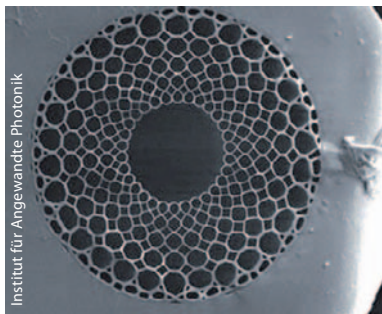


■ Fast ungebremstes Licht

Neue Glasfasern verzögern ultrakurze Laserimpulse kaum.

Bei Glasfasern hat man derzeit die Wahl zwischen Fasern mit massivem Kern und photonischen Kristallfasern (PCFs) mit hohlem Kern, bei denen das Licht in Luft geführt wird. Der Querschnitt der PCFs besteht aus einer periodischen Mikrostruktur, dank derer sich die hohen Verluste der Hohlleiter mit kleinen Kerndurchmessern vermeiden lassen. Allerdings handelt man sich eine höhere



Diese rasterelektronenmikroskopische Aufnahme verdeutlicht den Aufbau der gechirpten Faser.

Dispersion ein. Forscher des Max-Born-Instituts für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie in Berlin und der Universität Saratov in Russland haben eine Faser entwickelt, die eine niedrige Dispersion bei akzeptablen Verlusten aufweist.¹⁾

Sie haben dazu eine PCF aus fünf konzentrischen Röhrenlagen gefertigt, deren Durchmesser entlang der radialen Richtung von innen nach außen wächst. Jede Lage besteht aus 30 Röhren; in der innersten Lage beträgt ihr Radius 1,35 μm , in der äußersten 2,6 μm . Die Wissenschaftler sprechen von einer gechirpten PCF, da sich die Periode der Struktur langsam und systematisch in eine Richtung verändert. Schicken die Forscher Licht durch die einzelnen Röhrenlagen, erzeugen diese scharfe Resonanzen (einige Nanometer breit). Der Chirp wirkt ähnlich wie lokale Defekte in Quasi-Kristallen und verschmiert die Resonanzen spektral, woraus sich eine große Bandbreite ergibt. Er amorphisiert sozusagen die Faserstruktur, was sich günstig auf die Dispersion auswirkt: Der Betrag der Dispersion zweiter Ordnung ist 200-mal geringer als bei einer konventionellen PCF ohne

Chirp, der Betrag der Dispersion dritter Ordnung um mehr als das 300-Fache. Speisen die Forscher in eine gechirpte, einen Meter lange PCF 13-fs-Laserimpulse ein, verdoppelt sich deren Dauer lediglich.

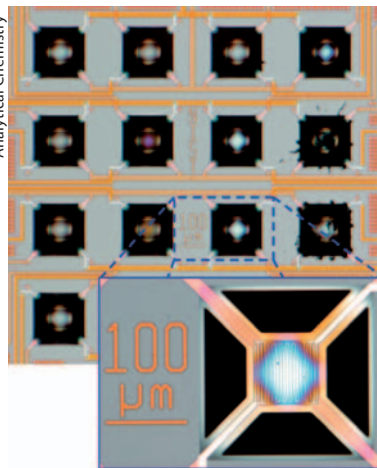
Anwendungen gäbe es in der Medizin oder Biologie, wenn extrem kurze Laserimpulse über flexible Fasern an einen Interaktionspunkt gelangen müssen – z. B. in der photodynamischen Therapie oder Zwei-Photonen-Mikroskopie.

■ Elektronische Nase

Der menschliche Geruchssinn dient als Vorlage für die Arbeitsweise eines Sensor-Arrays.

Chemische Sensoren, die Stoffe in der Luft über eine Widerstandsmessung nachweisen können, lassen sich in der Medizin, Industrie und Terrorabwehr einsetzen. Solche elektronischen Nasen sprechen aber meist nur auf Stoffe an, auf die sie zuvor „trainiert“ worden sind, und ihre Alterung erfordert aufwändige Neukalibrierungen. Wissenschaftler des National Institute of Standards and Technology (NIST) haben nun einen Sensor entwickelt, der solche Probleme überwindet.²⁾

Als Vorbild dient ihnen der biologische Geruchssinn: Gelangt ein Molekül in die Nase, lagert es sich an Neuronen an, die den chemischen Stimulus in ein elektrisches Signal umwandeln. Aus dieser Informationsfülle identifiziert das



Die NIST-Nase besteht aus 16 Sensoren, die hier in einem optischen Mikrobild zu sehen sind.

Gehirn auf hierarchische Weise die relevanten Informationen.

Die Wissenschaftler wählten für ihre elektronische Nase eine Anordnung aus mikroelektromechanischen Heizplatten, auf die sie Metalloxidhalbleiter als Sensoren aufbrachten. Jeden der 16 Sensoren heizten sie in Ein-Grad-Schritten von 150 $^{\circ}\text{C}$ auf 500 $^{\circ}\text{C}$ und nahmen jeweils einen Messwert. So erhielten sie 5600 virtuelle Sensoren, die sozusagen den Neuronen des Geruchssinns entsprechen. Diese Chemiresistoren bestehen im Wesentlichen aus SnO_2 , TiO_2 oder WO_3 . Ihre Leitfähigkeit ändert sich mit steigender Temperatur und liegt in jeweils charakteristischen Bereichen, wenn Spurenstoffe sich an sie anlagern.

