

Wenn Farbstoffe Strom erzeugen

Die Erkenntnis, dass man Farbstoffsysteme als organische Halbleiter einsetzen kann, ist nicht neu. Eine Anwendung in der Fotovoltaik ist aber erst seit wenigen Jahren Realität. Als Solarzelle genutzt, bieten organische Farbstoffe wesentliche Vorteile.

VON JÜRIG WELLSTEIN

Weltweit sind heute Fotovoltaik-Anlagen mit einer Leistung von über 30000 Megawatt installiert. Inzwischen nähert man sich bereits dem Zeitpunkt des Ersatzes der ältesten in Betrieb stehenden Module. Die modernsten Solarzellen stellen heute ausgereifte Produkte dar. Die Frage an die Forschung heisst jedoch: Welche Zellentechnologie wird in 20 oder 40 Jahren die heute in Bau befindlichen Anlagen ergänzen oder gar ablösen?

Kosten und Effizienz als Hauptkriterien

Während sich die kristallinen Solarzellen auf Silizium-Basis etabliert haben und heute eine bewährte Technologie darstellen, suchen Forschende nach weiteren, alternativen Technologien, welche zu zusätzlichen Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen führen könnten. So auch an der Empa in Dübendorf und Thun. Seit dem Jahr 2005 ist an der Empa eine spezialisierte Forschungsgruppe aktiv, die sich mit organischen Dünnschicht-Systemen befasst. Die auf Materialforschung ausgerichtete Empa bot Frank Nüesch eine ideale Plattform für die zukunftsweisende Solarzellenentwicklung. Er ist seit 2004 an der Empa und hat das Labor für Funktionspolymere aufgebaut und den Bereich der organischen Fotovoltaik gestartet.

Die Dünnschichttechnologien erlangten in der Schweizer Forschungsszene eine hohe Bedeutung. Wegweisende Arbeiten am IMT in Neuchâtel und an

der ETH Zürich haben zu Rekorden und beispielhaften industriellen Umsetzungen (z.B. Oerlikon Solar) geführt. Vor wenigen Jahren kam Ayodhya N. Tiwari von der ETH Zürich ebenfalls an die Empa, wo er sich weiterhin mit den beiden anorganischen Technologien Cadmium-Tellurid (CdTe) und Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) beschäftigt. Erst kürzlich konnte sein Team einen Erfolg vermelden. «Der neue Rekordwert für flexible CIGS-Solarzellen von 18,7 Prozent (2005: 14,1%) schliesst nahezu die Effizienzlücke zu den polykristallinen Siliziumsolarwafern oder CIGS-Zellen auf Glas», sagt Tiwari. Er ist davon überzeugt, dass flexible Dünnschicht-CIGS-Solarzellen demnächst einen Paradigmenwechsel in Richtung Kosten sparenden Solarstrom herbeiführen. Die CIGS-Dünnschichttechnologie kann auf dünnwandigen Trägermaterialien wie beispielsweise Kunststofffolien appliziert werden und erlaubt dadurch flexible Einsatzmöglichkeiten.

Organische Stoffe bieten neue Möglichkeiten

Weitere in Entwicklung befindliche Technologien haben noch keine mit CIGS vergleichbaren Effizienzwerte erreicht. Dazu zählen CdTe und mikromorphes Silizium. Die organische Fotovoltaik liegt dicht auf; sie hat den Vorteil höherer Leistungsfähigkeit bei diffusem Licht. Damit lassen sich Anwendungen an Nordfassaden von Gebäuden oder in Innenräumen vorstellen. Bei den organisch basierten Technologien unterscheidet man zwischen Farbstoffsolarzellen und organischer Fotovoltaik. Erstere benötigt eine, auf einem anorganischen Halbleiter adsorbierte Farbstoffschicht, welche das Licht absorbiert und gleichzeitig in

Ladungen umwandelt. «Die physikalischen Grundlagen für Farbstoffsolarzellen liegen bereits rund 140 Jahre zurück, als der deutsche Fotochemiker Hermann Wilhelm Vogel die Fotosensibilisierung von Silberhalid-Kristallen – Ausgangspunkt für die farbtreue Wiedergabe von Fotografien – entdeckte», sagt Frank Nüesch.

