

Forschung in der Solarthermie

Sebastian Pflügge*

Neue Chance für die Dünnschicht

Weil kristalline Solarzellen rapide billiger geworden sind, sinkt der Marktanteil der Dünnschichtzellen. Dennoch bleibt das Interesse an den schlanken Stromgeneratoren gross: Neue Materialien und Produktionsverfahren können die Kosten deutlich unter die der gängigen Siliziumzellen senken. Forscher forcieren die Arbeit.

Mit einem Kilogramm Kupfer kann man in der regenerativen Energietechnologie nicht viel bewegen. Die Menge reicht gerade einmal für ein halbes Absorberblech eines Solarthermie-Kollektors aus. Oder für einen Meter Kabel in einem 100 Meter hohen Windrad. In der Dünnschicht-Photovoltaik hingegen ist ein Kilogramm Kupfer viel wert. «Damit lassen sich etwa 50 Quadratmeter Fläche beschichten und rund sechs Kilowatt Solarleistung herstellen», erklärt Christoph Adelhelm, Projektmanager des österreichischen Werkstoffanbieters Plansee. Ein kleiner Metallbarren genügt also, um genug PV-Zellen für ein grosses Hausdach zu fertigen.

Optimale Nutzung des Materials

Für die gute Materialausbeute sorgt ein spezielles Beschichtungsverfahren, die so genannte Sputterdeposition: Gasteilchen

schlagen die Elemente aus einem Feststoffkörper, die sich dann hauchdünn auf einem Träger – Glas oder auch Folie – niederschlagen. In marktgängigen Zellen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (CIS), wandelt diese maximal zwei Mikrometer dicke Schicht im Schnitt zehn bis zwölf Prozent des Sonnenlichts in Strom um. Weil so wenig Absorbermaterial so wirkungsvoll Strom erzeugen kann, gilt die Dünnschicht vielen als Photovoltaiktechnik der nächsten Generation. Wobei neben dem CIS noch andere Absorber infrage kommen. Der US-Hersteller First Solar zum Beispiel ist mit dem CdTe abgekürzten Cadmium-Tellurid sehr erfolgreich, andere Produzenten verwenden Dünnschichtsilizium, das sie heute meist als Doppellage aus je einer amorphen und einer mikrokristallinen Siliziumschicht auf ein Substrat auftragen. Ausserdem gibt es verschiedene Beschichtungsmethoden, von denen die thermische Verdampfung neben der Sputterdeposition die verbreitetste ist. Hierbei wird das Ausgangsmaterial durch eine elektrische Heizung solange erhitzt, bis ein Materialdampf entsteht, der auf dem Substrat zu einer Schicht kondensiert. Die Verdampfung läuft wie das Sputtern in geschützter Atmosphäre im Vakuum ab, um den Halbleiter nicht mit schädlichen Fremdkörpern zu verunreinigen.

Kostenvorteil geschrumpft

Doch wie welche Materialkombination letztlich auch verarbeitet wird – das Produkt sind photoaktive Schichten, die dünner sind als ein menschliches Haar. «Das Spannende an der Dünnschicht ist ihr geringer Materialbedarf und die niedrigen Produktionskosten. Ausserdem können die Module dank ihrer Flexibilität und ihres geringes Gewichts leicht transportiert und überall eingesetzt

1 Überholte Technik?: In Deutschland wurden in den vergangenen Jahren viele Dünnschichtparks gebaut. Der Boom ist deutlich abgeebbt. (Bild: Juwi)

2 Suche nach Innovationen: Im Helmholtz-Zentrum Berlin entwickeln Forscher neue Dünnschichtkonzepte. (Bild: Helmholtz)

werden», sagt Solarforscher Klaus Lips vom Helmholtz-Zentrum Berlin. Die Technik bringt noch einen weiteren Vorteil mit sich: Neue Materialien und Beschichtungsverfahren können auch in anderen Bereichen wie der Glas- und Fensterindustrie oder der Mikroelektronik angewendet werden. Dünne Schichten schützen und veredeln Oberflächen, isolieren Produkte gegen Hitze und Kälte, leiten und regeln Strom und unterstützen nicht zuletzt die Speicherung von Energie oder Informationen.

