

## ■ Vorbild Optik

**Statt mit Transducer-Arrays lassen sich Ultraschallfelder auch mit Hologrammen erzeugen.**

Mehr oder minder komplexe Schall- und Ultraschallfelder spielen heute bei unterschiedlichen



Mit einem Hologramm erzeugten Stuttgarter Wissenschaftler ein Schalldruckbild von Picassos Friedenstaube.

Anwendungen eine Rolle. Beispiele sind die medizinische Diagnostik und hochwertig gestaltete Klangräume, z. B. in Konzertsälen oder Clubs. Auch für die Manipulation von Partikeln, Tropfen oder Zellen finden Ultraschallfelder Verwendung. Bei allen Beispielen kommen immer mehrere Transducer zum Einsatz, um durch die unterschiedliche Phasenlage der Schallwellen den gewünschten Effekt zu erzielen. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme in Stuttgart und der Universität Stuttgart haben nun einen anderen Weg beschritten: Statt immer komplexere Transducer-Anordnungen und Steuerungen zu ersinnen, arbeiten sie mit einem Hologramm und nur einem einzigen Transducer.<sup>1)</sup>

Zunächst berechneten sie dazu die erforderlichen Phasenlagen der Ultraschallwellen zueinander, um den gewünschten Effekt – also ein definiertes Schalldruckfeld – zu erzeugen. Anhand dieser Phaseninformationen stellten die Forscher mit einem 3D-Drucker ein Relief aus einem Polymer her, das den Schall schneller leitet als die umgebende Flüssigkeit. Größere Phasenverschiebungen der Ultraschallwellen ziehen also dickere Materialschichten nach sich. Dass das Prinzip funktioniert, wiesen die Wissenschaftler mit einem zwei-

und einem dreidimensionalen Ultraschallfeld im Labor nach.

Ziel des Verfahrens ist es, eine große Zahl von Mikropartikeln gleichzeitig zu bewegen und größere Strukturen aus ihnen zu formen. Das Prinzip könnte aber auch in der hochauflösenden Bildgebung, für die selektive Erwärmung von Materialien oder in der Verfahrenstechnik interessant sein, um Tropfen gezielt zu manipulieren.

## ■ Bakterien auf der Spur

**Fluoreszenzlicht verrät Verkeimung von Wasser fast in Echtzeit.**

Die Wasserqualität spielt in der Wasserwirtschaft und Lebensmittelindustrie eine wichtige Rolle. Denn die Hersteller müssen sicherstellen, dass ihre Ware den hygienischen Vorgaben entspricht. Ein Hersteller von Mineralwasser muss zum Beispiel regelmäßig eine Probe ziehen und im Labor analysieren lassen. Das dauert allerdings rund eine Woche. Neu abgefüllte Flaschen – mehrere Millionen – dürfen erst in den Handel gelangen, wenn das Labor die Ware als unbedenklich deklariert hat.

Schneller wäre ein integriertes Verfahren, das die Qualitätsprüfung während der Abfüllung ermöglicht. Wissenschaftler des Berliner Forschungsinstituts Optotransmitter-Umweltschutz-Technologie haben nun einen Fluoreszenzsensor entwickelt, der sich dafür eignet. Er basiert darauf, dass die zunächst in Wasser auftretenden Keime, die Erstbesiedler, bei



Der Sensor mit Elektronik: Das Fluoreszenzsignal, das er detektieren kann, ist mit bloßen Augen nicht zu sehen.

Lichteinfall zu fluoreszieren beginnen. Der Sensor besteht aus einer Hochleistungs-LED, die im UV-A-Bereich emittiert. Ihre Strahlung regt die Erstbesiedler zur Fluoreszenz an, die dann optisch detektiert wird. Beim Demonstrator ist die erforderliche Elektronik in den Sensorkopf integriert. Die Signalerfassung erfolgt alternierend mit und ohne Fluoreszenz-Anregung, damit Umgebungslicht nicht das Ergebnis verfälscht. Eine Messung dauert rund eine Viertelstunde. Der Sensor kann noch 10 000 Photonen pro Sekunde zuverlässig erfassen. Damit sind 50 fluoreszierende Bakterien im Detektionsvolumen sicher nachzuweisen, bei zehn beträgt das Signal-zu-Rausch-Verhältnis Eins.

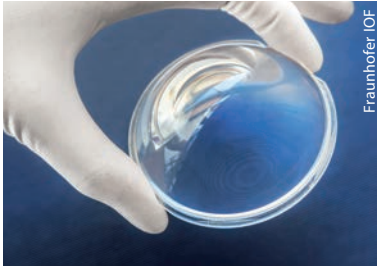
Sensor und Elektronik kosten weniger als tausend Euro, als Stromversorgung genügt eine Batterie. Derzeit laufen Praxistests an einer Abfüllanlage. Parallel suchen die Wissenschaftler Kooperationspartner, um den Sensor an weitere Anwendungen anzupassen.

