



Nanostrukturen (gelbgrüne Bilder) in getrockneten Schichten aus Maissirup erzeugen essbare Hologramme.

Essbare Hologramme

Nanostrukturen auf Lebensmitteln liefern Zusatz- oder Sicherheitsinformationen.

Hologramme finden sich bei Lebensmitteln bislang höchstens auf den Verpackungen. Würden sie aus essbaren Materialien bestehen, ließen sie sich direkt auf Lebensmitteln aufbringen und böten neben dekorativen Möglichkeiten auch Anwendungen im Bereich Sicherheit und Gesundheit. Ein solches Hologramm könnte beispielsweise den Zuckeranteil des Produkts codieren oder ein Nachahmerprodukt identifizieren. Voraussetzungen dafür sind gesundheitlich unbedenkliche Materialien sowie einfache und günstige Herstellungsverfahren. Ein Team aus mehreren Forschungseinrichtungen hat nun entsprechende Hologramme entwickelt.¹⁾ Beteiligt waren die University of Birmingham, die Khalifa University of Science and Technology in Abu Dhabi, die University of Warwick in Coventry und das Imperial College London.

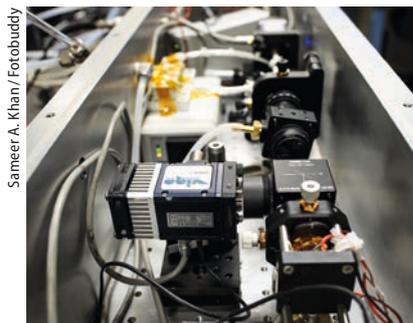
Als Substrat für das Hologramm dienten rund 100 µm dicke Schichten aus getrocknetem Maissirup, teils mit Vanilleextrakt versetzt. Die Beteiligten testeten verschiedene Zusammensetzungen, um diejenige mit den stabilsten mechanischen Eigenschaften zu identifizieren. Auf die getrocknete Schicht brachten sie eine 900 nm dicke Schicht einer kommerziell erhältlichen schwarzen Farbe auf. Das Hologramm erzeugten sie mittels direkter Laserstrahlinterferenz: Da-

bei überlagern sich der eindringende und der reflektierte Strahl eines Nanosekundenlasers zu einer stehenden Welle, welche die Farbschicht periodisch strukturiert. Zurück bleiben erhabene, nanoskalige Linien, die als Beugungsgitter fungieren. Fällt Licht darauf, wird es in seine Farbanteile zerlegt. Die Intensität und das Spektrum der Farben sind durch die gewählten Linienabstände oder den Zuckeranteil in der Maissirupschicht einstellbar. Als nächstes gilt es, den Prozess auf eine Farbe in Lebensmittelqualität für die schwarze Deckschicht zu übertragen.

Günstiger Methansensor

Eine LED-basierte Strahlungsquelle kann thermische Schwarzkörperstrahler als Emittter ersetzen.

Methan ist ein starkes Treibhausgas. Areale zu überwachen, auf denen es – oft vermeidbar – austritt, ist daher mit Blick auf den Klimaschutz geboten.



Der Laboraufbau des Sensors weist Methankonzentrationen von 0,1 ppm nach.

Typische Anwendungen sind Pipelines, Landwirtschaft und Deponien. Für die großen Areale müssen die Sensoren zuverlässig und billig sein.

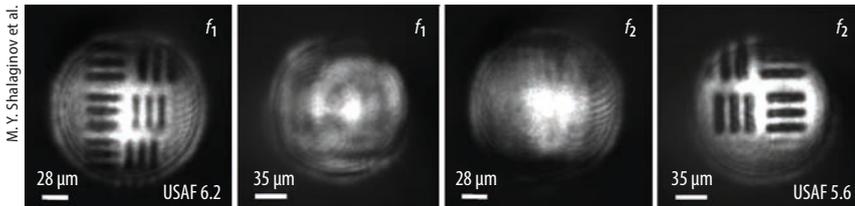
Meist wird Methan in Absorption im mittleren IR detektiert, indem die Intensität einer Lichtquelle hinter einem Probenvolumen mit einer Referenz verglichen wird. Thermische Schwarzkörperstrahler kosten weniger als 1000 US-Dollar. LEDs gelten zwar als sparsame und rauscharme Alternative, allerdings geben sie im mittleren Infrarot oft zu wenig Leistung für die genannten Anwendungen ab. Ein Team der Princeton University und des U.S. Naval Research Laboratory in Washington hat nun einen Demonstrator ohne diesen Nachteil präsentiert.²⁾

Als Strahlungsquelle dient eine Interbandkaskaden-LED – ein Interbandkaskadenlaser ohne optische Ummantelung und Kavität. Sie emittiert breitbandig inkohärente Strahlung. Eine Polymerhohlfaser mit 1500 µm freiem Durchmesser und 1 m Länge fungiert als Messkammer. Der Sensor wies im Labor Methankonzentrationen von 0,1 ppm nach, was für die beabsichtigten Anwendungen ausreicht. Der nächste Schritt ist eine längerfristige Feldmessung.

Photonisch zoomen

Metalinsen lassen sich durch einen Phasenübergang auf verschiedene Brennweiten fokussieren.