Siliziumzellen, die derzeit dominierende PV-Technik, sind weitaus weniger variabel. Zwar arbeiten sie effizienter als ihre feinen Kontrahenten – Siliziumzellen nutzen heute bis zu 20 Prozent des einfallenden Lichts für die Stromproduktion aus. Mit rund 180 Mikrometern sind sie aber auch fast hundertfach dicker und damit deutlich materialintensiver. «Die Siliziumscheiben werden aus multi- oder monokristallinen Siliziumblöcken gesägt. Diese Produktionsweise lässt kaum dünnere Wafer zu», erklärt Lips. Umständlich ist auch die Herstellung der Blöcke. Ein monokristalliner Ingot wird aus einer langsam erstarrenden Schmelze gezogen. Das dauert bei einem typischen Durchmesser von 15 bis 20 Zentimetern und einem Gewicht von bis zu 60 Kilogramm etwa anderthalb Tage. Zum Vergleich: Die Dünnschichtherstellung ist eine Sache weniger Minuten.

Dünnschicht-Solarzellen vor dem Durchbruch

Für ihren endgültigen Durchbruch müsste die Dünnschicht nun nur noch beim Wirkungsgrad zulegen. Im Labor glänzt sie bereits mit Topwerten. Beim Dünnschichtsilizium erreichen Forscher der US-Firma United



3 Eine Lösung. Druckbare Tinten, die nanostrukturierte Absorber enthalten, könnten die Photovoltaik deutlich billiger machen. (Bild: Nanosolar)

4 Zukunft der Dünnschicht: Die schlanken Stromgeneratoren sind leicht und flexibel. Damit eignen sie sich gut für die Gebäudeintegration. (Bild: SMA)



Solar mit so genannten Dreifachstapelzellen mittlerweile 16,7 Prozent Effizienz. First Solar schafft mit CdTe-Laborzellen sogar schon 17,3 Prozent. Noch höhere Werte erreicht das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) Baden-Württemberg mit CIS: 20,3 Prozent Wirkungsgrad stehen hier seit 2010 zu Buche. Doch so kurz vor der Marktdurchdringung scheint den Dünnschichtfirmen finanziell die Puste auszugehen. Statt grosse Fassaden und das Freiland zu erobern, ist der Marktanteil der schlanken Stromgeneratoren laut der Bostoner Marktforschungsfirma GTM Research seit 2009 um die Hälfte auf zehn Prozent zurückgegangen. Hauptgrund für diesen Rückgang ist der massive Preisverfall bei den Siliziummodulen. Übereifrige chinesische Hersteller haben dafür zu viele und zu grosse Fabriken gebaut. Um ihre Linien am Laufen zu halten, verkaufen sie ihre Produkte nun teilweise unter Fertigungskosten. Daher hat sich der Durchschnittspreis für Siliziummodule aus China nach Erhebungen des Berliner Marktforschers Sologico in den letzten anderthalb Jahren auf 66 Eurocent pro Watt halbiert. Der aus dem geringen Materialverbrauch resultierende Preisvorteil der Dünnschichtmodule ist so in kurzer Zeit dahin geschmolzen – alle drei Dünnschichten sind laut Sologico mit rund 60 Cent pro Watt nur noch unwesentlich günstiger. Dass Investoren bei nahezu identischen Preisen lieber die effizienteren Siliziumanlagen bauen, ist nachvollziehbar.

