



Uni Stuttgart

Beim Online-Meeting der Zukunft erkennt die Teilnehmerin (rechts) mittels einer VR/AR-Brille die virtuell ersendende Vortragende (links) als realistisches Hologramm.

Holografie per Video

Elektrisch schaltbare Nanoantennen könnten zukünftige Displays aufbauen.

Das Miniaturisieren optischer Komponenten erlaubt es, Technologien wie Augmented und Virtual Reality, LIDAR oder dynamische Hologramme deutlich zu verbessern. Doch bei hohen Pixeldichten stoßen klassische Displaytechnologien wie Flüssigkristalle an ihre Grenzen: Immer kleinere Kristalle sind nicht mehr sauber anzusteuern. Plasmonische Nanoantennen gelten als mögliche Alternative. Ein Team der Universität Stuttgart hat Nanoantennen entwickelt, die sich mit 30 Hz – also Videobildraten – elektrisch schalten lassen.¹⁾

Die Nanoantennen beruhen auf elektrochemisch gesteuerten Metall-Isolator-Übergängen des Polymers PEDOT:PSS. Bei einer Spannung von +1 V wird das Polymer elektrochemisch dotiert und oxidiert, was zu einer hohen Ladungsträgerdichte und einem metallischen Aussehen führt: Die Nanoantenne ist angeschaltet und zeigt eine starke plasmonische Resonanz. Liegt dagegen -1 V an, verliert das Polymer seine Leitfähigkeit: Die Nanoantenne ist ausgeschaltet, eine plasmonische Resonanz tritt nicht auf.

Die einzelnen Pixel bestehen aus elektrochemischen Zellen, die ein

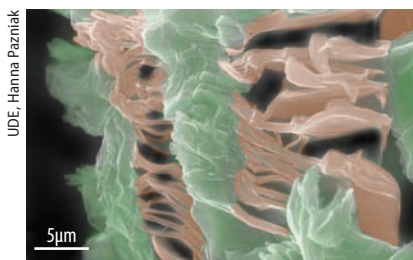
flüssiges Milieu enthalten und etwa 300 nm lang sind. Als Machbarkeitsnachweis diente eine Metaoberfläche aus plasmonischen Nanoantennen, die ein einfaches, aber kontrastreiches Beam-Steering ermöglichte.

Die Stuttgarter Nanoantennen arbeiten im Infrarot; mit einer höheren Dotierung des Polymers sind Wellenlängen im sichtbaren Licht problemlos zu erreichen. Das Team hofft, mit der Technologie Pixeldichten mit mehr als 2000 Linien/mm zu erzielen und damit auch holografische Farbvideos mit sehr großem Betrachtungswinkel.

Empfindlicher Feuchtesensor

MXene eignen sich zur Messung geringer Gaskonzentrationen.

Kommerziell erhältliche Hygrometer arbeiten nur bei Wasserdampfkonzentrationen von mehr als 50 ppm. Ein deutsch-russisch-italienisches Forschungsteam konnte nun zeigen, dass Feuchtesensoren mit MXenen selbst Konzentrationen von 10 ppm zuverlässig nachweisen.²⁾ Maßgebliche Treiber der Entwicklung waren die Universität Duisburg-Essen und die Yuri Gagarin State Technical University im russischen Saratov.



UDE, Hanna Pazniak

Diese rasterelektronenmikroskopische Aufnahme zeigt eine Multilage Mo_2CT_x -MXene.

MXene bestehen aus Übergangsmetallcarbiden oder -nitriden. Sie weisen ein großes Verhältnis von Oberfläche zu Volumen auf; zudem lassen sich ihre Oberflächeneigenschaften durch Funktionalisierung gezielt einstellen. Das Forschungsteam verwendete Mo_2CT_x -MXene. Das T steht für funktionale Oberflächengruppen, häufig auf Basis von Fluor, Sauerstoff oder Hydroxygruppen. Die eingesetzten MXene aus $\text{Mo}_2\text{Ga}_2\text{C}$ entstanden durch chemisches Plasma-

ätzen. Sie lagen als Flakes in Suspension vor, wobei die meisten Flakes zwischen 75 und 300 nm groß waren. Für die Herstellung eines Sensors kamen Siliziumsubstrate mit mehreren Platinstreifenelektroden zum Einsatz. MXene tropften aus der Suspension darauf und trockneten anschließend aus. Gelangen Wassermoleküle auf die MXene, verändern sie lokal die Oberflächenchemie – und damit den elektrischen Widerstand des Sensors.

