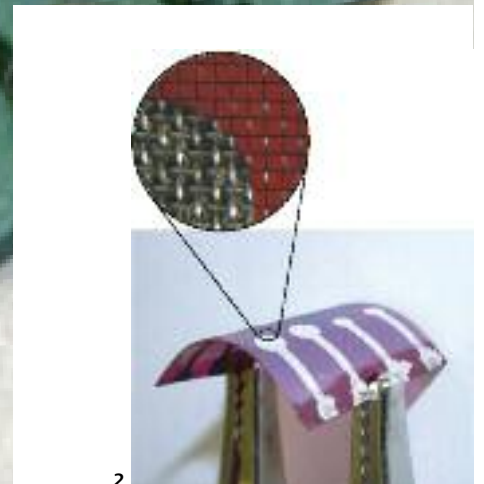


Auf dem Weg zur transparenten Solarzelle



1



2

Solarzellen aus organischen Verbindungen können preiswerter als konventionelle Silizium-Solarzellen sein. Bis zur Marktreife ist es allerdings noch ein weiter Weg; zunächst ist Grundlagenforschung gefragt. Etwa um Solarzellen leistungsfähiger zu machen, wie dies Empa-Forscher derzeit versuchen.

TEXT: Beatrice Huber / FOTOS: Empa

1

Empa-Solarzellen aus fotografischen Farbstoffen.

2

Flexibles und transparentes Gewebe könnte das teure ITO als gängige Elektrode in Solarzellen ersetzen. Das Gewebe kann günstig und in grossen Mengen produziert werden. Das Bild zeigt ein mit Polymer beschichtetes Gewebesubstrat (total vier Laborzellen); im Detail das feine Gewebe sowie die obere Gegenelektrode aus Aluminium.

3

Schema einer idealisierten organischen Solarzelle: Die beiden aktiven organischen Materialien sind ineinander «verzahnt», um eine möglichst grosse Grenzfläche zu bilden, was eine effiziente Ladungserzeugung begünstigt.

4

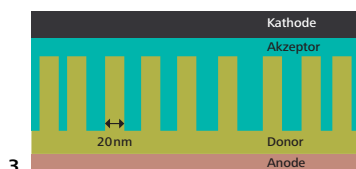
Elektronenmikroskopische Aufnahmen: winzige Zacken und Canyons vergrössern die Grenzfläche um ein Vielfaches.

5

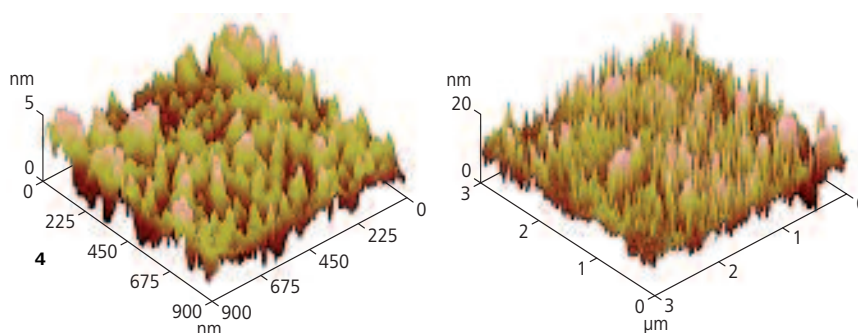
Farbstoffe aus der Fotografie weisen eine starke Lichtabsorption auf, was sie für die Photovoltaik interessant macht. Werden diese Farbstoffe chemisch aneinander gekoppelt (die Moleküle von links nach rechts), so verschiebt sich die Absorption in den Infrarotbereich (Wellenlänge über 780 nm). Mit der Kombination mehrerer Farbstoffe lässt sich das gesamte Spektrum der Sonne abdecken.

