



R. Cao et al.

Das Faserende des Fluoreszenzsensors lässt sich über einen Flansch in eine Behälterwand integrieren.

Eine saubere Sache

Ein Fasersensor reduziert den Ressourceneinsatz beim Reinigen von Produktionsanlagen.

In der Nahrungsmittelindustrie gelten strikte hygienische Anforderungen für Produktionsanlagen. Für geschlossene Komponenten sehen die vorgeschriebenen Routinen Reinigungen gemäß dem Motto „viel hilft viel“ vor. Das ist nicht effizient, weil sich das geforderte Hygieneniveau häufig mit viel weniger Reinigungsmittel erreichen lässt. Manche Verfahren messen zwar den Grad der Verunreinigung in geschlossenen Röhren oder Behältern, etwa anhand des Wärmeflusses oder der Durchflussmenge. Allerdings arbeiten sie indirekt und sind damit fehleranfällig oder aufwändig zu kalibrieren. Ein Konsortium aus mehreren Forschungsinstituten und Unternehmen geht nun neue Wege für die gezielte Reinigung. Dabei ist am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg ein kostengünstiger Ansatz entstanden.

Die Verunreinigung wird dabei in Fluoreszenz detektiert. Eine 1 mm dünne optische Faser in einer Edelhülle ist dazu direkt in eine Gefäßwand integriert oder an einen vorhandenen Stutzen angeflanscht. Die Faser verbindet die Messstelle mit den weiteren Komponenten des Sensorsystems, das sich in einem Gehäuse befindet, das mehrere Meter entfernt sein kann. Das Licht einer UV-Laserdiode fällt über einen Fasersplitter auf das Faserende. Die Fluoreszenz durch eine Verunreinigung macht dieses Signal detektierbar; die meisten or-

ganischen Substanzen wie Fette und Proteine erzeugen ein ausreichend starkes Fluoreszenzsignal. Der Sensor detektiert nur, ob das Faserende verunreinigt ist – das allerdings zuverlässig und mit hoher Sensitivität bei Labormessungen. Das Ergebnis ist unabhängig von der verwendeten Reinigungssubstanz.

Mit dem Demonstrator erfolgen nun Langzeittests in Produktionsanlagen: Nachzuweisen bleibt, ob der Sensor lebensmittelecht ist und wie er am besten einzubauen ist.

Langlebig leuchtend

Ein dipolares Molekül stabilisiert Perowskit-Halbleiter.

Perowskit-Halbleiter gelten bei LEDs als Zukunftstechnologie, weil sich damit bei günstiger Herstellung hohe Wirkungsgrade und gezielte spektrale Einstellung erzielen lassen. Doch ihre kurzen Lebensdauern von 10 bis 100 Stunden im Dauerbetrieb reichen nicht für kommerzielles Interesse. Dafür müsste die Lebensdauer für viele Strahlungsleistungen um ein bis drei Größenordnungen steigen, bei externen Quanteneffizienzen von mindestens 10 Prozent. Als Vergleichsgröße der Lebensdauer dient der Wert T50, nach dem die Elektrolumineszenz auf 50 Prozent des Ausgangswerts gesunken ist. Ionen in den Perowskiten mindern die Stabilität der Kristallstruktur und wandern in einem außen anliegenden elektrischen Feld. Dies reduziert die Lebensdauer.

Ein Team mit Forschenden der Zhejiang University in Hangzhou, der Xiamen University und der Nanjing University of Aeronautics hat dieses Problem jetzt gelöst.¹⁾ Dazu hat es den

emittierenden Schichten einen dipolaren Stabilisator beigemischt, dessen Wirkung getestet und theoretisch beschrieben. Es handelt sich um Sulfo-betain 10 (SFB10): Das Zwitterion besteht aus paarweise entgegengesetzt geladenen Molekülgruppen. SFB10 wechselwirkt mit den Ionen an den Korngrenzen der Perowskit-Kristalle und stabilisiert diese.

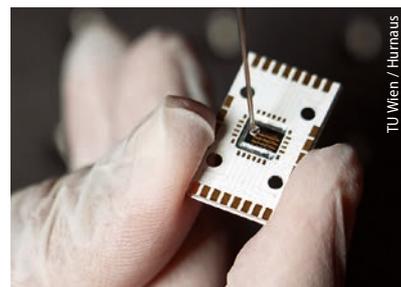
Die Alterungsmessungen dauern noch an. Die T50 von Perowskit-LEDs mit 800 nm Wellenlänge beträgt für eine Ausgangsstrahlungsleistung von 3,7 W/sr m² rund 3600 Stunden (gemessen) bzw. 11 500 Stunden (extrapoliert). Bei 2,1 W/sr m² ergeben sich extrapoliert 32 700 Stunden. Zum Vergleich: Organische LEDs besitzen eine T50 von mehr als 10 000 Stunden bei einer Ausgangsleistung zwischen 0,2 und 2,1 W/sr m².

Für die Echtzeitanalytik

Ein chipintegrierter Infrarotsensor misst die Dynamik chemischer Abläufe in Flüssigkeiten.

