

Dünne Informationen

Zahlreiche Hersteller wollen mit Dünnschichtmodulen den Photovoltaik-Markt bereichern. Das Kostensenkungspotenzial der Technik ist enorm. Doch zu welchen Konditionen sie angeboten werden soll, bleibt zumeist Firmengeheimnis.

Text: Bernward Janzing und Sascha Rentzing



Von Rolle zu Rolle: Odorsun produziert Kupfer-Indium-Schwefel-Zellen. Als Trägermaterial dient dabei ein Kupferband.

Das Rennen hat begonnen, der Ausgang offen. Seit ein Mangel an Silizium in den letzten Jahren den Photovoltaikmarkt bremste, ist das Interesse der Hersteller an der Dünnschichttechnik deutlich gewachsen. Die Varianten sind vielfältig: Da gibt es zum Beispiel Zellen aus Kupfer-Indium-Diselenid (CIS), die schon fast ein Klassiker unter den Dünnschicht-Halbleitern sind. Darüber hinaus gibt es das Cadmium-Tellurid (CdTe), das amorphe oder mikromorphe Silizium, eine Kombination von amorphem und mikromorphem Material. Schließlich gibt es noch Fortentwicklungen der CIS-Technik. Der Berliner Photovoltaik-(PV) Hersteller Sulfurcell etwa ersetzt Diselenid durch Schwefel, die US-Firma Global Solar fügt dem CIS noch Gallium hinzu (CIGS).

Die Wissenschaft tut sich schwer, unter den vielfältigen Dünnschichtvarianten einen Favoriten auszumachen: „Welche Technik sich durchsetzen wird, ist derzeit nicht zu sagen“, erklärt Roland Scheer vom Hahn-Meitner-Institut (HMI) in Berlin. Denn am Ende werde das Rennen über den Preis entschieden, und unter den derzeit bekannten Varianten gebe es „keine, bei der die Economy of Scale begrenzt ist“.

Das Kostensenkungspotenzial der Dünnschicht ist in der Tat enorm: Der Schweizer Produktionsanlagenhersteller Oerlikon rechnet etwa für mikromorphe Tandemmodule im Jahr 2010 mit Fertigungskosten von 0,7 US-Dollar pro Watt. Derzeit werden amorphe Siliziummodule, die Tandem-Vorgängertechnik, für rund 1,50 US-Dollar pro Watt gefertigt.

Und selbst konservative Schätzungen gehen von substantziellen Kostensenkungen in der Dünnschicht aus. So rechnet Michael Powalla vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) für CIS mit Fertigungskosten von 1,20 Euro pro Watt, die im Zeitraum 2008 bis 2013 erreicht werden. Momentan wird noch für gut das Doppelte produziert.

Fertigungskosten von 70 US-Cent angepeilt

Zwar werden durch technische Verbesserungen und Produktionssteigerungen auch bei der waferbasierten Siliziumtechnik Kosten gesenkt, das Niveau der Dünnschicht wird sie aber wahrscheinlich so bald nicht

erreichen. So will die norwegische REC, einer der weltweit wachstumsstärksten Solarunternehmen, nach Aussagen von Firmenchef Erik Thorsen die Produktionskosten für multikristalline Siliziummodule bis 2010 auf rund 1,50 US-Dollar pro Watt halbieren. Das wäre sensationell, dennoch lägen die Skandinavier damit immer noch deutlich über den teuersten Dünnschichtvarianten, CIS oder CIGS.

Aufgrund ihres hohen Kostenreduktionspotenzials gehen Experten denn auch von einer schnell und stark wachsenden Bedeutung der schlanken Photonenfänger aus. Der europäische Solarindustrieverband Epia schätzt, dass der Anteil der Dünnschicht an der weltweit neu installierten PV-Gesamtleistung 2010 bereits bei 20 Prozent, also etwa bei 1,12 Gigawatt (GW) liegen wird (Gesamt: 5,6 GW). Derzeit machen Dünnschichtpanels nicht einmal ein Zehntel des PV-Marktes aus. Und die Epia-Schätzung ist konservativ. Die jüngste Solarmarktstudie der Schweizer Bank Sarasin prognostiziert für 2010 einen weltweiten Zubau von 8,25 GW – mit 1,65 GW Dünnschichtanteil.