Photovoltaik besitzt ein gewaltiges Potenzial, wie der in den letzten Jahren stetig wachsende Anteil dieser Technologie an erneuerbaren Energien belegt. Was nun allerdings die «ideale» Solarzelle ist und welche Technologien sich letztlich durchsetzen werden, ist noch offen. Neben den klassischen Halbleitertechnologien (siehe Artikel auf den Seiten 12 und 15) entwickeln sich zunehmend organische Solarzellen und Farbstoffsolarzellen zu Alternativen. Die Empa ist an der Forschung und Entwicklung organischer Materialien und Fertigungsabläufe beteiligt.

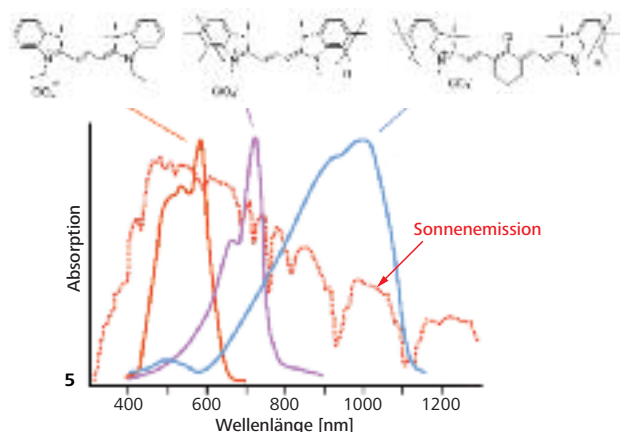
Die grossindustrielle Fertigung von Silizium-Solarzellen hat die Fertigungskosten zwar gesenkt; der Preis für hochreines Silizium ist jedoch recht beachtlich. So werden Technologien ohne Silizium, beispielsweise auf Basis organischer Verbindungen, interessant, die dank billigeren, nahezu unbegrenzt vorhandenen Rohstoffen und einfacheren Verarbeitungsverfahren erst noch tiefere Produktionskosten aufweisen. Da die Strom erzeugende Schicht nur wenige Nanometer dick ist, genügen zudem schon wenige Gramm für



3



4



grossflächige Solarzellen. Und zu guter Letzt können organische Solarzellen selbst auf flexiblen Trägern aufgebracht werden, was den Einsatzbereich vergrössert.

Die rasante Entwicklung auf dem Gebiet der organischen Solarzellen hat deren Effizienz im Labor in nur fünf Jahren von etwa einem auf über sieben Prozent ansteigen lassen, was dem Wirkungsgrad einer amorphen Silizium-Solarzelle gleich kommt. Um organischen Solarzellen zum Durchbruch zu verhelfen, müssen allerdings noch wichtige, grundlegende Fragen geklärt werden. Frank Nüesch, Leiter der Abteilung «Funktionspolymere» an der Empa, erläutert: «Gegenüber anorganischen Solarzellen befindet sich die organische Photovoltaik noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium.» Zusammen mit seinen Mitarbeitern Roland Hany und Thomas Geiger leitet Nüesch Forschungsaktivitäten für die Synthese neuer Materialien sowie für neue Device-Konzepte.

Prinzip der Grenzfläche

Die aktive Schicht einer organischen Solarzelle besteht in der Regel aus zwei Materialien. Eines wirkt als Elektronendonator, das andere als Elektronenakzeptor. Das Sonnenlicht wird in der aktiven Schicht absorbiert und produziert «angeregte Zustände», so genannte Exzitonen. Wandern diese zur Grenzschicht zwischen Donor und Akzeptor, findet eine Elektronenübertragung statt; es bilden sich freie Ladungen, die zur Elektrode abgeleitet werden. Exzitonen sind jedoch sehr kurzlebig, und nur ein sehr kurzer Weg zur Grenzschicht garantiert das Überleben des Exzitons und somit die Ladungserzeugung. Dies bedeutet, dass die aktive Schicht sehr dünn sein müsste und deshalb meist nur noch unzureichend Licht absorbieren würde. Einen Ausweg aus diesem Dilemma bieten Mischschichten mit einer möglichst grossen Grenzfläche. Auf der Suche nach der idealen

