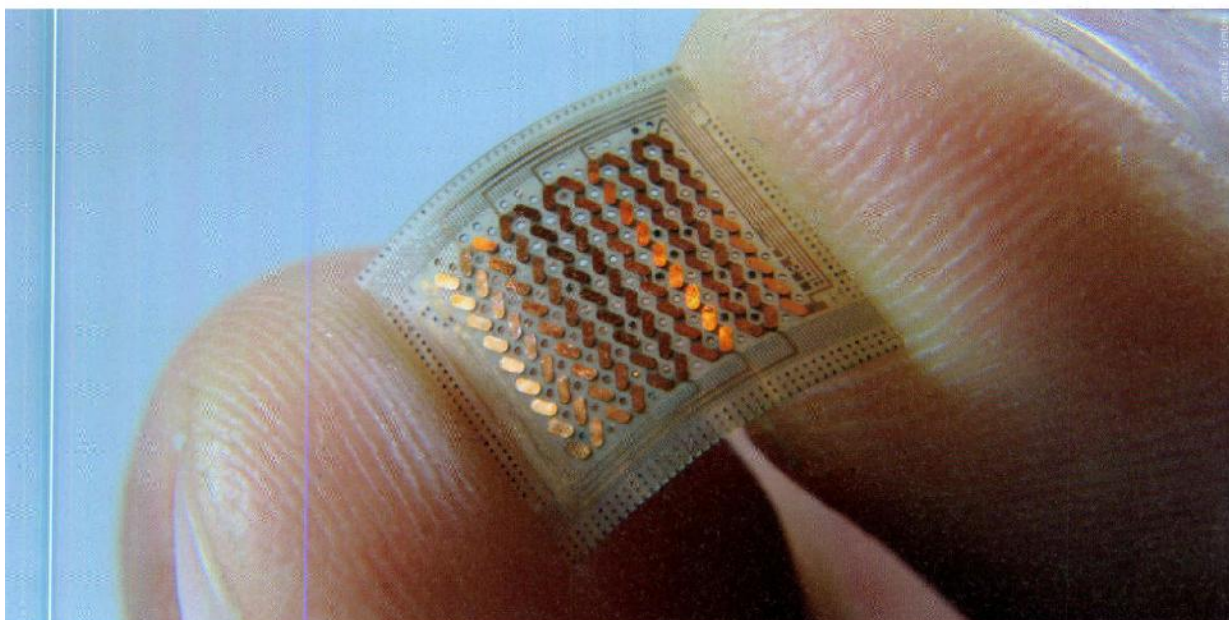


DOSSIER

Mikrotechnologie / Microtechnologie

Mikrometergrosse Strukturen geben neuen Materialien ihren Charakter. Damit werden neue Anwendungen möglich, die Produktion muss aber auch mit neuen Instrumenten arbeiten.

Les structures micrométriques définissent les particularités des nouveaux matériaux. Grâce à ces derniers, de nouvelles applications seront possibles, mais la production doit également travailler avec de nouveaux instruments.



Aufbau des thermischen Generators: Sichtbar sind das thermoelektrische Material sowie die vorstrukturierten Löcher in der SU8-Polymerfolie.

Strom aus Abwärme

Der ETH-Forscher Wulf Glatz entwickelte einen thermoelektrischen Generator, der Wärme in Strom umwandelt, indem er Temperaturunterschiede zwischen Wärmequelle und Umgebungstemperatur nutzt. Das kostengünstige Device arbeitet emissionsfrei und auch bei niedrigen Temperaturen.

Energieverluste können wir uns heute nicht mehr leisten – denken wir. Doch bereits ein Blick in unsere Autos zeigt: Zwei Drittel des Treibstoffs wandern ungebraucht als Wärme ab, wovon ein Grossteil direkt über die Abgase in die Umwelt verpufft.