Allerdings überlappen sich die Messkurven für verschiedene Stoffe stark, sodass eine elektronische Nase nur dank statistischer Verfahren funktioniert. Wie der Geruchssinn nutzen die Wissenschaftler nur die aussagekräftigsten Resultate, die sich aus einer hierarchischen Klassifikation ergeben. Dieser Ansatz erwies sich statistisch als sehr robust.

Nach einer Trainingsphase mit elf Molekülararten konnte die künstliche Nase verschiedene Alkohole und Ketone mit einer mittleren Zuverlässigkeit von 87 Prozent identifizieren. Die Konzentrationen der Spurenstoffe lagen dabei zwischen 30 nmol/mol und 10 $\mu\text{mol/mol}$. Auch eine künstlich gealterte Nase lieferte noch zuverlässige Resultate.

■ Sanfte Stöße

Ein neuer Typ von Defibrillator schädigt das Gewebe bei Herzrhythmusstörungen weniger.

Jährlich sterben über 100 000 Menschen in Deutschland am plötzlichen Herztod. Häufig sind Herzrhythmusstörungen wie das Kammerflimmern die Ursache. Infarktpatienten bekommen daher vorbeugend einen Defibrillator implantiert, der bei einem Kammerflimmern das Herz durch einen Stromstoß wieder in den gewohnten Takt zwingt. Dies kann

1) J. S. Skibina et al., Nature Photonics, Online-Ausgabe, doi:10.1038/nphoton.2008.203

2) B. Raman et al., Analytical Chemistry, Online-Ausgabe, doi:10.1021/ac8007048

jedoch schmerzhaft sein oder das umliegende Gewebe schädigen. Wissenschaftler des Herzzentrums der Universitätsmedizin Göttingen und des Max-Planck-Instituts für Dynamik und Selbstorganisation entwickeln daher ein schonenderes Verfahren, das an Herzpräparaten bereits funktioniert.

Fibrillation ist ein durch selbstorganisierte Phasensingularitäten (Spiralwellen) erzeugter raumzeitlich chaotischer Zustand eines anregbaren Mediums. Dabei wirken die Phasensingularitäten als Schrittmacher des chaotischen elektrischen Wellenfeldes im Muskel, das zu einer hochfrequenten ungeordneten Kontraktion führt. In der Folge sinkt die Pumpleistung des Herzens drastisch. Die Phasensingularitäten heften sich oft an Inhomogenitäten (z. B. Blutgefäße oder Fettgewebe) an und lassen sich dann schwer beseitigen. Bislang ist daher die Methode etabliert, die alle Wellen durch einen hochenergetischen Elektroschock gleichzeitig terminiert. Die Göttinger Wissenschaftler nutzen dagegen die Inhomogenitäten als Wellenzentren und kontrollieren so die Dynamik.

Defibrillatoren, die nach diesem Prinzip arbeiten, wären vor allem als Implantate interessant, da die Batterielaufzeit aufgrund des geringeren Energiebedarfs wesentlich länger ausfallen dürfte. Auch die Lebensqualität der Betroffenen würde steigen, da sie die schwächeren Elektroschocks nur selten als unangenehm empfinden. Damit käme die Technik auch für Patienten mit einem nicht unmittelbar lebensbedrohlichen, aber oft chronischen Vorhofflimmern infrage.

■ Strom aus Luft und Wasser

Mit einem Fluidwandler lässt sich elektrische Energie erzeugen.

Druckluft- oder hydraulische Anlagen sind aus der Industrie nicht mehr wegzudenken. Bei wichtigen Systemen überwachen Sensoren die Leitungen auf Druckabfälle, die auf Lecks hindeuten. Ihre Stromversorgung erhalten sie per Batterie oder

Leitung, was Nachteile mit sich bringen kann, wenn die Sensoren schlecht zugänglich sind oder die Verkabelung sehr kostspielig ist. Wissenschaftler der Fraunhofer-Technologie-Entwicklungsgruppe in Stuttgart versuchen daher, die kinetische Energie des durch die Leitungen strömenden Fluids für die elektrische Stromversorgung von Sensoren anzuzapfen.

Für einen solchen Fluidwandler zweigen sie einen kleinen Teil des Gases bzw. der Flüssigkeit aus der Hauptleitung ab und leiten ihn in einen Bypass, in dem die konstante Fluidströmung durch den Coanda-Effekt in Schwingung versetzt wird. Der Coanda-Effekt beschreibt das Verhalten eines Fluids, das eine gewölbte Oberfläche entlang strömt: Es behält die Krümmung bei, anstatt sich abzulösen.

Die Oszillationsfrequenz ist proportional zur Durchflussmenge. Durch die Schwingung entsteht



Das Herzstück des Fluidwandlers ist ein Oszillator, den zwei Druckkammern begrenzen, in denen die Piezokeramiken Platz finden.

eine periodische Druckschwankung in den Rückkopplungszweigen des Bypasses, welche die Forscher mittels Piezokeramiken in elektrische Energie umwandeln. Das Prinzip ist schon länger bekannt, neu ist der Einsatz von Piezokeramiken für die Energiewandlung.

Die erreichten Leistungen liegen im Nano- bis Milliwattbereich, was ausreicht, um die Sensoren zu versorgen. Die erforderlichen Oszillationsfrequenzen hängen von den Materialeigenschaften des Fluids ab. Im Falle von Luft liegen sie im Kilohertzbereich, bei Wasser zwischen 50 und 100 Hz. Dies ließe sich bei medizinischen Geräten und Versorgungsleitungen anwenden.

Michael Vogel