Schichtstruktur hat das Team um Roland Hany ein neues, zweistufiges Verfahren entwickelt, mit dem sich die Oberflächenstruktur besser kontrollieren lässt. Im ersten Schritt wird ein Gemisch des aktiven Materials und eines «Gastpolymers» genutzt, um eine dünne Zweikomponentenschicht mit extrem «zerklüfteter» Grenzfläche zu erzeugen. Danach wird das Gastpolymer selektiv entfernt und durch die zweite aktive Komponente ersetzt.

Farbstoffe in Solarzellen

Als Alternative zu den etablierten Polymeren kommen an der Empa Farbstoffe zum Einsatz, wie sie aus der Fotografie bekannt sind. «Die phänomenale Absorption dieser Farbstoffe ist exakt das, was wir für die organische Dünnschicht-Photovoltaik suchen», sagt Nüesch. Sein Team hat entdeckt, dass die Farbstoffschichten so dünn aufgebracht werden können, dass die Strukturierung der Grenzfläche unnötig wird. Leistungen von drei Prozent haben Nüesch und Co. bereits erzielt. «Das klingt nach wenig, ist aber ein Rekord für derartige Materialien», so der Solarzellenexperte.

Ausserdem haben Empa-Chemiker unter der Leitung von Thomas Geiger auch Substanzen synthetisiert, die nur im nahen Infrarot (NIR) absorbieren. Da NIR für das menschliche Auge unsichtbar ist, sind solche Substanzen – und die daraus resultierenden Solarzellen – transparent. «Sie könnten also auch auf Fensterscheiben aufgebracht werden», so Geiger. Inzwischen belegen Varianten dieser NIR-Farbstoffe im Labor mit rekordverdächtigen fünf Prozent ihre Leistungsfähigkeit.

Transparente Gewebeelektroden

Damit der Strom auch abfliessen kann – und dadurch nutzbar wird –, sind auf beiden Seiten der aktiven Schicht Elektroden aufgebracht. Neben der elektrischen Leitfähigkeit

muss die dem Sonnenlicht zugewandte Elektrode eine weitere wichtige Eigenschaft aufweisen, sie muss transparent sein. Meist kommt heutzutage so genanntes ITO (Indium Tin Oxide – Indium-Zinnoxid) zum Einsatz. Der hohe Preis – Indium ist ein seltenes Metall – macht das Material allerdings kaum geeignet für günstige Solarzellen. Als Alternative untersucht das Team von Nüesch transparentes, flexibles Polyimid-Gewebe, das in grossen Mengen und damit günstig produziert werden kann. Für die Leitfähigkeit wurden Metallfäden eingewoben. Das Gewebe überzeugte in ersten Untersuchungen und wies sogar bessere elektrische und optische Eigenschaften auf als ITO. //

Dünnschichtsolarzellen: Schweiz ist topp

Auch wenn die Schweiz nicht gerade als Sonnenstube der Welt bekannt ist, punkto Forschung und Entwicklung im Bereich Dünnschicht-Photovoltaik gehört sie zur Weltspitze. Mit dabei sind auch Abteilungen der Empa. 2006 haben sie sich zudem mit Forschungsgruppen der EPFL in Neuenburg und in Lausanne zur «ThinPV», der Schweizerischen Forschungsplattform für Dünnschicht-Photovoltaik, zusammengeschlossen. Koordinator ist der Empa-Forscher Frank Nüesch: «Wir wollen eine schweizweite Plattform schaffen, um die Photovoltaik-Forschung voranzutreiben und um Studierende für dieses Fach zu gewinnen, mit denen wir den wissenschaftlichen Nachwuchs sichern.»

Weitere Informationen: <http://thinpv.empa.ch>