

1) C. D. Lu et al., Biomed. Opt. Express 5, 293 (2013)

2) E. Cicek et al., Appl. Phys. Lett. 103, 191108 (2013)

3) J. Geilhufe et al., Nat. Commun. 5, 3008 (2014), DOI: 10.1038/ncomms4008

Vorsorgender Blick

Ein interferometrisches Handinstrument ermöglicht Reihenuntersuchungen der Netzhaut.

Viele Erkrankungen der Netzhaut bleiben unerkant, weil die Betroffenen in den frühen Phasen nur selten zum Augenarzt gehen. Um eine Beeinträchtigung des Sehvermögens möglichst lange hinauszuzögern, wären daher Vorsorgeuntersuchungen hilfreich, die keinen Augenarzt erfordern. In der Ophthalmologie hat sich die Optische Kohärenztomografie (OCT) als Untersuchungsmethode für die Netzhaut etabliert, denn sie ist nichtinvasiv und berührungslos. Hierbei fällt ein Laserstrahl auf die Netzhaut. Aus der Überlagerung des Originalstrahls mit den gestreuten Strahlen lassen sich damit Volumendaten gewinnen. Dazu scannt der Laserstrahl die Netzhaut. OCT-Instrumente sind allerdings recht sperrig und schwer, so dass sie sich kaum für Reihenuntersuchungen eignen. Forscher eines deutsch-amerikanischen Teams haben nun prototypische 3D-OCT-Instrumente entwickelt, die sich wie eine Kamera in der Hand halten lassen.¹⁾ Das Gerät erreicht eine axiale Auflösung von 10 μm im Gewebe. Ein Volumenscan über einen 10 mm mal 10 mm großen Netzhautabschnitt erfolgt in knapp eineinhalb Sekunden.

Die Forscher verwenden als Scanner einen mikroelektromechanischen Spiegel mit 2,4 mm Durchmesser. Ein VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser) mit 1060 nm Wellenlänge dient als Strahlquelle. Im Vergleich zu den sonst üblichen 860 nm wird die längere Wellenlänge weniger stark gestreut und dringt tiefer ins Gewebe ein. Die Forscher konnten so nachweisen, dass ihr VCSEL bei der Abbildung der Netzhaut hohe Geschwindigkeiten und einen großen axialen Abbildungsbereich erreicht. Dies ermöglicht eine dichtere Abtastung und damit höher aufgelöste Volumendaten, und es erleichtert die Ausrichtung des Gerätes.

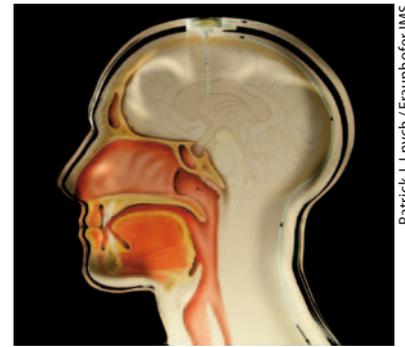
Einfache Kontrolle

Ein Drucksensor erweitert die Funktion eines Langzeitimplantats zur Hirndruckregulierung.

Bei manchen Menschen produziert der Körper zu viel Hirnflüssigkeit oder leitet sie falsch ab. Diese landläufig als „Wasserkopf“ bezeichnete Krankheit macht es oft erforderlich, dem Betroffenen ein Shunt-System zu implantieren. Dabei handelt es sich um einen Silikonschlauch, der überschüssige Flüssigkeit zum Beispiel in den Bauchraum ableitet. Ein Ventil reguliert den Gehirndruck: Steigt der Druck über einen Schwellenwert, öffnet das Ventil, sinkt er darunter, schließt es.

In seltenen Fällen kann es aber auch zu einer Überdrainage kommen: Zu viel Flüssigkeit läuft ab und der Hirndruck sinkt zu stark. Um dies nachzuweisen, ist eine aufwändige und teure Computer- oder Magnetresonanztomografie nötig. Forscher des Fraunhofer IMS in Duisburg haben nun gemeinsam mit den Medizintechnikfirmen Aesculap und Christoph Miethke eine Lösung entwickelt, mit der sich solche Überdrainagen mit einem mobilen Auslesegerät erkennen lassen. Anders als bei bereits existierenden Produkten handelt es sich bei diesem Ansatz um ein vollintegriertes Langzeitimplantat.

Die Projektbeteiligten haben dazu für ein existierendes Shunt-



Shunt-System im Kopf: Drucksensor und Elektronik befinden sich im Gehäuse in der Schädeldecke.

System einen Chip mit Druck- und Temperatursensor sowie die Elektronik und einen Schwingkreis für das induktive Auslesen entwickelt. Der applikationsspezifische Schaltkreis hat Dimensionen von etwa zwei mal neun Millimeter; der Drucksensor arbeitet kapazitiv, der Temperatursensor ohmsch. Über ein Handlesegerät lässt sich der Messwert dann über eine Trägerfrequenz von 130 kHz auslesen.

Durch die Verwendung als Medizinprodukt und Langzeitimplantat ergeben sich viele Anforderungen. Aufwändig war vor allem die metallische Verkapselung, die den Druck unverfälscht auf den innenliegenden Chip leitet und die trotz ihrer abschirmenden Wirkung die Signalübertragung ermöglicht. Die Markteinführung des neuen Shunt-Systems hat inzwischen begonnen.