Dort ansetzen, wo's weh tut

Seit Jahren arbeiten Forscher an der Entwicklung von Systemen, um diese Abwärme zurückzugewinnen und den Energieverluste zu reduzieren. Aussichtsreiche Kandidaten dafür sind thermoelektrische Generatoren (TEGs). Sie nutzen ein Temperaturgefälle



und wandeln Wärme in elektrische Energie. Je grösser der Temperaturunterschied, umso ergiebiger die Stromproduktion. Selbst bei minimalen Temperaturdifferenzen produzieren TEGs Strom. Marktgängige Produkte weisen jedoch Nachteile auf: Sie sind relativ teuer, mechanisch nicht flexibel und zudem dick. Dies liegt an den heutigen semimanuellen Herstellungsverfahren, die material- und energieintensiv sind. Das könnte sich nun ändern. Mit dem Ziel, Energieumwandlungsprozesse effizienter zu machen, entwickelte Maschinenbauer Wulf Glatz von der ETH Zürich mit Kollegen einen TEG, der auf einem kostengünstigen Mikrofabrikationsprozess basiert. Die Grundlage dazu liefert das flexible und biegsame SU8-Polymer, das mit Mikrolöchern vorstrukturiert wird. Die Forscher scheiden das thermoelektrische Material – dotierte Bismuth-Telluride – direkt elektrochemisch in die Mikrolöcher der Polymerfolie ab. Damit vermeiden sie Materialverluste, energieaufwendige Materialabscheidungsverfahren und manuelle Produktionsschritte, wie sie bei herkömmlichen Anbietern üblich sind. Der Trick von Wulf Glatz liegt in der vorstrukturierten Polymerfolie, die das Design vorgibt. Darunter verbirgt sich die leitende Schicht. Dieses Paket taucht man in den Elektrolyten, bevor das Potenzial angeschlossen wird. «Die Materialabscheidung findet dann nur dort statt, wo dies nötig ist», erklärt Glatz.

Der Trick mit den Löchern

Im Gegensatz zu herkömmlichen TEGs kommt die integrierte, automatische Fertigung um Faktoren günstiger zu stehen. Der resultierende TEG

ist bloss 0,5 mm dick; vergleichbare Typen weisen 2 bis 5 mm auf. Dieser mikrothermische Generator weist die thermoelektrik-spezifischen Vorteile auf: Er hat keine beweglichen Teile, womit aufwendige Wartung entfällt. Zudem verfügt er über eine lange Lebensdauer, wie thermoelektrische Generatoren in der Raumfahrt belegen. Das greenTEG-Produkt ist dünn und flexibel, eignet sich damit ideal für gebogene Objekte wie Röhren. So soll künftig Strom aus Abwärme von Automotoren und Heizungssystemen produziert werden. «Bei einem Heizkessel liegt die Verbrennungstemperatur bei 300 bis 400 °C, jedoch reichen für Warmwasser 60 °C», so Glatz. «Solche Temperaturdifferenzen lassen sich hervorragend nutzen, um den elektrischen Bedarf im Haushalt teilweise mit einem TEG zu decken.» Zum Beispiel auch mit einer Sonnenkollektoranlage, ist Glatz überzeugt: «Im Brennpunkt entstehen bis 300 °C Wärme. Wird diese nicht benötigt, kann die restliche Energie in elektrischen Strom gewandelt werden.» Neue TEGs brauchen keinen Input von Primärenergie wie Kohle oder Gas und sind nicht auf spezielle Temperaturniveaus angewiesen, um Elektrizität zu generieren. Der thermoelektrische Umwandlungsprozess ist reversibel, als Generator wandelt der TEG Hitze direkt in Elektrizität um. Schliesst man ihn an eine Stromquelle an, funktioniert er als Kühlvorrichtung. Dieser so genannte thermoelectric cooler (TEC) arbeitet wie eine Wärmepumpe. Er kühlt die eine Seite und pumpt die Wärme auf die andere. Dabei entstehen keinerlei Emissionen in

Form von Lärm oder Vibrationen. Da der TEC auf einem Festkörper-Effekt basiert, benötigt er keine Kühlmittel. «Thermoelektrisches Kühlen ist besonders wirksam in kleinen Kühlanwendungen», weiss der ETH-Forscher. «Rapides Kühlen und Heizen ist ein weiterer Vorteil dieser Technologie.» Das ausgeklügelte Produktionsverfahren erzielt eine hohe Material- und Energie-Effizienz und senkt damit die Fertigungskosten. Mit dem Verfahren lassen sich auch grossflächige Generatoren produzieren. Die Ausgangsleistung des Generators von greenTEG ist – bedingt durch das optimierte Design – sehr hoch. Das spezifische Gewicht sowie das Volumen sind gering und die Komponenten überzeugen durch ihre mechanische Flexibilität.