Der Sensor blieb an der Luft für mindestens sechs Monate stabil. Bei Raumtemperatur erreichte er ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis von 70 ± 20 bei 10 ppm Feuchte. Die obere Nachweisgrenze beträgt mindestens 10 000 ppm. Für Messung und Reset benötigte der Sensor in der konkreten Messkonfiguration bei 10 000 ppm etwa 200 Sekunden, bei 10 ppm zwischen 1000 und 2000 Sekunden. Das Sensorprinzip funktioniert auch für andere Gase.

Robust und schnell

Eine plenoptische Kamera schafft 2000 Frames pro Sekunde in rauer Umwelt.

In Industrie und Forschung erfordern viele Anwendungen Kameras für die Prozesskontrolle oder Qualitätssicherung. Dabei stoßen Industriekameras mit großer Tiefenschärfe und hoher zeitlicher Auflösung rasch an ihre Grenzen. Einen Ausweg bieten plenoptische Kameras, die neben den beiden lateralen Bilddimensionen auch die Einfallsrichtung der Lichtstrahlen erfassen. So lässt sich die Fokusebene im Nachhinein festlegen. Ein Team der Leipziger Firma TecVenture, des Berliner Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) und zweier südkoreanischer Partner – dem Korea Advanced Institute of Technology (KAIST) und der Firma Optrontec – hat eine plenoptische Hochgeschwindigkeitskamera entwickelt, die sich für raue Umgebungen eignet.

Durch ein Mikrolinsen- und Polarisationsfilter-Array sieht der Bildsensor eine Szenerie kontrastreich unter verschiedenen Blickwinkeln. Seine native Auflösung beträgt

1) J. Karst et al., *Science* **374**, 612 (2021)

2) H. Pazniak et al., *Adv. Mater.* 2104878 (2021)

3) E. Pshenay-Severin et al., *Light Sci. Appl.* **10**, 207 (2021)



Die plenoptische Hochgeschwindigkeitskamera liegt als Prototyp vor.

1280 × 864 Pixel; die Kamera erreicht eine Bildrate von 2000 Frames/s. Bei den elektronischen Komponenten des Prototyps handelt es sich im Wesentlichen um eine FPGA-Platine für die Verarbeitung der Bilddaten und eine Sensorplatine für die Bildaufnahme. In das Volumen der Platine sind möglichst viele elektronische Komponenten integriert und die Signalleitungen zur FPGA-Platine möglichst kurz ausgeführt. Das macht das Sensorboard kompakt und schützt es gleichzeitig thermisch, mechanisch und gegen Feuchte.

Nach dem Aufbau und verschiedenen Funktionstests gilt es nun, das Mikrolinsen-Array zu integrieren und die Software für die Signalverarbeitung zu entwickeln.

Gewebediagnostik live

Multimodale nichtlineare Mikroskopie lässt sich im OP einsetzen.

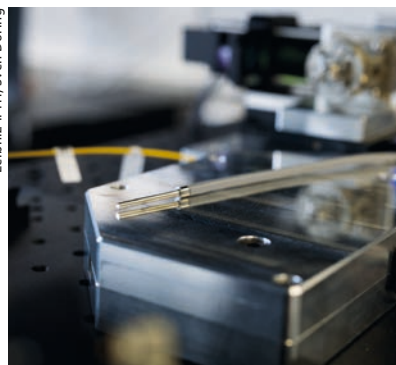
Ob eine Operation den gesamten Tumor entfernt hat, ist derzeit erst nach dem Eingriff zuverlässig mit einer histopathologischen Untersuchung des Gewebes festzustellen. Das ist schlecht, weil zum Beispiel bei Tumoren im Kopf-Hals-Bereich bei knapp jeder zehnten Operation Krebszellen im Gewebe verbleiben. Eine Kontrolle unmittelbar beim Eingriff könnte dies vermeiden. Die Friedrich-Schiller-Universität Jena, das Leibniz-Institut für Photonische Technologien und die Firma GRINTECH in Jena haben dafür eine endoskopische Plattform entwickelt.³⁾

