

■ Erst messen, dann zersetzen

Haben spezielle Dünnschichtsensoren ihren Zweck erfüllt, sind sie vollständig biologisch abbaubar.

Materialien, die sich aufgrund von biologischen oder chemischen Prozessen zersetzen, spielen heute in verschiedenen Bereichen eine wichtige Rolle. Beispiele sind die gezielte Freisetzung medizinischer Wirk-

zerknittert, gefaltet oder um bis zu zehn Prozent gedehnt wird. Die Temperaturauflösung beträgt 200 mK. Derzeit funktioniert der Sensor einen Tag in einer einprozentigen Salzlösung, nach 67 Tagen hat er sich vollständig aufgelöst. Die Zeitspannen lassen sich durch die Dicke der Verkapselung verändern.

Neben einem Einzelsensor haben die Forscher ein Array aus neun Sensoren gefertigt. Eine vollständig abbaubare Sensorik scheitert derzeit noch an Energieversorgung und Steuerelektronik.

■ Dezentrale Energieerzeugung

Der Venturi-Effekt und eine Silikonmembran ermöglichen Mini-Wasserkraftwerke.

Während alle Standorte für große Wasserkraftwerke in Deutschland erschlossen sind, gibt es unzählige kleine Flüsse mit geringen Fließgeschwindigkeiten. Konventionelle Kleinstwasserkraftwerke sind in solchen Gewässern umstritten, weil sie recht stark ins Ökosystem eingreifen. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Würzburg greifen daher auf den Venturi-Effekt zurück, um mittels dünnen Silikonfolien Energie zu erzeugen.

Dazu bringen sie Rohre, die sich an einer Stelle verengen, knapp



Dieses Minikraftwerk ist schwimmfähig. Künftig soll nur das Venturi-Rohr im Wasser sein, Membranen und Elektronik kommen dann in einem Schaltschrank am Ufer unter.

unter die Wasseroberfläche und nutzen aus, dass sich in einem Steigrohr, das mit der engsten Stelle verbunden ist, ein Unterdruck aufbaut. Den luftseitigen Abschluss dieses Steigrohrs bildet eine hochelastische Silikonmembran. Sie dient als Dielektrikum in einem Kondensator, auf das beidseitig Elektrodenschichten laminiert sind. Der Kondensator ist beidseitig mit einer isolierenden Schutzschicht versehen. Entsteht im Steigrohr durch den Venturi-Effekt ein Unterdruck, wölbt sich die Silikonfolie stark nach innen – sie ist um 100 % dehnbar. Nun wird die Folie elektrisch aufgeladen und anschließend durch ein selbststeuerndes Ventil mechanisch entspannt. Der Zyklus wiederholt sich jede Sekunde. Die Differenz der elektrischen Energie des Kondensators im angespannten und entspannten Zustand lässt sich über eine Schaltung abgreifen.

Bei einer angelegten Spannung von 4000 V erzeugt jeder Zyklus eine Energiemenge von 100 mJ pro Folie. Das ist nicht viel. Daher wollen die Forscher zehn Folien in einem Sandwich anordnen und mehrere Module kombinieren. Insgesamt 1000 Folien sollen so kontinuierlich einige 100 Watt elektrische Leistung erzeugen.

Eine Anwendung könnte in Entwicklungsländern die Grundversorgung mit elektrischer Energie für Häuser nah am Wasser sein. Auch wassernahe Ladepunkte für E-Bikes, Stromquellen auf naturnahen Campingplätzen oder ein Einsatz als Batteriepuffer oder in Chemie- und Kläranlagen wären denkbar. Zunächst erfolgt nun ein Freilandtest in zwei Flüssen.

■ Gesicherte Qualität

Laserscanner erlauben es, Verunreinigungen auf komplexen Oberflächen ortsaufgelöst zu erfassen.

Vor der Weiterverarbeitung von Bauteilen, etwa durch Kleben oder Schweißen, müssen die Kontaktflächen frei von organischen Verunreinigungen wie Ölen, Reinigungs-substanzen oder Fasern



Dieser Temperatursensor der ETH Zürich ist vollständig biologisch abbaubar.

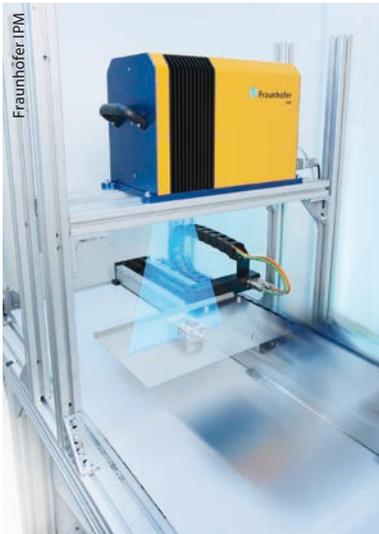
stoffe, das Züchten von Gewebe, die Verpackung von Lebensmitteln oder das Auflösen von Implantaten. Abbaubare Elektronik ist dagegen noch ein recht junges Forschungsfeld. Wissenschaftler der ETH Zürich haben nun entsprechende Temperatursensoren entwickelt.¹⁾

