

■ Analytik für die Westentasche

Mit geringem technischem Aufwand lässt sich mit einem Smartphone der Brechungsindex von Flüssigkeiten bestimmen.

Smartphones bringen bereits viele Funktionalitäten mit, die für Messungen erforderlich sind: beispielsweise Kamera, LED-Blitz und ausreichend Rechenleistung. Wissenschaftler der Leibniz Universität



Smartphone, präparierte Glasfaser und Beugungsgitter – mehr bedarf es nicht für eine Brechungsindexmessung.

Hannover haben sich das zunutze gemacht und eine Machbarkeitsstudie für die optische Analyse von Flüssigkeiten durchgeführt, die mit wenigen zusätzlichen Elementen auskommt.¹⁾ Als eigentlicher Sensor dient das freigelegte, ein Zentimeter lange Stück eines Glasfaserkerns, das die Forscher mit Silber beschichtet und mit einer Vertiefung für die zu analysierende Flüssigkeit versehen haben. Die Enden der Faser haben sie unter 45° poliert und mit einem Ende auf dem LED-Blitz platziert. Das andere Ende der Faser positionierten sie mit einem Linienbeugungsgitter vor der Kameraoptik.

Das Erfassen der Messdaten geschieht mit Hilfe einer Foto-App. Das Messprinzip beruht auf der Resonanz von Oberflächenplasmonen: Trifft das durch die Faser geleitete Licht auf die dünne Silberschicht, regt ein kleiner Teil die Elektronen in der Oberfläche der Silberschicht zu resonanten Schwingungen an. Berührt der Silberfilm die zu analysierende Flüssigkeit, verändert deren Brechungsindex die Breite und Lage der Absorption, die durch Resonanz entsteht.

Die Forscher haben die Funktionsweise ihres Messgeräts mittels unterschiedlich konzentrierten Glycerin-Lösungen demonstriert. Bei einem Volumenanteil zwischen 0 und 20 Prozent Glycerin ändert sich dessen Brechungsindex zwischen 1,33 und 1,36. Die relative Genauigkeit des Messgeräts pro Pixel liegt derzeit bei $6 \cdot 10^{-4}$, wobei der Kamerasensor nur zwischen 400 und 680 nm empfindlich ist. Die Wissenschaftler sehen Anwendungsmöglichkeiten in der medizinischen und der Umweltsanalytik.

■ 3D-Hologramm zum Anfassen

Ein Femtosekundenlaser ermöglicht die Projektion fühlbarer Volumenbilder.

3D-Displays gelten als eine der kommenden Technologien, um dem Betrachter einen natürlichen, intuitiven Zugang zu komplexen Informationen zu verschaffen. Die Spanne der Produkte, Prototypen und Machbarkeitsstudien reicht von 2D-Bildschirmen, für die spezielle Brillen erforderlich sind, bis zu echten Volumendisplays mit haptischem Feedback. Wissenschaftler von vier japanischen Universitäten, darunter die Unis in Tsukuba und Utsunomiya, haben nun im Labormaßstab eine Methode vorgestellt, um Volumenbilder in der Luft mit Hilfe eines gepulsten Femtosekundenlasers zu erzeugen.²⁾ Ein ähnliches Verfahren präsentierte Ende 2014 das japanische Unternehmen Aerial Burton.

Die Wissenschaftler erzeugen in der Luft einen 3D-Bildpunkt, ein Voxel, mit Hilfe des Lasers, eines Zweiachsen-Spiegelscanners und einer Optik mit variabler Brennweite für die Fokussierung entlang der optischen Achse. Das Voxel entsteht aufgrund der hohen Leistungsdichte im Laserfokus, die in der Größenordnung von Petawatt pro Quadratcentimeter liegt: Es kommt zur Tunnel-Ionisation der Luftmoleküle; bei der Rekombination wird bläuliches Licht emittiert. Um mehr als ein Plasma-Voxel darzustellen, nutzen die Forscher



Der Name ist Programm: „Feenlichter“ haben die japanischen Forscher ihre Technologie getauft.

einen räumlichen Modulator für Licht, um ein Hologramm zu erzeugen. Die Größe der Voxel folgt aus der Größe des Laserfokus. Das Volumen, in dem die Forscher das Hologramm erzeugen können, ist maßgeblich durch den Scanner, die Apertur des Objektivs sowie die Pulsdauer und die Ausgangsleistung des Lasers bestimmt. Derzeit liegt das Volumen bei wenigen Kubikzentimetern.

Die Berührung der Plasma-Voxel mit der Fingerspitze ist spürbar, weil sich dann im Plasma eine impulsförmige Druckwelle ausbildet. Bei den eingesetzten Laserleistungen ist diese kurze Berührung mit der Fingerspitze unproblematisch – für Auge oder Haut im Allgemeinen jedoch nicht. Mögliche Anwendungen sind in der Augmented Reality oder die Wiedergabe von 3D-Bildern.

■ Analytik für die Westentasche II

Ein Array aus Quantenpunkten fungiert als maßgebliches Element in einem Mikrospektrometer.

