

■ Strom gegen Muschel

Ein elektrisch leitender Lack verhindert den Bewuchs von Schiffsrümpfen.

Liegt ein Schiff vor Anker, siedeln sich an seinem Rumpf Algen, Muscheln und Seepocken an. Werden sie nicht regelmäßig entfernt, fördern sie die Korrosion und vergrößern während der Fahrt die Reibung zwischen Rumpf und



Die Projektbeteiligten erproben das Nanokomposit-Lacksystem derzeit an einem Boot der Fischereiaufsicht.

Wasser. In der Folge ist häufiger ein neuer Anstrich fällig, und der Treibstoffverbrauch steigt merklich. Die bisherige Lösung für das Problem besteht in Lacken, welche die anhänglichen Meereslebewesen nicht mögen, weil sie toxisch sind. Da aber immer mehr dieser Lackbestandteile verboten werden, hat die Industrie ein großes Interesse an umweltfreundlichen Alternativen. Ein Konsortium, dem unter anderem die Bioplan GmbH (Ostseebad Nienhagen) und das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM (Halle) angehören, hat nun ein Lacksystem entwickelt, das den Bewuchs durch wechselnde pH-Werte verhindert.

Bei diesem vierschichtigen Lacksystem bauen Grundierung und Deckschicht auf kommerziell verfügbaren Lacken auf, während die beiden mittleren Schichten neu entwickelt wurden. Sie beruhen auf einem Lack auf Sol-Gel-Basis, in dem sich anorganische Nanokomposite befinden, und sorgen dafür, dass die Lackschicht Strom leitet.

Die Projektbeteiligten bringen den Lack streifenförmig auf einen Schiffsrumpf auf und kontaktieren

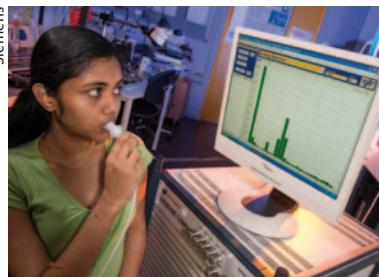
ihn abwechselnd mit Plus und Minus. Bereits bei einer Stromstärke von rund 0,1 Milliampere pro Quadratzentimeter wandern im Wasser H^+ - und OH^- -Ionen zu den jeweiligen Polen, und in Abhängigkeit vom Salzgehalt des Meerwassers stellt sich in einer nur wenige zehn Mikrometer dünnen Schicht um den Rumpf ein bestimmter pH-Wert ein. Die Lackstreifen werden immer wieder umgepolt, sodass sich der pH-Wert lokal ständig ändert. Algen, Muscheln und Seepocken mögen das nicht und suchen sich einen heimeligern Platz.

■ Chinesische Medizin 2.0

Schwere Lungenkrankheiten lassen sich anhand der Atemluft diagnostizieren.

Die Diagnose von Lungenkrankheiten in einem frühen Stadium ist nicht immer einfach. Dabei vermuten Mediziner schon seit längerem, dass der Atem eines Erkrankten Rückschlüsse auf dessen Gesundheitszustand ermöglicht. Denn der Metabolismus des Körpers verändert sich durch die Krankheiten. Damit böte der Atem die Möglichkeit, einen nichtinvasiven Blick in den Körper zu werfen. In der traditionellen chinesischen Medizin geschieht das ohne Messtechnik schon lange. Wissenschaftler bei Siemens versuchen nun, Lungenkrankheiten anhand des Atems messtechnisch zu erkennen.

Im Falle von Tuberkulose oder Lungenkrebs fungieren als Marker-Gase mehrere flüchtige Kohlenwasserstoffe, die etwa acht Kohlenstoffatome enthalten. Derzeit analysieren die Forscher die



Lungenkrankheiten verändern die Zusammensetzung der Moleküle im Atem. Das lässt sich zur Diagnose ausnutzen.

Atemluft von Patienten mithilfe der Massenspektrometrie. So wollen sie überprüfen, inwiefern Alter, Ethnie, Ernährung oder auch Rauchen die Konzentration der Marker-Gase beeinflussen. Bestätigen sich die bislang gewonnenen Resultate, geht es im nächsten Schritt darum, eine miniaturisierte Sensorik für die alltagstaugliche medizinische Diagnostik zu entwickeln. Als Gassensoren dienen dabei halbleitende Metalloxide oder Feldeffekttransistoren, deren Gate aus einem gas-sensitiven Material besteht.

Da die Kohlenwasserstoffe sich stark ähneln, ist ihr sensorischer Nachweis nicht einfach. Die Forscher benötigen mehrere Sensoren, die aus jeweils unterschiedlichen gassensitiven Materialien bestehen. Jeder Sensor erzeugt dadurch ein etwas anderes Signal, wenn er mit dem Konglomerat aus Kohlenwasserstoffen in Kontakt kommt. Aus diesem Muster der Gassensorenreaktionen leiten sich mit statistischen Methoden die Konzentrationen der einzelnen Kohlenwasserstoffe ab.

