

Solarzelle zum Abziehen: Ein Mitarbeiter des ISH presst eine mit Klebstoff beschichtete Glasplatte auf die extrem dünne kristalline Siliziumschicht und löst diese von dem Wafer.

Schlankheitskur für Solarzellen

Mit einer raffinierten Methode lassen sich aus dünnen Siliziumschichten Solarzellen herstellen

IM GRUNDE geht es ums Sparen – das Einsparen von teurem kristallinem Silizium in Solarzellen. Der ehemalige Max-Planck-Wissenschaftler Rolf Brendel, der jetzt das Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISH) leitet, hat zu diesem Zweck den Porous-Silicon-Process (PSI-Prozess) entwickelt: Mit ihm lassen sich äußerst dünne und also materialsparende monokristalline Silizium-Solarzellen herstellen.

Die Wissenschaftler bearbeiten einen Wafer aus porösem Silizium so, dass sie darauf eine dünne Schicht Silizium auftragen können. Gewöhnlich sind Wafersolarzellen 250 bis 300 Mikrometer dick, weil sie meist von Siliziumstäben abgesägt werden. Im PSI-Prozess hergestellte Zellen sind dagegen nur 20 bis 30 Mikrometer dick und erreichen dabei eine Effizienz von über 14 Prozent. „Der Wirkungsgrad rangiert damit unter den Spitzenwerten für Dünnschicht-Solarzellen“, sagt die Ingenieurin Renate Horbelt, die unter Brendels Leitung am ISH arbeitet.

Die dünne monokristalline Siliziumschicht wird an einer Art Sollbruchstelle von dem porösen Wafer gelöst. Dieser wird gereinigt, bekommt eine neue Oberflächenstruktur – und dient wieder als Wachstumsgrundlage für Solarzellen. Neunmal lässt sich ein Wafer so verwenden.

„Wir konzentrieren uns jetzt darauf, das Verfahren auch auf großen Flächen zuverlässig zum Laufen zu bringen“, sagt Horbelt. Das Verfahren wurde auch bereits in der Praxis erprobt: beispielsweise bei der Herstellung von Mini-modulen für solarbetriebene Armbanduhren. Geeignet ist die Technik aber auch für die Produktion preiswerter Photovoltaik-Module.

Tina Heidborn | MI 1201-2288-GBC

Grenzkontrolle im Zellverkehr

Neuartige Membrane erhöhen den Wirkungsgrad von Brennstoffzellen

SIE LEITEN BESSER, sind stabiler und weniger wasserdurchlässig: sulfonierte Polyphenylensulfone könnten Brennstoffzellen gehörig voranbringen – als neues Membranmaterial.

Die Membran soll die Brennstoffe wie etwa Wasserstoff und Luft trennen, die an den beiden Polen der Zelle umgesetzt werden – wobei unterm Strich nur Wasser entsteht. Zugleich muss sie aber für Protonen, und möglichst nur für Protonen, gut durchlässig sein. Wenn die Brennstoffzelle Strom erzeugt, entstehen auf der einen Seite der Membran nämlich Protonen, also positiv geladene Wasserstoffatome, während sie auf der anderen Seite konsumiert werden. Könnten Protonen die Membran nicht passieren, kämen die Reaktionen in den beiden Halbzellen gleich zum Erliegen. Statt jedoch nur für Protonen offen zu stehen, lassen herkömmliche Membranmaterialien an der Grenze der Halbzellen auch viel Wasser durch.

„Unser Material hat extrem günstige Eigenschaften, was die Protonenleitfähigkeit, den Wassertransport und die Stabilität betrifft“, sagt Klaus-Dieter Kreuzer, der am Stuttgarter Max-Planck-Institut für Festkörperforschung unter anderem neue Membranmaterialien erforscht. Mit Membranen aus diesem Material ließe sich auch die Effizienz der Zellen steigern.

Brennstoffzellen wandeln Energie zwar heute schon mit einem Wirkungsgrad von 50 Prozent um. Obwohl sie also vergleichsweise effizient sind, geht in ihnen noch viel Energie als Wärme verloren. Und weil die derzeit gebräuchlichen Membranen Hitze nicht vertragen, muss eine Brennstoffzelle gekühlt

links | Waschgang vor der Messung: Vladimir Atanasov bereitet eine Membran für einen Leitfähigkeitstest vor, indem er sie mit Säure behandelt, wäscht, trocknet und dann genau dosiert befeuchtet.

rechts | Um zu bestimmen, wie gut Protonen durch die sulfonierten Polyphenylensulfone diffundieren, führt Carla Cavalca de Araujo sie in den supraleitenden Magneten eines NMR-Gerätes.



Fotos: MPI für Festkörperforschung (unten), ISFH (oben)

werden. Mit hitzebeständigeren Membranen wäre weniger Aufwand für die Kühlung nötig.