Neue Zellenkonzepte

Noch ist das Rennen um den Platz an der Sonne für die Dünnschicht aber nicht verloren. «Wir denken, dass die Dünnschicht wieder an Bedeutung gewinnt, denn anders

als die kristalline Technik hat sie noch viel Optimierungspotenzial», sagt Helmholtz-Forscher Lips. Einen Beweis dafür liefert der jüngst nach Japan verkaufte Solarmaschinenbauer Oerlikon Solar aus der Schweiz. Der Dünnschichtspezialist hat dieses Jahr eine schlüsselfertige «ThinFab» für Module aus Dünnschichtsilizium auf den Markt gebracht, die die Vorgängerlinie aus dem Jahr 2010 in allen Belangen in den Schatten stellt. Bei 23 Prozent niedrigeren Investitionskosten schafft sie nach Angaben von Oerlikon einen 17 Prozent höheren Durchsatz und bringt um acht Prozent effizientere Zellen mit 10,8 Prozent Wirkungsgrad hervor. Welche Innovationen Dünnschicht-Ausrüster sonst noch anzubieten haben und welche Konzepte auf ihrer Roadmap stehen, werden sie vom 23. bis 26.10.2012 auf der internationalen Fachmesse für solares Herstellequipment, solarpeq, und der parallel stattfindenden glasstec, Weltleitmesse für die Glasbranche, vorstellen. Zu letztgenanntem können sich die Besucher unter anderem in der Sonderschau «glass technology live» auf den neusten Stand bringen was in Einsatz von Dünnschicht-PV im architektonischen Kontext angeht, beispielsweise in Form von gebäudeintegrierter Photovoltaik (BIPV). Die BIPV hat gegenüber den klassischen Modulen, die in der Regel auf dem Gebäudedach platziert werden, einen entscheidenden Vorteil: Sie lässt sich auch bei gehobenen ästhetischen Ansprüchen von Architekten und Gebäudeplanern einsetzen – eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz der Technologie gerade bei repräsentativen Gebäuden. Ausserdem können Dünnschichtmodule beispielsweise mit der Verschattung bestimmter Bereiche weitere Funktionen übernehmen, die eine Rolle für die Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes spielen.

Staatliche Förderung in Deutschland

Dass in der Dünnschicht-PV noch viele Neuerungen möglich sind, glaubt auch die deutsche Bundesregierung und fördert die Technik im Rahmen der Innovationsallianz Photovoltaik daher weiter kräftig. Trotz ihres geringen Marktanteils hat ein Drittel aller Projekte der Allianz die Dünnschicht im Fokus. So fliessen allein 6,5 Millionen Euro in das Projekt «CIGSfab», in dessen Rahmen der süddeutsche Anlagenbauer Manz schlüsselfertige Fertigungslinien entwickelt. Die EU pumpt ebenfalls frisches Geld in die Dünnschichtforschung. Sie hat soeben bis 2015 zehn Millionen Euro für das Projekt «Scalenano» bewilligt, an dem sich 13 europäische Forschungsgruppen beteiligen. Ehrgeiziges Ziel ist die Entwicklung völlig neuer Zellen. Für schnelle Kostensenkungen wollen die Wissenschaftler alternative, vakuumfreie Prozesse entwickeln, bei denen Nanopartikel ähnlich wie Tinte gedruckt werden. Druckverfahren sind günstiger als das Sputtern oder das Aufdampfen von Halbleitern, da sie höhere Geschwindigkeiten und Durchsätze ermöglichen und keine Energie für das Zerstäuben und Verdampfen benötigen. Zudem will die Kooperative neue Absorber, so genannte Kesterite, erproben. Diese haben ähnliche Eigenschaften wie die bisher verwendeten CIS-Materialien, nutzen anstelle des seltenen und teuren Indiums aber billigeres Zink und Zinn.