Die organische Fotovoltaik ist eine jüngere Technologie. Ende der 1950er-Jahre formulierte Hans Meier in Bamberg (Deutschland) erstmals die Idee, Farbstoffmoleküle nicht nur als Sensibilisatoren, sondern auch als aktive organische Halbleiter einzusetzen. Auf dieser Grundlage arbeitet man heute an der Empa und treibt die Entwicklung von Solarzellen für die Zukunft vorwärts. Dabei hat man zunächst als

Dünnschicht-Kompetenzen

Beim Projekt ThinPV konnten in den vergangenen Jahren Schweizer Forschende und Industriepartner zum Thema Dünnschicht-Technologie zusammenkommen. Ziele waren einerseits die Förderung erstklassiger Forschungstätigkeiten zugunsten der Marktfähigkeit dieser Fotovoltaik-Technologie und andererseits die Schaffung einer geeigneten Plattform für die Forschungszusammenarbeit mit der Industrie.

Seit Januar 2011 heisst diese von Frank Nüesch, Empa Dübendorf, geleitete Plattform Dursol. Sie befasst sich vor allem mit der Langzeitstabilität von Dünnschicht-Solarzellen unterschiedlicher Technologie. Denn verglichen mit Silizium-Fotovoltaikzellen sind die Kenntnisse über die Lebensdauer dieser Zellen, insbesondere von flexiblen Zellen, noch gering.

Jürg Wellstein

Fachjournalist SFJ, Informationen zur Energieforschung, Basel.

kritischer Faktor die Vergrößerung der ladungserzeugenden Oberfläche angesehen. Gleichzeitig galt es, geeignete Materialien zu entwickeln, welche auch im nahen Infrarotspektrum Licht umwandeln können.

Dünne Schichten ergeben flexible Anwendungen

Die fotografischen Farbstoffe wurden in der Vergangenheit in grossem Umfang für die Sensibilisierung von Silberhalogeniden in fotografischen Emulsionen verwendet. Die Fotoindustrie hat diese Stoffe weiter entwickelt; es bestehen heute zahlreiche Derivate mit unterschiedlichen spektralen Eigenschaften. Die Kombination dieser Materialien dient dazu, das gesamte Lichtspektrum abzudecken und dadurch möglichst einen hohen Ertrag zu generieren.

Es genügt eine Farbstoffdicke von 20 bis 30 Nanometern, um die Lichtabsorption zu ermöglichen. Mit einem Cyanin-Farbstoff konnte an der Empa ein Wirkungsgrad von über drei Prozent erreicht werden. Frank Nüesch meint: «Noch steht nicht fest, ob man mit einer geeigneten Farbstoffkombination die 10-Prozent-Schwelle erreichen wird; Produktionsweise und geringer Materialverbrauch weisen aber schon jetzt auf geringe Herstellkosten hin.» Mit einem Gramm Farbstoff kann bei 30 Nanometern eine Fläche von rund zehn Quadratmetern bedeckt werden. Mit dem extrem dünnen Farbauftrag wird eine zusätzliche Strukturierung der Oberfläche nicht mehr nötig, um Ladungen effizient zu erzeugen.