Doch während die Analysten bei ihrer Technikeinschätzung in erster Linie die Fertigungskosten ins Kalkül ziehen, ist für den Endkunden der Modulpreis viel entscheidender. Hier geben sich die Firmen allerdings äußerst zugeknöpft. Das ist aus unternehmerischer Sicht verständlich, denn sie wollen natürlich mit ihrem Produkt verdienen. Und deshalb werden sich die Preise der Dünnschichtmodule wohl schlicht am Markt orientieren. Zugleich dürften sie aber je Kilowatt etwas unterhalb der klassischen Siliziummodule liegen. Das bedingt schon allein der im Vergleich geringere Wirkungsgrad aller schlanken Panels. Grob geschätzt dürften die Modulpreise deshalb in 2008 unter vier Euro pro Kilowatt (kW) Leistung liegen, im Jahr 2009 dann unter 3,70 Euro und 2010 bei nicht mehr als 3,40 Euro/kW. Firmen, die dies nicht schaffen, werden keine Chance am Markt haben. Wer aber mit den Preisen unter den Mitbewerbern liegt, muss auch nicht wesentlich billiger verkaufen.

Der schwäbische CIS-Hersteller Würth Solar wendet eben diese Strategie an – kurz unter Marktpreis verkaufen. „Wir werden die Zielvorgaben im deutschen EEG er-

füllen und somit in 2015 eine Netzparität anstreben“, erklärt Karl-Heinz Groß, Geschäftsführer von Würth Solar, ohne damit wirklich viel zu sagen. Dabei wissen inzwischen viele: Würth verkauft seine Module, je nach konkreter Marktlage, für einen Preis zwischen drei und vier Euro. Bei CIS-Fertigungskosten, die maximal bei zwei Euro liegen dürften, klingt das nach einem guten Geschäft für die Firma vom Neckar.

Und die Würth-Technik hat zweifelsohne Zukunft. CIS erreicht heute bereits Wirkungsgrade von elf, zwölf Prozent, liegt also nur wenige Prozent unter klassischen Siliziummodulen (14 bis 16 Prozent). In der Praxis heißt das: CIS-Kraftwerke fahren auf der gleichen Fläche fast so hohe Erträge ein wie herkömmliche Solaranlagen. Anders sieht das beispielsweise bei amorphen Siliziumpanels aus. Die bringen es auf Wirkungsgrade von sechs, sieben Prozent, nehmen also – sollen sie es auf den gleichen Output bringen wie eine Standardanlage – deutlich mehr Platz in Anspruch.

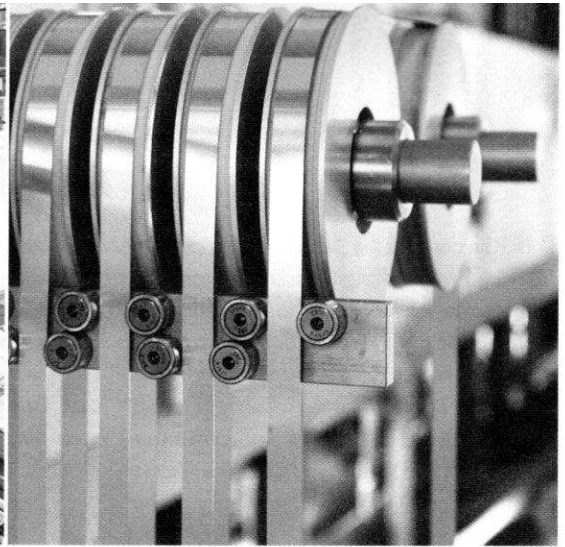
CIS hat wie alle anderen Dünnschichttechniken einen weiteren Vorteil: Die Preisrisiken durch angespannte Rohstoffmärkte sind gering. „Von einer Verknappung der Rohstoffe gehen wir für die CIS-Technologie nicht aus“, sagt Groß. Zudem mache der Anteil des Halbleiters an den Gesamtkosten eines Moduls weniger als zehn Prozent aus. Anders ist das bei der waferbasierten Technik: Die kommt nicht ohne Silizium aus. Und dieser Rohstoff ist bekanntermaßen knapp und teuer (neue energie 11/2006).