Miniaturisiert, billig und einfach anzuwenden – Spektrometer mit diesen Eigenschaften gelten als interessante Systeme zur Diagnose von Krankheiten, zur Begutachtung von Lebensmitteln oder zum Aufspüren von Umweltschadstoffen. Bislang hat man versucht, Prototypen vor allem mit Interferenzfiltern und interferometrischer Optik aufzubauen. Photonenausbeute, Auflösung und spektrale Breite waren in diesen Fällen jedoch begrenzt. Wissenschaftler der chinesischen Universität Tsinghua in Beijing und des Massachusetts Institute of Technology (MIT) in

1) K. Bremer et al., Opt. Express 23, 17179 (2015)

2) Y. Ochiai et al., <http://arxiv.org/abs/1506.06668> (Konferenz-Paper zur SIGGRAPH 2015)

3) J. Bao et al., Nature 523, 67 (2015)

4) F. Fan et al., Nat. Nanotechnol., doi:10.1038/nnano.2015.149

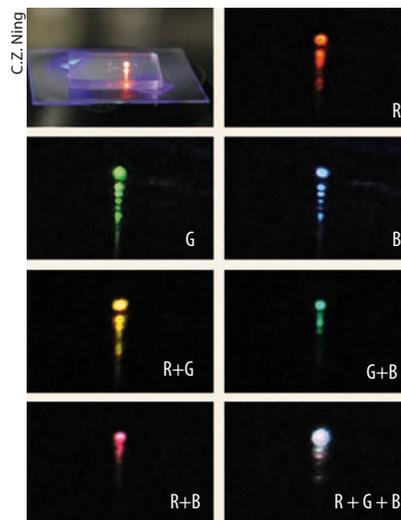
Cambridge haben nun einen anderen Weg beschritten: Sie nutzen kolloidale Quantenpunkte (CQDs) als Absorptionsfilter in einem Mikrospektrometer.³⁾

CQDs sind Nanokristalle eines Halbleitermaterials. Ihr Absorptionsverhalten lässt sich gezielt durch Verändern ihrer Größe, Form und Zusammensetzung einstellen. Die Forscher haben ein Array aus 195 verschiedenen CQDs, deren Absorptionen sich über einen Wellenlängenbereich von 390 bis 690 nm erstrecken, auf einen Glasträger gedruckt. Jedes Filter dieses Arrays hat ungefähr 0,5 Millimeter Durchmesser. Seine Gesamtgröße passten die Wissenschaftler an die Dimensionen eines Bildsensors an und setzten es vor diesen; jedes CQD-Filter bedeckt mehrere Pixel. Das resultierende Gerät ist nicht viel größer als eine Zwei-Euro-Münze. Ein Spektrum nehmen die Forscher auf, indem sie mit einer einzigen Belichtung die transmittierte Energie messen, die durch jedes der CQD-Filter hindurchgeht. Das gesuchte Spektrum ergibt sich durch eine rechnerische Rekonstruktion aus diesem Transmissionsdatensatz. Anhand von Testmessungen leiteten die Wissenschaftler ab, dass zwei Peaks im Spektrum, die nur zwei bis drei Nanometer auseinanderliegen, noch auflösbar sind.

■ Weißer Laser

Ein monolithischer RGB-Laser kann einen großen Farbraum des sichtbaren Spektrums darstellen.

Angesichts der Vielfalt an Wellenlängen, Materialien, Verfahren, Leistungsspannen und Pulsbreiten ist es fast schon erstaunlich, dass immer noch Wünsche an den Laser offen bleiben, etwa nach einem weißen Laser – im Sinne einer farblich durch das sichtbare Spektrum durchstimmbaren Lichtquelle. Wissenschaftler der Arizona State University im amerikanischen Tempe und der chinesischen Universität Tsinghua in Beijing haben nun erstmals einen solchen Ansatz auf Basis eines



Farbaufnahmen der Laser-Heterostruktur (oben links): In jeder der Ausschnittvergrößerungen ist angegeben, welche Segmente gepumpt wurden.

monolithischen Halbleiterlasers im Labor verwirklicht.⁴⁾

Das Problem dabei sind die unterschiedlichen Kristallgitter der beteiligten Materialien, durch die so große Defekte entstehen, dass es bislang um die Laseraktivität schlecht bestellt war. Die Forscher haben daher das Zusammenspiel zwischen Gas-, Flüssig- und Festkörperphase bei der Herstellung der Struktur sehr genau untersucht und konnten letztlich eine ausreichend defektfreie Schicht erzeugen, die sie in drei Segmente für die Laseraktivität im Roten, Grünen und Blauen unterteilten. Als Material diente ein Gemisch aus Zink, Cadmium, Schwefel und Selen, dessen Zusammensetzung sich je nach gewünschter Laserwellenlänge unterschied.

Die Wissenschaftler können jeden RGB-Bereich individuell optisch pumpen. Die Pulslänge des Pumplasers beeinflusst die Intensität der jeweiligen Farbe. So lassen sich 70 Prozent mehr wahrnehmbare Farben im sichtbaren Spektrum erzeugen als mit klassischen Lichtquellen. Im nächsten Schritt wollen die Wissenschaftler ihr Labormuster elektrisch pumpen.

Michael Vogel