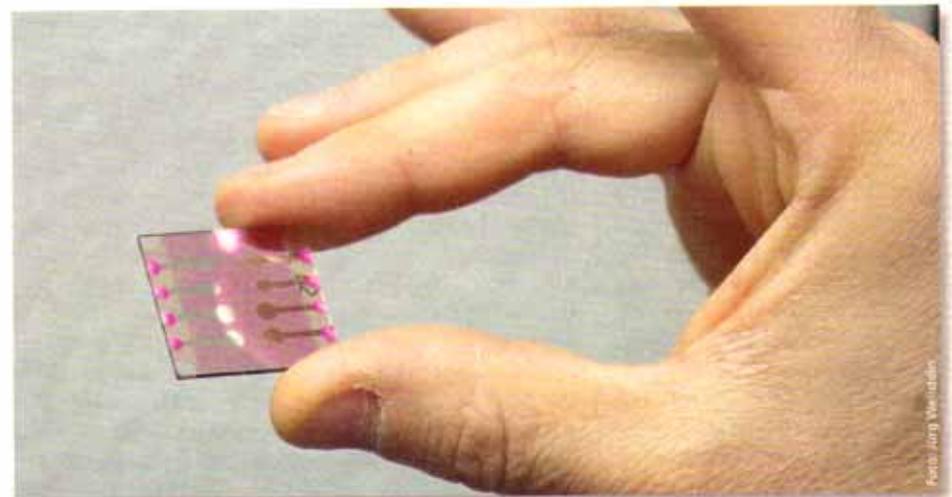
Gewebe als Elektrodenmaterial

Die mit Unterstützung von verschiedenen Organisationen durchgeführten Forschungsarbeiten befassen sich nicht nur mit der Farbstoffsynthese, sondern auch mit den notwendigen Elektroden. Diese müssen beidseitig der aktiven Schichten aufgebracht werden. Um den Einsatz teurer und seltener Materialien umgehen zu können, hat das Empa-Team zusammen mit einem Industriepartner ein feinmaschiges Polyamid-Gewebe entwickelt, das durchsetzt ist von eingewobenen Metallfäden. Bereits konnten mit diesem Gewebe bessere Resultate erzielt werden als mit herkömmlichen Elektrodenmaterialien.

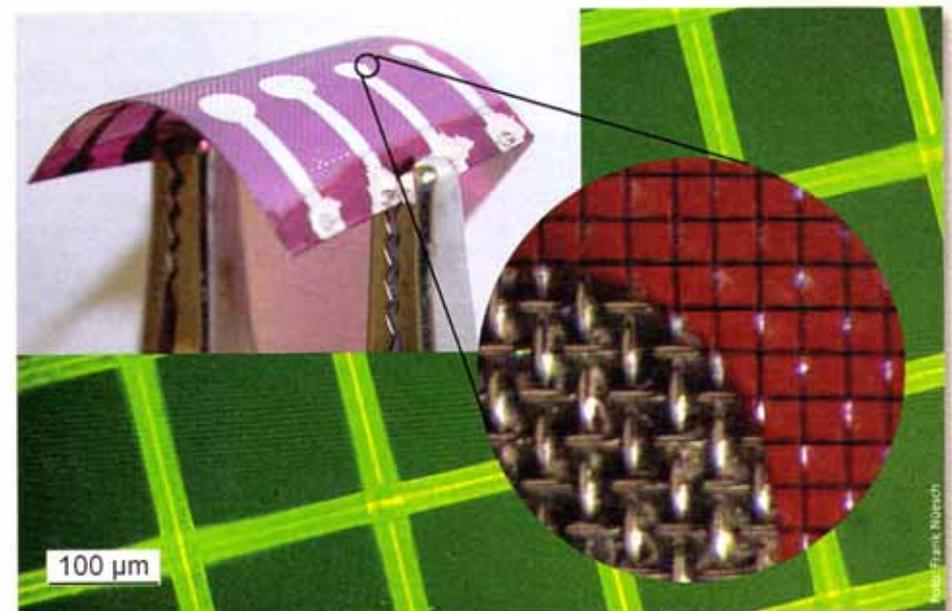
Zudem geht die Suche nach anderen, geeigneten Farbstoffen und entsprechenden Verbindungen weiter. Die Kompetenzen zur Synthese solcher Farbstoffe ist an der Empa aufgebaut worden. Selbstverständlich ist bei organisch basierten Solarzellen die Langzeitstabilität ein wichtiges Thema. ●



Farbstoff-Solarzellen: Frank Nüesch zeigt die Folie mit integrierten Gewebeelektroden.



Forschungszelle mit Farbstoffauftrag.



Organische Solarzellen auf Gewebeelektroden eines Textilunternehmens.