■ Effizienter Überträger

Silizium-Photonik ermöglicht einen stark verkleinerten Hochgeschwindigkeitsmodulator.

Um in einer Welt mit rasch wachsendem Datenverkehr auch künftig höhere Übertragungskapazitäten bereitzustellen, bedarf es neuer Technologien. Die rein optische Kommunikation gilt als mögliche Lösung. Aus Kostengründen kommt nur eine optische Kommunikation auf Basis der Siliziumtechnologie infrage: Sie ist kompatibel zu etablierten Fertigungsprozessen der Mikroelektronik und verspricht ein hohes Maß an Miniaturisierung und Energieeffizienz. Bis alle optischen Komponenten für eine solche chipbasierte Silizium-Photonik verfügbar sind, bedarf es einiger Anstrengungen in der Forschung. Wissenschaftler der TU Berlin und des IHP-Leibniz-Instituts für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Oder), haben hierfür einen optischen Modulator entwickelt,

1) Y. Choi et al., Phys. Rev. Lett. **109**, 203901 (2012)



Optische Modulatoren aus Silizium (hier auf einem Testchip) sind wichtig für die künftige Datenkommunikation.

der sehr hohe Geschwindigkeiten bei einer sehr geringen Leistungsaufnahme erreicht.

Kommerziell erhältliche optische Modulatoren arbeiten nach dem Prinzip des Mach-Zehnder-Interferometers. Das hat zur Folge, dass die Modulatoren eine relativ große Baulänge von mehreren Zentimetern haben. Außerdem sind sie ein separates Bauteil, da sie nicht in Silizium gefertigt werden.

Das Forscherteam dagegen verwendet einen Resonator aus einem eindimensionalen photonischen Kristall, der wie ein Fabry-Pérot-Interferometer funktioniert. Da sich im Resonator eine stehende Welle ausbilden kann, benötigt dieser Modulator mit rund zehn Mikrometer Länge viel weniger Platz. Die Steuerung des Lichts erfolgt über Dioden, die in die Wellenleiter eindotiert werden. Um die optische Absorption durch die starke Dotierung der Steuerdioden im Kristall zu minimieren, haben die Forscher bei den Knoten der stehenden Welle dotiert. Der intrinsische Bereich des p-n-Übergangs der Diode beträgt zudem nur 200 nm, sodass sich Signale sehr schnell schalten und bis zu 25 Milliarden Symbole pro Sekunde übertragen lassen. Im nächsten Schritt wollen die Forscher Wellenleiter, Modulator und Stabilisierung integrieren.

■ Magersüchtiges Endoskop

Erstmals dient eine einzelne Multimodefaser als Endoskop.

Die Endoskopie ist in der Medizin eine seit Jahrzehnten etablierte Technologie. Bislang erreichen

Endoskope eine hohe Auflösung, wenn sie aus vielen Einzelfasern bestehen – jede Faser liefert die Bildinformation für ein Pixel. Bis zu 100 000 Einzelfasern lassen sich inzwischen in ein Bündel mit nur 1,5 mm Durchmesser packen. Und doch gibt es Hohlräume in den Organen von Lebewesen, für die das noch immer zu dick ist. Wissenschaftlern der Korea University in Seoul ist es nun zusammen mit Kollegen der University of Pennsylvania in Philadelphia und des Massachusetts Institute of Technology gelungen, eine hochauflösende Abbildung mit einer Einzelfaser zu erreichen.¹⁾ Es ist das erste Mal, dass eine einzige Multimodefaser als Endoskop eingesetzt wurde.

Prinzipiell lassen sich Endoskope viel dünner auslegen, wenn man die Bildinformation in die einzelnen Moden einer Multimodefaser packt. Allerdings unterliegt das Licht auf seinem Weg durch eine solche Faser einer Modendispersion, sodass die Moden verzerrt und auf nicht vorhersagbare Weise vermischt werden. Dieses Problem umgehen die Forscher auf geschickte Weise: Sie senden einen Laserstrahl unter 15 000 verschiedenen Einfallswinkeln durch den Kern einer Multimodefaser und messen die resultierende Amplituden- und Phasenverteilung am anderen Ende der Faser mit einer schnellen Kamera. Das dauert 30 Sekunden und ermöglicht ihnen, die Transmissionsmatrix der Faser im Nachhinein zu rekonstruieren.

Für eine endoskopische Abbildung müssen sie die ermittelte Transmissionsmatrix einfach ein zweites Mal anwenden, nämlich auf das vom untersuchten Objekt zurückgeworfene Licht. So erhalten sie ein Bild mit einer Auflösung von 1,8 μm . Leichte Verformungen der Faser verändern die Transmissionsmatrix noch nicht. Das reicht für eine medizinische Anwendung natürlich nicht aus. Die Forscher haben das Prinzip aber an der Abbildung der Darmzotte einer Ratte erfolgreich demonstriert.

Michael Vogel