Höhere Arbeitstemperaturen wären zudem vorteilhaft für die Aktivität der Edelmetallkatalysatoren, die die Reaktionen an beiden Polen der Brennstoffzelle fördern. Gleichzeitig nähme die Gefahr einer Kohlenmonoxidvergiftung der Katalysatoren ab: Gewöhnlich wird der Wasserstoff aus Erdgas erzeugt und enthält geringe Spuren Kohlenmonoxid. Da sich das Gas bei höheren Temperaturen schlechter an den Katalysator anlagert, wird die Zelle in der Hitze toleranter gegenüber dem Gift – das Wasserstoffgas müsste nicht mehr so gründlich gereinigt werden.

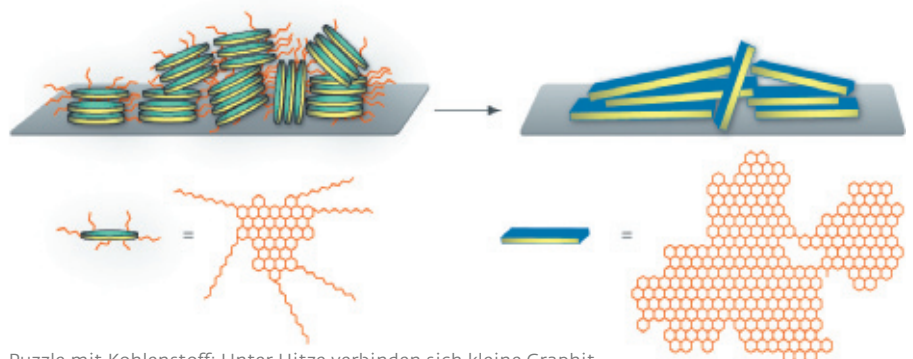
Doch das heute übliche Membranmaterial lässt bei Niedertemperatur-Wasserstoffzellen nur Betriebstemperaturen unter 90 Grad zu. „Eine um 20, 30 Grad erhöhte Betriebstemperatur würde die Brennstoffzelle ein großes Stück näher an die Wirtschaftlichkeit bringen“, so Kreuzer.

Das Material gibt es also, seine Herstellung optimieren die Wissenschaftler noch – gemeinsam mit der Firma Fumatech. Da sulfonierte Polysulfone sehr spröde sind, müssen sie als Bestandteil von Verbundwerkstoffen verarbeitet werden. In drei bis vier Jahren, so hoffen Kreuzer und seine Kollegen, könnten sie ein brauchbares Verfahren gefunden haben. Dann könnte der neue Protonenleiter nicht nur im Inneren von Brennstoffzellen genutzt werden, sondern auch in Batterien, Meerwasserentsalzungsanlagen, anti-statischen Bildschirmbeschichtungen oder für die Dialyse.

Tina Heidborn | MI 1201-3419-GBC

Ein Fenster für die Sonnenenergie

Durchsichtige Elektroden aus Graphen könnten Solarzellen preiswerter und effizienter machen



Puzzle mit Kohlenstoff: Unter Hitze verbinden sich kleine Graphitplättchen, die Kohlenwasserstoffketten als Anhängsel tragen (links), zu größeren Graphenlagen (rechts).

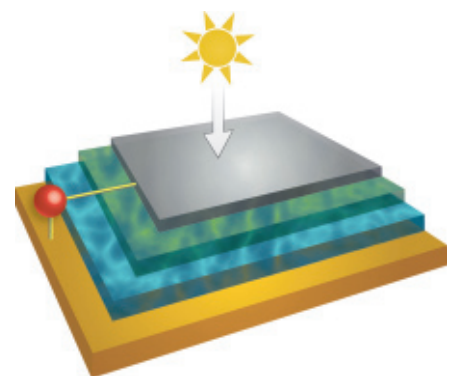
IM PRINZIP reicht es, mit einem Graphitstift auf Papier zu kritzeln. Das bringt schon stapelweise Graphen aufs Papier, einzelne Schichten von Kohlenstoffatomen, die in einer wabenartigen Gitterstruktur angeordnet sind. Graphen leitet Elektrizität und damit Wärme erstaunlich gut und gilt deshalb als vielversprechendes Material für immer kleiner werdende Elektronikkomponenten.

Kein Wunder, dass Wissenschaftler weltweit an Methoden zur Graphenherstellung arbeiten. Kritzeln mit Graphitstiften können sie nicht gut genug kontrollieren, und die entstehenden Graphenschichten sind zu dick. Wissenschaftler um Klaus Müllen, Direktor am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz, haben daher unter anderem ein Pyrolyse-Verfahren patentiert. Hierbei erwärmen sie auf einem Glasträger Vorläufermoleküle, die bereits kleine Graphenscheiben enthalten, zusätzlich aber noch Arme aus Kohlenwasserstoffketten tragen. In der Hitze entsteht so ein durchsichtiger Graphenfilm, der weniger als zehn Nanometer dick ist.

