



FLEXIBEL: Arbeiter der Solar Integrated legen ein Dach in Los Angeles mit Dünnschicht-Modulen aus amorphem Silizium aus.

## Amorphe Renaissance

Der Rohstoffmangel verhilft dem materialgünstigen amorphen Silizium als Basis für Dünnschicht-Module zu neuer Bedeutung. Vor allem in Kombination mit anderen Zelltechnologien zeigt der alte Sonnenstoff ungeahnte Stärken.

Text: Sascha Rentzing

In der Vergangenheit lief es für die Energy Photovoltaics Inc. (EPV) nicht immer rund. Es gab Zeiten, da konnte das Unternehmen seine aus zwei Schichten amorphen Siliziums (a-Si) bestehenden Tandemmodule kaum absetzen. Und auch die Nachfrage nach Produktionsanlagen für diese Technologie, die die US-Amerikaner ebenfalls vertreiben, hielt sich in Grenzen. Einige Unternehmen, wie die ungarische Dunasolar, die mit EPV-Equipment amorphe Stromgeneratoren herstellten, mussten ihre Fertigung sogar einstellen. Folge: In

den Jahren 2002 und 2003 machte EPV kräftige Verluste.

Inzwischen läuft es für die Dünnschicht-Spezialisten aus New Jersey wieder besser: „Unsere Module wie Produktionstechnologie sind derzeit gefragt wie nie zuvor“, sagt Kai Michaelsen-Falz, für den europäischen Markt zuständiger Berater. So hat EPV im Jahr 2004 die Maschinen für eine unabhängig betriebene a-Si-Fabrik mit einer Kapazität von 2,5 Megawatt (MW) im chinesischen Tianjin geliefert. Und Anfang 2006 will die griechische Heliodomi SA ihre neue,

ebenfalls mit EPV-Technologie ausgestattete Fünf-MW-Produktion bei Thessaloniki in Betrieb nehmen. Der bisher größte Coup in der Geschichte der Amerikaner.

Und ein klares Indiz dafür, dass mit a-Si eine alte, fast schon abgeschriebene Technologie weltweit wieder an Bedeutung gewinnt. Galt der leicht zu verarbeitende Sonnenstoff in den frühen Neuzigerjahren für viele als das Photovoltaik (PV)-Material der Zukunft, geriet das amorphe gegenüber kristallinem Silizium in der Folge immer mehr ins Hintertreffen. Hauptgrund dafür

war wohl, dass der Wirkungsgrad einfacher a-Si-Module bis heute nicht auf über sechs Prozent gesteigert werden konnte, während die Wafer-basierte Technologie bereits das Doppelte schafft.

### Ultradünn und kostengünstig

Dabei hat diese Dünnschicht-Variante Vorteile, die ihr gerade in Zeiten knappen und teuren Siliziums zu neuer Bedeutung verhelfen. So bedarf es zur Herstellung eines Moduls nicht nur wenig Materials – die a-Si-Zelle ist mehr als 100-mal dünner als eine herkömmliche Siliziumzelle. Die Produktion der dünnen Sonnenfänger ist im Vergleich zur kristallinen Technologie auch weit weniger aufwändig und energieintensiv. Das spart Kosten. EPV gibt beispielsweise an, pro Watt Leistung bereits unter zwei Euro Produktionskosten zu liegen – bei herkömmlichen Modulen auf Basis von Wafern sind hingegen gut 2,50 Euro einzukalkulieren.

Weitere substanzielle Kostensenkungen sind zu erwarten: „An Verbesserungen der Materialeigenschaften, der Herstellungsprozesse und des Zelldesigns wird intensiv gearbeitet“, sagt Jürgen Hüpkens, ein mit der Silizium-Dünnschicht-Technologie befasster Wissenschaftler am Institut für Photovoltaik des Forschungszentrums Jülich. Keineswegs abwegig also, dass sich einige Unternehmen gute Chancen ausrechnen, a-Si als einfache Variante oder in Kombination mit mikrokristallinem Silizium neben CIS (Kupfer-Indium-(Gallium-)Diselenid) und CdTe (Cadmium-Tellurid) langfristig als dritte Kraft im Dünnschicht-Segment etablieren zu können.