Mut zum Schritt in den Markt

Auf Anhieb gelang dem ETH-Forscher der grosse Wurf nicht. «Zuerst mussten wir die Machbarkeit beweisen, wozu wir zuerst Kupfer und Nickel einsetzten», erinnert sich Glatz, der in der F&E bei Volkswagen und Bosch Industrienerfahrung sammelte. «Oft zweifelte ich daran, ob ich es schaffen würde.» Unterstützt wurde er in dieser schwierigen Zeit durch seine Kollegen Lukas Durrer und Etienne Schwyter. Aber auch Organisationen gewährten Schützenhilfe. Der Venture Kick ermöglichte finanzielle Unterstützung und die Gebert RUF Stiftung finanzierte einen PostDoc an der ETH. CTI Start-up stellte Glatz einen erfahrenen Coach zur Seite. «Der Durchbruch kam dann mit dem neuen Material, der Bismuth-Technologie.» Im Sommer 2009 wurde die Firma greenTEG GmbH als Spin-off der ETH

gegründet. Etienne Schwyter, der Elektrotechnik studierte und heute in der Gruppe für Mikro- und Nanosysteme der ETH tätig ist, kümmert sich um Prozessentwicklung und Prototyping. Lukas Durrer, der an der Universität Bern ein Chemiestudium absolviert hat, beschäftigt sich in der greenTEG mit der Materialoptimierung. Peter Stein brachte Erfahrungen im Aufbau von Start-ups mit, ergänzte das Team mit Business-Kompetenzen und übernahm die Bereiche Verkauf und Finanzierung. Hilfe bot stets auch Christofer Hierold, seit 2002 Professor für Mikro- und Nanosysteme an der ETH Zürich. Er hatte den Geistesblitz zum heutigen TEG-Konzept, als er in der Infineon Technologies AG an CMOX-kompatiblen Mikrosystemen arbeitete, und schlug das Thema seinem Schützling vor. «Ich war begeistert und witterte gleich ein Anwendungspotenzial», erinnert sich Glatz. Hierold half den Forschern auch, ihre Firma an der ETH anzusiedeln und während zwei Jahren deren Infrastruktur zu günstigen Konditionen zu geniessen. «Damit haben wir Zugriff auf Analysegeräte, für die uns wohl sogar Grossfirmen beneiden», schmunzelt Glatz.

Aussichtsreiches Gebiet

Mit der Gründung des eigenen Unternehmens hat sich Glatz das Ziel gesetzt, flexible und kostengünstige thermoelektrische Konverter für viele Anwendungen möglich zu machen. An Aussichten mangelt es nicht. Anfragen von potenziellen Kunden aus unterschiedlichen Branchen zeigen dies. Zum einen geht es um die Wiedergewinnung von Abwärme. Hier sollen TEGs die Energieeffizienz erhöhen, indem

sie zusätzliche Energie in Form elektrischer Leistung gewinnen, die sonst ungenutzt verpufft. Zum andern können green-TEG-Produkte in Kühl- und Heizprozessen verschiedenster Anwendungen der Biotech- und weiteren Industrien eingesetzt werden. Autonome Systeme können von TEGs als interne Energiequelle profitieren, indem diese die bestehende Temperaturdifferenzen nutzen und beispielsweise autonome Sensorknoten mit elektrischer Energie versorgen. 

Elsbeth Heinzelmänn, Journalistin
Technik und Wissenschaft



REM-Aufnahme des Generators: Sichtbar sind die einzelnen Thermoelemente aus Bismuth-Telluriden, die nur etwa zwei Zehntel Millimeter hoch sind.

zudem

Swisslectric Research Award

Im September 2009 erhielt Wulf Glatz den mit 25 000 Fr. dotierten Swisslectric Research Award. Damit zeichnet die Organisation jedes Jahr eine Forscherpersönlichkeit aus, die mit ihrer Arbeit in der Elektrizitätsforschung Herausragendes geleistet hat. Swisslectric Research unterstützt im Auftrag der schweizerischen Stromverbundunternehmen Alpig, BKW, CKW, EGL und Axpo die angewandte F&E auf allen Gebieten der Elektrizität. Gegenwärtig fördert sie rund 25 Forschungsprojekte mit total über 15 Mio. Fr.

www.swisslectric-research.ch, www.greenteg.ch