Filme aus Graphen könnten eine preiswerte Alternative zu Indiumzinnoxid bieten, das als durchsichtige Elektrode auf Solarzellen dient. Indium-

zinnoxid ist zwar sehr leitfähig und transparent, wird aber immer teurer, da der Rohstoff Indium begrenzt ist. Und Fensterelektroden aus Graphen könnten Solarzellen auch effizienter machen. Anders als Indiumzinnoxid ist Graphen auch für einen bestimmten Anteil des infraroten Sonnenlichts durchlässig, das etwa die Hälfte der Sonneneinstrahlung auf der Erde ausmacht. Ihre Vorteile haben die Graphenelektroden auch bereits in ersten Solarzellen bewiesen, die die Mainzer Forscher zu Testzwecken gebaut haben.

Tina Heidborn | MI 0903-3685-ZLC



Solarzelle als Schichtbetrieb: Die photovoltaisch aktiven Stoffe, wie etwa Farbstoffe und Titandioxid, liegen zwischen zwei Elektroden – die obere muss durchsichtig sein.





„Wir machen Biokohle wirtschaftlich“

Volker Zwing führt die Geschäfte von CS Carbonsolutions, einem Unternehmen, das vor eineinhalb Jahren gegründet wurde. Es besitzt das exklusive Nutzungsrecht am Patentportfolio eines Verfahrens zur Umwandlung von Biomasse, das am **Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung** in Potsdam entwickelt wurde. Wie weit die praktische Umsetzung inzwischen gediehen ist – darüber sprachen wir mit Zwing.

Sie nutzen einen Prozess, den der Max-Planck-Wissenschaftler Markus Antonietti vor drei Jahren entwickelt und damit viel Aufsehen erregt hat: die hydrothermale Carbonisierung. Worum handelt es sich dabei?

Zwing: In dem Verfahren wird Biomasse unter Druck und bei erhöhter Temperatur in Kohle und kohleartige Produkte umgewandelt. Im Gegensatz zu anderen Biomasseverfahren, wo sehr oft trockene Biomasse gefordert wird, können wir, ja wollen wir nasse Biomasse einsetzen, weil der Prozess ohnehin in Wasser stattfindet. Somit können wir Biomassen verwenden, die heute nicht sinnvoll genutzt werden können und teilweise sogar ein Entsorgungsproblem darstellen.

Worin liegen die größten Schwierigkeiten bei der industriellen Umsetzung?

Zwing: Das Kernproblem ist die Energetik: Der Prozess selbst ist exotherm, das heißt, bei der Reaktion wird Energie frei. Und diese frei werdende Energie müssen Sie sinnvoll steuern, um sie für die Aufrechterhaltung des Prozesses wieder zu nutzen. Sonst wird es wirtschaftlich uninteressant. Mit dem klassischen Dampfkochtopf-Prinzip, bei dem Sie bei jeder neuen Befüllung wieder von außen Energie zuführen müssen,

um den Prozess in Gang zu bringen, können Sie nachweisen, dass die hydrothermale Carbonisierung generell funktioniert. Aber energetisch ist das natürlich nicht sinnvoll.

Wie lösen Sie das Problem?

Zwing: Sie können es in meinen Augen nur lösen, indem Sie einen durchgängigen, also kontinuierlichen Prozess fahren. Über dieses Prinzip machen wir die Produktion von Biokohle wirtschaftlich.

In welche Endprodukte wandeln Sie die Biomasse um?

Zwing: Das Spektrum ist sehr breit: Biokohle in den verschiedensten Formen bis hin zu kohlenstoffbasierten industriellen Zuschlagsstoffen, wie sie zum Beispiel in der Reifenherstellung verwendet werden. Die Biokohle könnte man im einfachsten Fall verbrennen, aber dafür ist sie eigentlich zu schade. Wir zielen eher auf die stoffliche Verwertung: Alternativen zu Kohleprodukten, die heute aus fossiler Kohle hergestellt werden, zum Beispiel Filterkohle oder metallurgische Kohle. Eine weitere Möglichkeit, die zurzeit intensiv erforscht wird, ist die Nutzung der Biokohle als Bodenverbesserer. Damit ist die Möglichkeit

verbunden, langfristig Kohlendioxid zu binden. Welche Produkte den Prozess verlassen, hängt aber auch von der Prozessführung und von der Biomasse ab, die Sie dem Prozess zuführen.

Sie bauen derzeit eine Pilotanlage. Wann wird die startklar sein?

Zwing: Die Pilotanlage soll noch in diesem Jahr anlaufen. Wenn sie so funktioniert, wie wir uns das vorstellen, sollen im nächsten Jahr erste Vorserienanlagen in Betrieb gehen. Wir haben schon sehr intensive Gespräche mit Partnern geführt, zum Beispiel mit Kommunen, die Alternativen für die Entsorgung ihrer Bioabfälle, ihres Grünschnitts oder ihres Klärschlammes suchen. Wir haben auch mit landwirtschaftlichen Betrieben, bei denen sehr viel Viehhaltung anfällt, Gespräche geführt. Aber auch im industriellen Bereich gibt es Interessenten. Die Idee ist, dass unsere Firma nicht nur die Maschinen liefert, sondern diese insbesondere in den ersten Jahren gemeinsam mit den Partnern betreibt, um die Qualität des Verfahrens zu garantieren.

Das Interview führte Tina Heidborn.