Ersol setzt auf Silizium-Dünnschicht

Auch bei der Erfurter Solarfirma Ersol werden derzeit keine Preise kommuniziert. Hier hat man immerhin einen nachvollziehbaren Grund: Die Module sind aktuell noch gar nicht auf dem Markt. Erst im Frühjahr 2008 soll der Vertrieb der Dünnschichtmodule aus amorphem Silizium beginnen, „als Zwischenschritt zu der mikromorphen Produktion“, wie es heißt. Die Technik jedenfalls steht schon: Amorphe Module aus den von Oerlikon gelieferten Anlagen erreichten bereits seit dem Start der Testproduktion im Sommer eine durchschnittliche Leistung von 78 Watt. Die soll in der mikromorphen Variante noch „deutlich gesteigert“ werden. ▀



Testlauf: First Solar baut in Frankfurt/Oder Module aus Cadmium-Tellurid, eine besonders günstige Dünnschichtvariante.



Kupfer am laufenden Band: Das Trägermaterial für Zellen ist in der Produktion gut zu erkennen.

Bei den Preisangaben beschränkt sich Ersol-Sprecherin Sonja Teurezbacher darauf, die Branchenregel zu zitieren: „Amorphe Siliziummodule sind etwa 60 bis 80 Cent pro Watt billiger als kristalline Module.“ Auch zu den künftigen Kostenpotenzialen bleiben die Aussagen dürftig: „Die Degression im EEG haben wir im Plan“, sagt die Sprecherin. Mehr Prognose gibt es nicht – aber dafür technische Infos. Der Grund für die Wahl von Dünnschichtsilizium bei Ersol ist immerhin plausibel: Vorstand Claus Beneking hat viele Jahre an dem Thema gearbeitet. Ohnehin gebe es keinen Stoff, der so gut geeignet sei: „Cadmium ist giftig, In-

dium ist endlich“, sagt Sprecherin Teurezbacher, „und der Siliziumpreis ist bei den Dünnschichtmodulen zu vernachlässigen.“ Denn die brauchen weniger als ein Prozent der Siliziummenge kristalliner Technik. „Bei unseren Modulen ist das Glas das teuerste Material“, weiß die Ersol-Frau.

Johanna Solar in Brandenburg an der Havel will dagegen mit CIGSSe-Zellen, deren Halbleitersubstanz aus Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel und Selen gefertigt ist, auf dem Markt anbieten. Allerdings wird sich die breite Einführung voraussichtlich auf 2008 verschieben, denn es gibt Schwierigkeiten bei der Hochskalierung der Tech-