Die Spektroskopie von Gasphasen im mittleren Infrarot hat sich etabliert und erfolgt auch mit Quantenkaskadenlasern und -detektoren. Für Flüssigkeiten steckt die Methode noch in den Kinderschuhen, beispielsweise aufgrund sehr breiter Absorptionsbanden und der höheren Dichte von Flüssigkeiten. Ein Team der TU Wien hat nun einen winzigen chipintegrierten Demonstrator vorgelegt, der solche Messungen in Echtzeit ermöglicht: bei hoher Sensitivität, Linearität und für viele Konzentrationen.²⁾

Laserquelle, Messbereich und Detektor befinden sich auf einem 5 × 5 mm² großen Chip. Die Beugungsbegrenzung typischer chip-



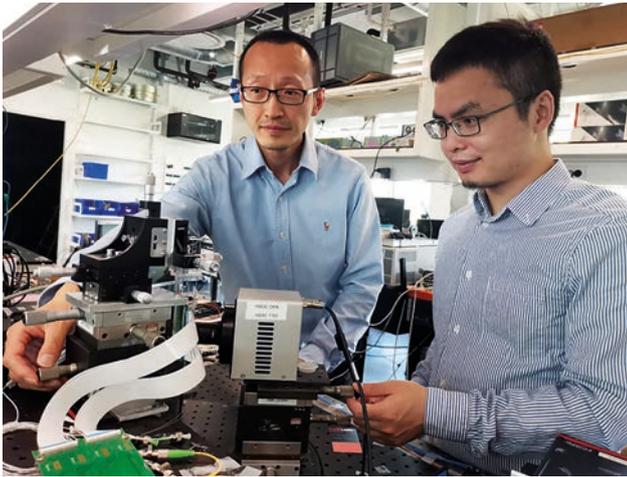
TU Wien / Humaus

Der Sensorchip im Kunststoffgehäuse

1) Bingbing Guo et al., Nat. Photon. **16**, 637 (2022)

2) B. Hinkov et al., Nat. Commun. **13**, 4753 (2022)

3) Yong Liu und Hao Hu, Optica **9**, 903 (2022)



Die beiden DTU-Forscher entwickelten ein Phasen-Array, das eine Strahl- ablenkung über 180° ermöglicht.

integrierter photonischer Systeme vermeidet das Team durch plasmomische Wellenleiter. Für die Messung reichen wenige Mikroliter Flüssigkeit aus; messbar waren Konzentrationen zwischen 0,075 und 92 mg/ml.

Das Team hat den Sensor simuliert und charakterisiert. Als Testfall diente die Denaturierung eines Standardproteins in einer Matrix aus schwerem Wasser: Verändert sich die räumliche Struktur des Proteins beim Erwärmen, variiert auch das Absorptionsverhalten im mittleren Infrarot.

Der Aufbau des Sensors ist skalierbar, um die spektrale Bandbreite weiter zu erhöhen und so die Konzentrationen verschiedener Moleküle parallel zu messen. Die Technologie könnte künftig in der Pharmaindustrie helfen, in Echtzeit die Dynamik chemischer Reaktionen in Flüssigkeiten zu messen.

Kompakt für Lidar

Ein optisches Phasen-Array erreicht 180° Gesichtsfeld, ohne ein gravierendes Übersprechen der Einzelkanäle.

Mit optischen Phasen-Arrays lässt sich sichtbares oder infrarotes Licht ohne bewegliche Komponenten gerichtet abstrahlen. Das Prinzip ist im Radiobereich seit Langem etabliert. Interessant wäre das optische Gegenstück für Lidar-Systeme: etwa für autonome Fahrzeuge, für die 3D-Holografie, für biomedizinische Messköpfe oder für die optische Freistrah-Kommunikation. Heutige Systeme sind für vieles davon zu sperrig.

Um ein Gesichtsfeld von 180° zu erreichen, dürfen sich die Emittoren eines optischen Phasen-Arrays höchstens im Abstand einer halben Wellenlänge befinden. Diese Nähe führt bei konventionellen Arrays zu einem starken Übersprechen zwischen den einzelnen Kanälen. Daher bleiben die Gesichtsfelder aktueller Arrays meist auf unter 100° beschränkt. Zwei Wissenschaftler von Dänemarks Technischer Universität in Lyngby haben dieses Problem nun gelöst.³⁾

Sie spalten das Licht aus einem optischen Wellenleiter mit einer Wellenlänge von 1550 nm in 64 Kanäle auf. Jeder Kanal erfährt thermo-optisch gesteuert eine gezielte Phasenschiebung. Die Enden der Wellenleiter dieses Phasenschiebers liegen so eng zusammen, dass sie nur noch die Breite der halben Wellenlänge beanspruchen. Am Ende des Arrays breitet sich das Licht frei in den eigentlichen Emittoren aus. Dieser besteht aus einem 4 mm langen trapezförmigen, flachen Gitter mit einer Kantentiefe von 10 nm und Abständen von 560 nm.

Der resultierende Strahl tritt durch Interferenz bereits im Nahfeld auf, nicht im Fernfeld wie bei konventionellen optischen Phasen-Arrays. So entsteht eine fast stufenlose Strahl- ablenkung über 180°. Die Geometrie des Gitters mit flachen Kanten und großen Abständen bündelt den Strahl gut und reduziert die vertikale Größe des Brennflecks. Im Winkelbereich $\pm 40^\circ$ fallen die Nebenmaxima des resultierenden Strahls mindestens um 19 dB niedriger aus als das Hauptmaximum.

Michael Vogel

quantum approved.



Laser Rack Systems

Quantum Technology meets Industry Standards

Our lasers do not need an optical table! The T-RACK is the perfect home for TOPTICA's high-end tunable diode lasers and frequency combs in a modular 19" form factor. Pick yours!

- Tunable Diode Laser Systems
- Frequency Comb Systems
- Wavelength Meters
- Locking Electronics
- 330 .. 1770 nm



www.toptica.com/T-RACK