Schweiz spielt in der Forschung Entwicklung eine Schlüsselrolle

Einer der Schlüsselakteure bei der Erforschung der neuen Zellen ist die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsan-

stalt (Empa) in der Schweiz. Sie hat die Aufgabe, Kesteritabsorber auf Basis von Zinn, Zink und Schwefel zu gewinnen und ausserdem wirkungsvollere so genannte transparent leitfähige Oxide zu entwickeln, die in Dünnschichtzellen als elektrische Frontkontakte dienen. «In fünf bis zehn Jahren wollen wir Kesteritzellen aus nanostrukturierten Ausgangsstoffen mit 15 bis 20 Prozent Effizienz herstellen, die günstiger sind als Siliziumzellen», sagt Empa-Solarforscher Jaroslav Romanyuk. Der jüngste Erfolg des US-Konzerns IBM lässt die Wissenschaftler hoffen. Er stellte im Juni in einer Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsanlage die erste Kesteritzelle mit 11,1 Prozent Wirkungsgrad her. Ihre Forschungsergebnisse will Empa später auch für andere Bereiche wie Batterien oder intelligente Fenster nutzbar machen. In Fensterscheiben könnten TCO-Nanoteilchen zum Beispiel dafür sorgen, dass Infrarotwärme zur Kühlung im Sommer re-

flektiert oder im Winter gesammelt wird, so Romanyuk.

Dünnschicht hat eine grosse Zukunft

Auch das Helmholtz-Zentrum Berlin beteiligt sich an der Suche nach der Dünnschichtzelle der Zukunft. Im Rahmen von Scalenano entwickelt es neue analytische Methoden zur Charakterisierung der Zellen während des Herstellungsprozesses. Mit den Erkenntnissen wollen die Wissenschaftler die Absorberqualität sowie Ausbeute und Durchsatz bei der Produktion verbessern. Möglich wird die präzise Analyse von Schichten durch das neue, 19 Millionen Euro teure Röntgen-Strahlrohr Emil (Energy Materials in-situ Laboratory Berlin), das 2013 an den Elektronenbeschleuniger Bessy II in Berlin angeschlossen werden soll. «Mit Emil können wir den Schichten quasi

beim Wachsen zusehen und genau beobachten, welche Prozesse an der Oberfläche ablaufen», sagt Lips.

Die neue Röntgentechnik will das Helmholtz-Zentrum auch für die Entwicklung katalytisch aktiver Beschichtungen nutzen. Die Katalyse bezeichnet die Beschleunigung, Einleitung oder Lenkung chemischer Reaktionen durch Beteiligung bestimmter Stoffe, so genannter Katalysatoren. Mit ihrer Hilfe lassen sich multifunktionale Dünnschichtzellen bauen, die ihren Strom an der Oberfläche direkt in speicherbaren Wasserstoff umwandeln. Dieser kann dann im Erdgasnetz gelagert oder als Sprit für Brennstoffzellenautos genutzt werden. Die grosse Zeit der Dünnschicht steht offenbar erst noch bevor. ■

*Sebastian Pflügge hat diesen Artikel für GlasTec/Solarpeq verfasst.

Die neue LWD-Baureihe von Alpha-InnoTec:

- Betrieb mit natürlichem Kältemittel
- Hohe Effizienz mit COP bis 3.8 (A2/W35)
- Heizleistungen 5,6 und 7,7 kW (A2/W35)
- Schalldruckpegel konkurrenzlose 45 dB(A)*

*gemessen im Freifeld bei 1 m Abstand zur Maschine

BESUCHEN SIE UNS IN BERN AUF DER
BAU- UND ENERGIEMESSE
VOM 8. - 11. NOV. 2012
● STAND 3.2-A14

BAU
+ ENERGIE
MESSE

Steigen Sie um auf natürliche Kältemittel

LUFT/WASSER-WÄRMEPUMPEN LWD-SERIE

NEU!

mit aktiver
Kühlung

Alpha-InnoTec Schweiz AG · www.alpha-innotec.ch

Industriepark
6246 Altishofen
Tel.: 062 748 20 00

ch. de la Venoge 7
1025 St-Sulpice
Tel.: 021 661 31 43

Via alla Torre 2
6850 Mendrisio
Tel.: 091 646 08 81

 **alphaInnoTec**
EIN UNTERNEHMEN DER SCHULTHESS GROUP