nik. Die hat es aber in sich. Die Zellen reichen bei den Wirkungsgraden an die Zahlen kristalliner Siliziumtechnik heran. Das Verfahren zur Herstellung dieser Solarmodule wurde an der Universität von Johannesburg entwickelt und zur Industriereife gebracht. Es basiert auf dem so genannten Sputtern, das im Deutschen unter dem Begriff Kathodenzerstäubung läuft: Durch Beschuss mit energiereichen Ionen werden Atome aus einem Festkörper herausgelöst und gehen dann in die Gasphase über. Anschließend kondensieren sie sich auf einem Substrat – in diesem Fall auf eine Glasplatte. So lassen sich dünne Schichten erzeugen. Die Aleo Solar AG in Prenzlau, mit 19 Prozent an dem brandenburgischen Unternehmen beteiligt, wird die Module vertreiben. Die Preise pro Watt bleiben auch hier unklar: „Die stehen noch nicht fest“, sagt Aleo-Sprecher Hermann Iding. Doch Johanna Solar spricht von einem „Premiumprodukt“, und auch bei Aleo Solar geht man davon aus, dass die CIGSSe-Module im „eher höherpreisigen Marktsegment“ anzusiedeln sein werden. Dem Wettbewerb mit der waferbasierten Siliziumtechnik werde man sich jedoch stellen können, heißt es aus beiden Häusern.

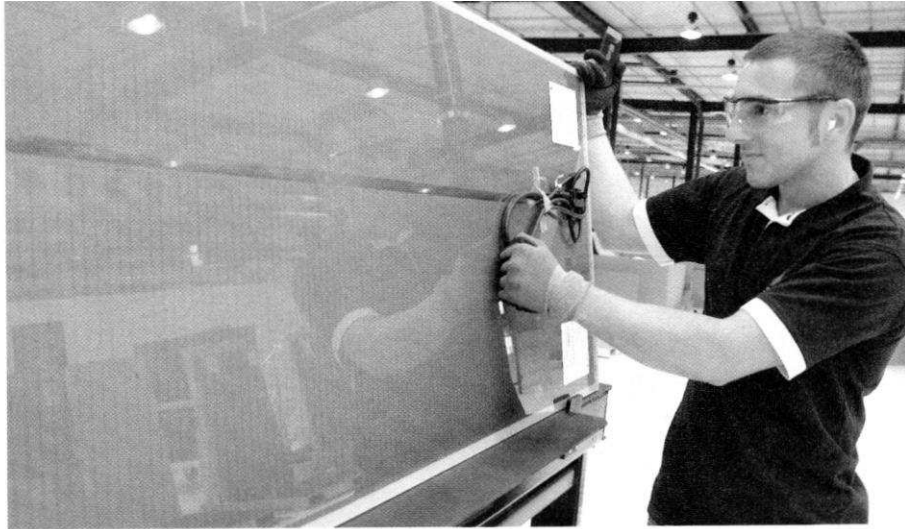
Und das ist dann auch der entscheidende Punkt, warum sich die Newcomer mit konkreten Preisangaben so zurückhalten: Man wird die Preise nach der Marktlage im kommenden Jahr festlegen – die konventionellen Siliziummodule sind der Maßstab. Sollten deren Preise durch eine Marktabkühlung aufgrund der von Januar an reduzierten Einspeisevergütungen zu bröckeln beginnen, müssten die Dünnschichtprodukte mitzie-

Die neuen Dünnschichtfabriken in Deutschland

Unternehmen	Fertigungsstandort	Technik	Aktuelle Produktionskapazität in Megawatt
Antec	Arnstadt	CdTe	20
Brilliant 234	Thalheim	a-Si/μ-Si	Im Bau
Calyxo	Thalheim	CdTe	Im Bau
CSG Solar	Thalheim	c-Si	25
Ersol Thin Film	Erfurt	a-Si, a-Si/μ-Si	40
First Solar	Frankfurt (Oder)	CdTe	120
Johanna Solar	Brandenburg	CIGSSe	30
Oderson	Frankfurt (Oder)	CIS	k.A.
Schott Solar	Putzbrunn	a-Si	k.A.
	Jena	a-Si	33
Solarion	Leipzig	CIGS	Pilotfertigung
Sulfurcell	Berlin	CIS	10
Würth Solar	Schwäbisch Hall	CIS	14,8

a-Si = amorphes Silizium, CdTe = Cadmium-Tellurid, CIGS = Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid, CIGSSe = Kupfer-Indium-Gallium-Schwefel-Selenid, CIS = Kupfer-Indium-Diselenid, bei Sulfurcell: Sulfid, c-Si = kristallines Dünnschichtsilizium, μ-Si = mikrokristallines Silizium.