Die Labormuster dieser Sensoren erfassen die Temperatur über eine Widerstandsmessung. Der Sensor besteht aus drei maßgeblichen Komponenten: dem Widerstandselement mit seiner serpentinartigen Form, Verbindungen, denen eine mechanische Dehnung nichts anhaben kann, sowie Streifen, um den Sensor zu kontaktieren. Diese drei Komponenten bilden die aktive Schicht des Sensors und bestehen aus Magnesium. Oben und unten schließen sich dünne Schichten aus Siliziumnitrid bzw. -dioxid an. Das komplette Sandwich haben die Forscher mit einem kommerziell erhältlichen Polymer verkapselt. Magnesium ist ein Bestandteil unserer Nahrung, die beiden Siliziumverbindungen sind biokompatibel und wasserlöslich. Das Polymer erfüllt die EU- und US-Richtlinien für einen Einsatz im Lebensmittelbereich.

Der Sensor ist mit einer Dichte von 0,6 mg/cm² leicht und spricht innerhalb von 10 ms an. Sein Widerstand schwankt um weniger als 0,7 Prozent, wenn der Sensor

1) G. Salvatore et al., Adv. Funct. Mater., doi:10.1002/adfm.201702390

2) T. Siegle et al., APL Photonics, doi:10.1063/1.4985766



Labora Aufbau des Fluoreszenzscanners, mit dem sich Verunreinigungen auf Bauteilen orts aufgelöst erfassen lassen.

sein. Bisher ist es technisch nicht möglich, sämtliche Bauteile einer Fertigungslinie auf solche Restverschmutzungen zu überprüfen. Stichproben können jedoch nicht innerhalb einer Fertigungslinie erfolgen; zudem lässt sich aufgrund der punktförmigen Messung die genaue Position der Verunreinigung auf dem Bauteil nicht ermitteln. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg haben nun ein System ohne diese Nachteile entwickelt.

Ihr System regt die organischen Verunreinigungen auf den Bauteilen mit einem UV-Laser zum Fluoreszieren an. Ein Detektor erfasst dann das schwache Fluoreszenzlicht; das metallische Bauteil selbst fluoresziert nicht. Der Laserstrahl rastert dabei die Oberfläche des Bauteils 200 Mal pro Sekunde linienförmig ab. Das System hat eine optische Auflösung von 250 μm und kann 3D-Formen mit hoher Tiefenschärfe abtasten. Zudem erfasst der Scanner deutlich geringere Lichtintensitäten als eine Kamera und handelt sich so keinen Nachteil bei der Tiefenschärfe aufgrund einer großen Apertur ein. Der Abstand zwischen System und Bauteil kann bis zu einem Meter betragen, die maximal erfassbare Fläche einen Quadratmeter. Die genaue Auslegung hängt von den Anforderungen der Prüfaufgabe ab. Die IPM-Forscher nennen als orts-

aufgelöste Nachweisgrenze für ein zertifiziertes Schmieröl 10 mg/m^2 . Das System ist nun als kundenspezifische Lösung erhältlich.

■ Flexibles Tuning

Durch verformbare optische Mikroresonatoren werden Laser über einen recht großen Frequenzbereich durchstimmbare.

Optische Mikrokavitäten haben in den letzten Jahren viele Fortschritte ermöglicht, unter anderem in Anwendungen wie optischen Sensoren, Lasern mit niedriger Schwelle oder als Filter und Modulatoren in der optischen Kommunikation. Allen technischen Umsetzungen solcher Mikrokavitäten ist eines gemeinsam: Die Geometrie des Resonators und der Brechungsindex der Kavität bestimmen die Resonanzfrequenz. Bislang lassen sich diese Parameter nicht oder kaum verändern, sodass oft nur Laser mit nahezu fester Wellenlänge möglich sind. Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben nun das Labormuster eines Mikroresonators vorgestellt, der es erlaubt, einen Laser über einen relativ breiten Wellenlängenbereich durchzustimmen.²⁾

Der Mikroresonator ist das optische Pendant zu einer Flüstergalerie und besteht aus einer geteilten, farbstoffdotierten Polymerscheibe. Zwischen den beiden Hälften der Scheibe befindet sich ein Luftspalt. Die KIT-Forscher haben den Resonator auf einem Substrat des Polymers PDMS platziert. Verformen sie dieses elastische Substrat, so ändert sich die Breite des Luftspalts und damit auch die Wellenlänge des erzeugten Laserlichts: je kleiner der Spalt, desto kurzwelliger das Licht. Die Durchstimmung der Wellenlänge ist vollständig reversibel. Sie erstreckt sich über mehr als das Dreifache des freien Spektralbereichs, also das Dreifache des Abstands zwischen den unterstützten Moden.

Michael Vogel