Drastischer Effizienzsprung

Photodioden für das UV-C-Band erreichen fast 90 Prozent Quanteneffizienz.

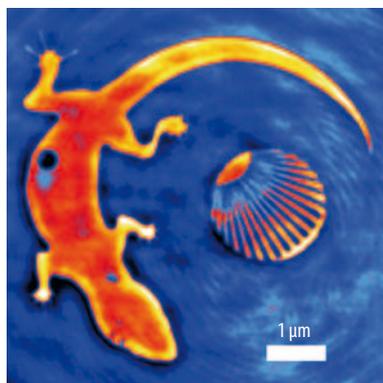
Unterhalb einer Wellenlänge von 290 nm liegt das UV-C-Band, das ungefähr bis 100 nm reicht. Aufgrund der starken Absorption in der Atmosphäre gelangt in diesem Spektralbereich nur sehr wenig Sonnenstrahlung auf die Erde. Das macht das UV-C-Band für technische Anwendungen interessant, weil fast jede Flamme dort etwas Strahlung emittiert. Zu den vielfältigen Anwendungen zählen die Identifizierung von Brandherden, die Raketenfrüherkennung und die Ultraviolett spektroskopie. Photomultiplier oder Siliziumpho-



Die mobilen OCT-Instrumente haben unterschiedliche Bauformen (oben bzw. unten), aber eine identische optische Funktionsweise.

todioden sind die Detektoren der Wahl, um Strahlung in diesem Wellenlängenbereich zu erfassen, doch Materialsysteme auf der Basis von Aluminium-Gallium-Nitrid gelten als viel versprechende Alternative. Ihre Eigenschaften lassen sich so einstellen, dass sie für Photonen bei Wellenlängen länger als 290 nm extrem unempfindlich sind – da haben die Photomultiplier und Photodioden ihre Schwäche.

Allerdings werden solche Halbleiterstrukturen meist auf Saphirsubstraten hergestellt. Die unterschiedlichen Gitterkonstanten von Saphir und III-Nitridschichten und die Fehlanpassungen innerhalb der AlGaIn-Materialfamilie begrenzt die Qualität solcher Detektoren bislang. Unerwünschte Nebenreaktionen während der Herstellung der Schichten verschärfen das Problem. Einer amerikanischen Arbeitsgruppe ist nun ein entscheidender Schritt gelungen.²⁾ Das Labormuster ihres Detektors besteht aus 320×256 UV-Photodioden; einzelne Pixel erreichten eine externe Quanteneffizienz von 80 Prozent bei 275 nm, unter 5 V Vorspannung sogar 89 Prozent. Bislang schaffte die Gruppe nur knapp 40 Prozent. Drei Dinge waren maßgeblich für den Erfolg: Durch einen geringeren Druck im Reaktor ließen sich die unerwünschten Nebenreaktionen bei der Herstellung der Materialschichten verringern. Und die Zugabe von Indium sowie ein optimierter Aluminiumanteil in den Schichten der Dioden führten zu weniger Gitterfehlstellen.



In eine Goldfolie einstrukturierte Testobjekte für das Röntgenholografieverfahren: die 10 000-fach verkleinerten Umrisse eines Geckos und der Ausschnitt aus einem Siemensstern.

■ Entwickelte Röntgenkamera

Ein modifiziertes Holografieverfahren bietet eine höhere räumliche Auflösung trotz geringer Kontraste.

Die Fourier-Transformationsholografie (FTH) gilt als wichtige bildgebende Methode, um mit kohärenten Röntgenstrahlquellen Einzelaufnahmen zu machen. Dabei fällt ein Teil des Röntgenlichts auf die abzubildende Probe, ein kleinerer Teil als Referenzwelle auf eine Lochblende, die sich neben dem Objekt befindet. Die Überlagerung von Objekt- und Referenzwelle liefert dann das Hologramm, aus dem sich das Bild des beleuchteten Objekts rekonstruieren lässt. Für eine scharfe Abbildung muss die Blende möglichst klein sein, dann lässt sie allerdings womöglich zu wenig Licht durch, um auch sehr kontrastarme Objekte gut abbilden zu können. Wissenschaftlern der TU Berlin und des Helmholtz-Zentrums Berlin für Materialien und Energie ist es nun gelungen, die Korrelation zwischen räumlicher Auflösung und Bildkontrast aufzuheben.³⁾

Sie verwenden statt einer Lochblende eine Fresnel-Zonenplatte. Diese hat einen Durchmesser von $7,5 \mu\text{m}$, umfasst 40 Zonen und ist in $25 \mu\text{m}$ Abstand neben dem Objekt angebracht. Der Brennpunkt dieser Optik liegt nicht in der Objektebene, so dass das Objekt unscharf abgebildet wird. Allerdings lässt sich diese Unschärfe nachträglich rechnerisch mit hoher Genauigkeit korrigieren. Mehr noch: Da Fresnel-Zonenplatte und Objekt fest miteinander verbunden sind, führen mechanische Vibrationen in der Umgebung, die auf Optik und Objekt einwirken, zu keinem Verwackeln der Bilder, da deren Position zueinander unverändert bleibt. Das ist wichtig für eine Methode, die eines Tages Auflösungen von weniger als zehn Nanometer erreichen soll. Bisher detektierten die Forscher noch kleinste Strukturen von 46 nm. Die Methode soll künftig an der Synchrotronquelle BESSY II als Messverfahren zugänglich sein.

Michael Vogel