Quellen: Unternehmensangaben, eigene Recherchen



Kontrolle: Nach der Produktion werden die First Solar-Module auf fehlerhafte Stellen gecheckt.

hen. Knapp unterhalb der Preise konventioneller Module zu bleiben, ist – wie gesagt – die Strategie der neuen Anbieter.

First Solar: Kein Rohstoffproblem absehbar

Der US-Hersteller First Solar nennt immerhin Preise aus der Vergangenheit, wenngleich es nur die Großhandelspreise sind. Im dritten Quartal 2007 habe man die Module im Mittel für etwa 1,80 Euro pro Watt verkauft. Und bis 2012 rechne man mit einem jährlichen Rückgang der Preise von 6,5 Prozent.

Das Unternehmen aus Phoenix (Arizona) produziert Zellen aus Cadmium-Tellurid. Das Halbleitermaterial gilt als kostengünstig prozessierbar: Man könne die Module in einem einfachen, hochgradig automatisierten Prozess in nur zweieinhalb Stunden aus einer Scheibe Glas fertigen. „Schneller Prozess – wenig Maschinen“ heißt das Schlagwort.

Mit Materialknappheit wird nicht gerechnet, weil die Halbleiter als Nebenprodukte vor allem in der Zink- und Kupferverhüttung anfallen. Zudem verweist First Solar darauf, dass man die Menge des Halbleitermaterials in den vergangenen Jahren um mehr als 20 Prozent habe reduzieren können. Die Rohstoffe stünden in Mengen zur Verfügung, die für eine Jahresproduktion von mehreren Gigawatt reichten, heißt es am deutschen Firmensitz in Mainz. Risiken für Umwelt und Gesundheit hält das Unternehmen trotz des Einsatzes des hochgiftigen Schwermetalls Cadmium für nicht gegeben; ein Recyclingprogramm soll die Unbedenklichkeit auch über die Lebensdauer der Module hinaus sicherstellen.

Unterdessen hat Schott Solar im November in Jena die industrielle Großserienfertigung für Dünnschicht-Solarmodule aufgenommen. Produziert werden Panels auf der Basis von amorphem Silizium. Die Jahreskapazität beträgt 33 Megawatt (MW), heißt es dazu aus Alzenau. Die soll bis 2010 auf 100 MW ausgebaut werden. Angaben zu künftigen Preisentwicklungen machte allerdings auch Schott nicht.

Ebenfalls auf Silizium setzt die CSG Solar in Thalheim in Sachsen-Anhalt, wobei die Abkürzung das Verfahren beschreibt: Crystalline Silicon on Glass. Das Unternehmen scheidet das Silizium direkt aus Silangas auf einer strukturierten Glasscheibe ab. Dabei entsteht eine Siliziumschicht mit einer Dicke von weniger als zwei Mikrometern, die anschließend durch Erhitzung kristallisiert wird.

Und selbst damit hat sich die Vielfalt an Modultypen noch nicht erschöpft. Mitte November nahm etwa die Firma Honda Soltec im japanischen Kumamoto die Produktion von Solarzellen aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen (CIGS) auf.

Wie es für diese wie andere Dünnschicht-Technologien langfristig weitergehen wird, hängt von den Erfahrungen mit den Modulen ab, die in diesen Monaten verkauft werden. Von den klassischen Siliziumpanels weiß man inzwischen, dass diese – bis auf Ausnahmen – über 20 Jahre verlässlich Strom erzeugen. Über die Lebensdauer der schlanken Module ist hingegen verhältnismäßig wenig bekannt. Unter den vielen Varianten, die heute am Start sind, wird es aber sicher einige geben, die den Alterstest bestehen. ◀