Die multimodale nichtlineare Mikroskopie bestimmt zuverlässig die molekulare Zusammensetzung und Morphologie biologischer Proben. Dazu kombiniert sie drei Verfahren: kohärente Anti-Stokes-Raman-Streuung, Frequenzverdoppelung und Zwei-Photonen-Fluoreszenz. Mit endoskopischen Sondenkonzepten ist sie bei einem Gewebescreening *in vivo* anwendbar – also im lebenden Organismus. Die Projektbeteiligten nutzten dazu robuste, ultraschnelle Laserquellen, die wenig Platz beanspruchen und einfach zu bedienen sind, sowie Fasern, die geringe Verluste und stabile Pulsformen der ultrakurzen Laserpulse gewährleisten. Außerdem entwickelten sie kompakte Scanner, die den Laserstrahl für die Bildgebung schnell und präzise positionieren, und ein endomikroskopisches Objektiv mit hoher numerischer Apertur, korrigiert für die zwei benötigten Wellenlängen des kohärenten Anti-Stokes-Raman-Prozesses.

Das System passt in ein 39 mm langes Gehäuse mit 2,4 mm Durchmesser. Das Bildfeld ist 180 µm groß bei einer Wiederholrate von einem Frame pro Sekunde für 1000 × 1000 Pixel pro Frame. Der Wirkungsgrad der Signalerfassung beträgt mehr als 80 Prozent.

Zur Demonstration wurden Bilder verschiedener biologischer Proben mit dem Faser-Endoskop aufgenommen. Bei einem Frame pro Sekunde und einer räumlichen Auflösung im Submikron-Bereich arbeitete das System beugungsbegrenzt.

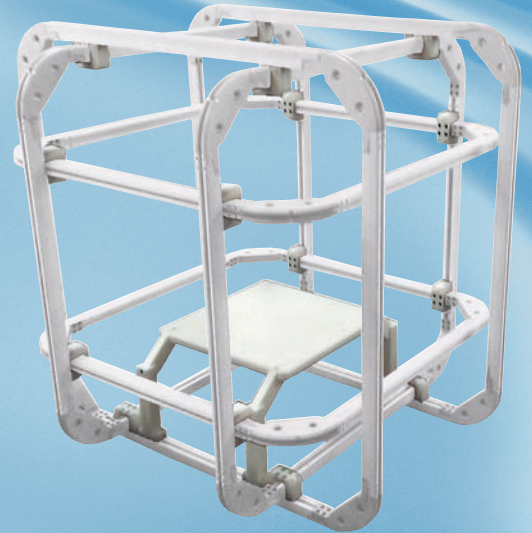
Michael Vogel



Das bildgebende Faser-Endoskop befindet sich in einem millimetergroßen Gehäuse.

INNOVATION BEI DER MAGNETFELDMESSUNG

Helmholtz-Spulen Systeme



- Spulendurchmesser 350mm bis 2m
- Orthogonalitätskorrektur möglich mit PA1
- Aktive Kompensation mit CU2-Modul
- Inkl. Steuerungssoftware

Mag-13



- Niedriges Grundrauschen bis hinunter zu 6pT/√Hz (1 Hz)
- Bandbreite bis zu 3kHz
- Messbereiche zwischen ±60µT und ±1000µT

CryoMag



- Magnetometer für Cryo-Anwendungen
- Temperaturbereich bis 2K
- Messbereiche von ±70 bis ±500µT

In Kürze verfügbar:
CryoMag-IE

Ingenieurgesellschaft für
Geophysikalische Messtechnik mbH



info@igm-geophysik.de | www.igm-geophysik.de

Bartington
Instruments

sales@bartington.com | www.bartington.com