## ■ Reflexe unterbunden

**Nanostrukturierte Schichten entspiegeln Kunststoffoptiken wirkungsvoller.**

Kunststoffoptik läuft inzwischen in vielen Bereichen der klassischen Glasoptik den Rang ab. Im Alltag ist das bei Brillen zu beobachten, aber auch in der Beleuchtungs-, Automobil- und Medizintechnik spielt Kunststoffoptik heute eine wichtige Rolle. Bei hohen Stückzahlen lassen sich solche Optiken günstig im Spritzgussverfahren fertigen – und das mit nahezu beliebiger Oberflächenform. Um möglichst wenig Licht bei der optischen Abbildung zu verlieren beziehungsweise um Streulicht zu vermeiden, müssen auch Kunststofflinsen vergütet werden. Da sie anwendungsbedingt jedoch häufig sehr starke Krümmungsradien haben, ist das bislang nicht optimal gelungen: Fallen Lichtstrahlen unter besonders schrägen Winkeln auf den Luft-Kunststoff-Übergang, wirkt zum Beispiel eine konventio-

1) K. Melde et al., Nature 537, 518 (2016)



Auf dieser Kunststofflinse zeigt nur die linke unbeschichtete Hälfte Reflexe, die beschichtete Hälfte rechts nicht.

nelle breitbandige Mehrschichtvergütung nicht mehr optimal, da sie für senkrecht zur Linsenoberfläche einfallendes Licht optimiert ist.

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena haben nun ein Verfahren entwickelt, das die Reflexion auch bei schrägem Lichteinfall stark reduziert. Dazu erzeugen sie per Plasmaätzen eine erste Struktur direkt im Kunststoff und bringen eine nanostrukturierte organische Schicht auf. Durch die Doppelstruktur ändert sich der Gradient des Brechungsindex vom Übergang aus der Luft in den Kunststoff nicht abrupt, sondern nur langsam. Die damit erreichte mittlere Restreflexion beträgt im Spektralbereich zwischen 400 und 1200 nm weniger als 0,3 Prozent. Mit klassischen Interferenzschichten ist das kaum erreichbar. Ziel ist es, das neue Verfahren zeitnah in Fertigungsprozesse zu integrieren.

## ■ Ohne Knubbel auf dem Dach

**Eine neue Sensorik macht automobiler Lidarsysteme endlich klein.**

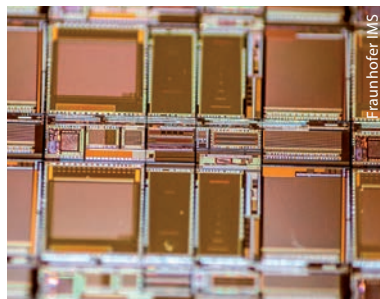
Autonom fahrende Fahrzeuge werden nach heutiger Vorstellung drei separate Sensorsysteme besitzen, um möglichst zuverlässig das Umfeld zu erfassen: Kamera, Radar und Lidar. Während die Miniaturisierung von Kamera und Radar weit fortgeschritten ist, kommen in Lidarsystemen noch mechanische Komponenten vor, die viel Platz beanspruchen und das System störanfällig machen. Beispielsweise ist bei den Google Cars der „Knubbel“ des Lidars auf dem Dach nicht zu übersehen. For-

schern des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Duisburg ist es gelungen, die Sensorik eines Lidars so weit zu verkleinern, dass sie sich hinter der Windschutzscheibe oder im Scheinwerfer einbauen lässt.

Konventionelles Lidar für Fahrzeuge sendet gepulste IR-Laserstrahlen aus, die von Objekten auf der Fahrbahn reflektiert werden. Der Laserstrahl wird dazu über einen rotierenden Spiegel gelenkt. Das zurückgestreute Signal liefert aufgrund der Laufzeit die Informationen, um Abstand, Position und Geschwindigkeit des Objekts zu ermitteln. Die IMS-Forscher kommen ohne mechanische Komponenten aus. Sie beleuchten das Umfeld in einem definierten Bereich wiederholt mit jeweils einem einzigen Laserpuls und erfassen die extrem schwachen Reflexe mit einem Array aus Einzelphotonen-Lawinendioden (SPADs). SPADs sind das Halbleiterpendant zu Photomultipliern, die oberhalb der Durchbruchspannung arbeiten. So kann ein einzelnes Photon mehrere Millionen Ladungsträger erzeugen. Den Forschern ist es gelungen, solche SPADs in CMOS-Technologie zu fertigen. Der zweite entscheidende Schritt war ein Algorithmus, um die extrem schwachen Signale der Reflexionen statistisch aussagekräftig auszuwerten.

Das IMS arbeitet in vielen Projekten mit Partnern aus der Automobilindustrie zusammen. Ziel ist ein Lidarsystem, das in 100 m Entfernung vor dem Fahrzeug noch eine laterale Auflösung von 10 cm erreicht. Wenn alles klappt, könnte es 2018 zum Marktdebüt kommen.

Michael Vogel



Bislang ist es weltweit nur Wenigen gelungen, Einzelphotonen-Lawinendioden in CMOS-Technologie zu realisieren.