die fotoaktiven Tinten beruhen auf Perowskiten. Durch die Wahl der Halogenide können sie das gesamte optische Spektrum abdecken. Entscheidend war, die Viskosität und Rheologie der Tinten passend einzustellen. Genauso wichtig war es, die teils raue Oberfläche und hohe Absorptionsfähigkeit der Substrate zu verringern. Papier etwa ist sehr saugfähig, was zu ungleichmäßigen Schichtdicken und Leckströmen führt. Hier erwies sich die Zugabe von Polyethylenoxid zur Tinte der unteren Elektrode als hilfreich. Durch die Wahl eines geeigneten Wirtspolymers ließen sich die optisch aktiven Schichten optimieren, etwa im Hinblick auf Defekte.

Die LEDs erreichten Leuchtdichten von $15,225 \text{ cd/m}^2$, einen Stromwirkungsgrad von $6,65 \text{ cd/A}$ und eine Einschaltspannung von $2,4 \text{ V}$. Die Fotodetektoren wiesen ein Ein/Aus-Verhältnis von mehr als 10 000 auf, ihre Ansprechempfindlichkeit erreichte 132 mA/W . Nach 5000 mechanischen Verformungen der LEDs war deren Leitfähigkeit um maximal 10 % gesunken. Ihre Strukturgröße ließ sich auf weniger als $200 \mu\text{m}$ verringern, allerdings zu Lasten der Leitfähigkeit. Optimal war diese bei $852 \mu\text{m}$.

Passiv gemanagt

Ein photonisches Metagewebe kühlt tagsüber und wärmt des Nachts.

Heizung, Belüftung und Klimatisierung machen bei Gebäuden die Hälfte des Energieverbrauchs aus. Günstige Technologien zur Wärme-

regulierung würden sich also lohnen. Ein gemeinsames Team chinesischer Forschungseinrichtungen unter Führung der Shanghai Jiao Tong University hat nun eine Decke entwickelt, die tagsüber die Temperatur in einem verhüllten Volumen senkt und es nachts weniger auskühlen lässt.⁴⁾

Dies geschieht passiv. Bei der Strahlungskühlung wird Sonnenstrahlung zwischen $0,25$ und $2,5 \mu\text{m}$ blockiert und Infrarotstrahlung durch das atmosphärische Fenster zwischen 7 und $14 \mu\text{m}$ in den Weltraum emittiert. Das einzige Material, das diese Wirkung zeigt und sich unter harschen Bedingungen als haltbar erwiesen hat, ist Siliziumdioxid (SiO_2). Allerdings reicht seine Emission zwischen 7 und $14 \mu\text{m}$ nicht aus. Hexagonales Bornitrid (hBN), umgesetzt als Kern-Schale-Struktur, verbessert dies: Das hBN umgibt SiO_2 -Fäden. Aus diesen Fäden spann das Team ein photonisches Metagewebe, das es auf einer Seite mit einer Aluminiumlegierung als Infrarotreflektor beschichtete. Bei Gebrauch weist die unbeschichtete Seite der Decke gen Himmel.

Sie senkte an einem Sommertag die Temperatur im Innern eines Fahrzeugs gegenüber einem unbedeckten Fahrzeug um 8°C . In Winternächten war die Temperatur im Innern dank der Decke knapp 7°C höher. Die mit der solaren Einstrahlung gewichtete Reflektivität der Decke beträgt $95,6\%$, die thermische Emissivität im Infrarot $96,3\%$. Die Strahlungskühlleistung erreicht 109 W/m^2 .

In Materialtests erwies sich die leichte Decke als mechanisch stabil, schwer entflammbar sowie unempfindlich gegenüber Korrosion, kryogenen Temperaturen und starken Vibrationen. Die Materialien sind günstig, die Herstellung ist skalierbar.

Michael Vogel



Temperaturmessung am verhüllten Fahrzeug und am Kontrollfahrzeug

MID-IR Spektrometer



- Wellenlänge: $1,5 \dots 6,3 \mu\text{m}$
- Spektrale Auflösung: 3 nm
- Faser- und Freistrahleingang
- Kompaktes, robustes Design
- Kostengünstige Alternative zu FTIR