Zoomobjektive ermöglichen wechselnde Brennweiten, um den Bildmaßstab an die Aufnahmeerfordernisse anzupassen. Es sind sperrige Kombinationen aus vielen Linsen, die einzeln oder in Baugruppen mechanisch gegeneinander verschiebbar sind. In speziellen Fällen könnten Metalinsen den Platzbedarf deutlich verringern. Sie manipulieren die Phase des einfallenden Lichts, um eine Abbildung hoher Qualität zu erreichen. In ersten Ansätzen im Labormaßstab können Linsen bereits ihre Brennweite variieren. Ein Team des Massachusetts Institute of Technology, der University of Central Florida, Orlando, und von Lockheed Martin hat eine Metalinse



Die Auflösung der Metalinse erreicht bei beiden Brennweiten das theoretische Limit.

vorgestellt, bei der ein reversibler Phasenübergang für zwei verschiedene Brennweiten sorgt.³⁾

Das Team hat dafür einen Designansatz entwickelt sowie ein Gütekriterium, um die Qualität eines Entwurfs ohne vollständige Simulationen zu beurteilen. Als abbildende Meta-Atome der $1,5 \times 1,5 \text{ mm}^2$ großen Linse dienen 16 verschiedene Strukturen, um eine Phasenverschiebung zwischen 0 und 2π mit diskreten Werten abzudecken. Als Material kam ein Gemisch aus Germanium, Antimon und Tellur zum Einsatz, angereichert um Selen. Es besitzt einen temperaturabhängigen Übergang zwischen amorpher und kristalliner Phase und ist in beiden Zuständen transparent. Da jeweils andere Meta-Atome an der Oberfläche beugend wirken, liegt die Brennweite der Linse bei 1,5 bzw. 2 mm. Die für die Kristallisation erforderliche Zeit beträgt wenige Mikrosekunden.

Die Metalinse bildet beugungsbegrenzt ab und erreicht ein hohes Schaltkontrastverhältnis von 29,5 dB.

Diagnose dank Polarisation

Ein magneto-optisches Verfahren vereinfacht die Malaria-Diagnose.

Jedes Jahr erkranken 200 Millionen Menschen an Malaria, 400 000 von ihnen sterben daran. Hilfreich für die Bekämpfung der Krankheit wären schnelle, einfach zu handhabende Diagnoseverfahren mit ausreichender Sensitivität und Spezifität. Ein Team der Budapest University of Technology and Economics, der Universität Augsburg, der TU Dresden, des PNG Institute of Medical Research in Papua-Neuguinea und der James Cook University in Australien hat nun ein solches Verfahren weiterentwickelt und in einem Feldtest mit knapp tausend Personen erprobt.⁴⁾

Die Diagnose nutzt aus, dass der Malaria-Erreger mit Hämoglobin ein magnetisches Abbauprodukt hinterlässt. Es liegt als nadelförmige Kristallite vor. Die Forschenden haben ein magneto-optisches Verfahren weiterentwickelt, um diesen Stoff in

geringen Blutmengen nachzuweisen. Dazu schicken sie linear polarisiertes Laserlicht durch die Probe, die dem Feld eines rotierenden Permanentmagneten ausgesetzt ist. Dadurch richten sich die Hämoglobin-Kristallite periodisch aus, was wiederum das Polarisationsignal des austretenden Laserstrahls beeinflusst. Das Verhältnis zwischen der Intensität des modulierten Lichtsignals und der mittleren Intensität des Signals ist proportional zur Konzentration des Hämoglobins beziehungsweise des Erregers.

Der Feldtest zeigte, dass das Verfahren eine Sensitivität von 82 Prozent und eine Spezifität von 84 Prozent erreicht. Es genügen Hämoglobin-Konzentrationen von einigen ppm. Im Gegensatz zu anderen Verfahren – die Beurteilung von Ausstrichen unter dem Lichtmikroskop oder PCR-Tests – könnte auch ein angelernter Laie die magneto-optische Diagnose durchführen; ein Ergebnis läge innerhalb von Minuten vor. Verglichen mit anderen Malaria-Schnelltests ist das magneto-optische Verfahren empfindlicher.

Michael Vogel

1) B. AlQattan et al., ACS Nano **15**, 2340 (2021)

2) N. Li et al., Opt. Express **29**, 7221 (2021)

3) M. Y. Shalaginov et al., Nat. Commun. **12**, 1225 (2021)

4) L. Arndt et al., Nat. Commun. **12**, 969 (2021)

Vakuumentchnik

PiNK®



Dichtheitsprüfanlage mit 3 automatisierten Prüfkammern,
Helium-Prüfdruck: 30 bar, Prüfkammervolumina: 70 l,
Konstante Taktzeit: 25 s, Messempfindlichkeit: $2,0 \times 10^{-7}$ mbar l/s

Helium-Dichtheitsprüfanlagen

PiNK konstruiert und produziert Helium-Dichtheitsprüfanlagen als maßgeschneiderte Lösungen nach Kundenanforderung. Die Anlagen werden für Lecktests unterschiedlichster Systeme, Produkte oder Komponenten eingesetzt und sind je nach Anforderung für den teil- oder vollautomatisierten Betrieb ausgelegt.

- Helium-Leckraten bis 10^{-9} mbar x l x sec⁻¹, Prüfdruck bis 300 bar
- Teil- oder vollautomatisiert, mit Roboterbestückung/Materialflussanbindung
- Erweiterung auf Gasmischstation und Testgas-Rückgewinnungssystem möglich
- Speicherprogrammierbare Steuerung, Visualisierung und Datendokumentation
- Fernwartung, 24-h-Support