Zu den Unternehmen, die diese Technologie weiter nach vorne bringen wollen, zählt die US-amerikanische United Solar Ovonic LLC. In diesem soll die Kapazität der Modulfabrik in Auburn Hills, Michigan, auf 50 MW verdoppelt werden. „Wir sehen gute Absatzmöglichkeiten, sodass eine Expansion absolut Sinn macht“, erklärt James Metzger, Vizepräsident des United Solar-Mutterkonzerns Energy Conversion Devices Inc.

### Mehr Strom aus Stapelzellen

United Solars Spezialität sind so genannte „Triple Junction“-Module, flexible Stapelzellen, die aus zwei Legierungen bestehen: amorphes Silizium und Germanium. Da jede der insgesamt drei Schichten für einen anderen Spektralbereich zuständig ist, wird das Sonnenlicht optimal ausgenutzt. Das Stan-

dardmodul mit 124 Watt Leistung kommt so auf einen Wirkungsgrad von 6,3 Prozent – ein für a-Si-Generatoren vergleichsweise hoher Wert. Womit United Solar ebenfalls punkten kann, ist die gute „Handlebarkeit“ seiner Stromerzeuger. Diese werden per Rolle zu Rolle-Verfahren auf einer Edelstahlfolie hergestellt und nicht – wie sonst üblich – auf ein Glassubstrat aufgebracht. Dadurch sind die Lamine nicht nur biegsam, sondern besonders leicht und können vielfältig eingesetzt werden.

Eine Eigenschaft, die unter anderem die Biohaus Handels PV GmbH, einer der größten Anbieter von Indach-Systemen in Europa, zu schätzen weiß. „Diese Dünnschichtmodule sind eine ideale Ergänzung unseres Produktportfolios“, betont Geschäftsführer Willi Ernst. Denn die Technologie ermögliche eine effizientere Nutzung diffuser Strahlung bei flachen Dachneigungen und ungünstiger Dachausrichtung. Mit anderen Worten: Triple Junction kann auch dort eingesetzt werden, wo klassische Siliziummodule kaum funktionieren.

Gleich zwei MW der flexiblen Sonnenfänger hat Biohaus deshalb für dieses Jahr in Auburn Hills geordert. Allerdings bekommen die Paderborner nur das ungerahmte „Rohprodukt“ von United Solar geliefert. Die Lamine werden dann in eigener Produktion zu den rund 2,5 mal 0,8 Meter großen, speziell für den Fassaden- oder Flachdach-Einsatz vorgesehenen Solardachziegeln „Biosol XXL“ verarbeitet.

Mit nicht ganz so großen Mengen wie United Solar kann die Schott Solar AG dienen: Die Kapazität der Dünnschicht-Fertigung des PV-Herstellers, dessen Kerngeschäft die Produktion kristalliner Zellen und Module ist, beträgt derzeit drei MW. Aber es ist nicht unwahrscheinlich, dass Schott Solar seine Putzbrunner a-Si-Fabrik in nächster Zeit deutlich erweitern wird. „Die Dünnschichtproduktion wird weltweit deutlich steigen. Auch bei uns wird derzeit intensiv über einen Ausbau diskutiert“, sagt Standortleiter Hermann Maurus.

### Gut kombiniert: mikromorphe Tandemzellen

Derzeit verlassen die bayerische Produktionshalle 1 mal 0,6 Meter große a-Si-Module. Die bestehen aus einfachen und Stapelzellen mit einem Spitzenwirkungsgrad von sechs Prozent. Ein Wert, der potenzielle Betreiber sicher nicht vom Hocker reißt. Aber neben der Fertigung größerer Module, steht die Effizienzsteigerung der nicht-kristallinen ►

## ÜBER 200 MW AMORPHE MODULE IN 2006

Weil sich Solarzellen aus amorphem Silizium (a-Si) günstig und leicht herstellen lassen, interessieren sich Forscher bereits seit Jahrzehnten für diesen Stoff. Der Durchbruch ist a-Si wegen seines vergleichsweise geringen Wirkungsgrads von sechs Prozent aber nicht gelungen. Zwar produzieren weltweit an die 20 Unternehmen Module aus diesem Material – allerdings bisher nur recht geringe Mengen: Gerade einmal rund 60 Megawatt (MW) wurden 2004 weltweit produziert.

Doch angesichts des Siliziumengpasses wittern die Dünnschicht-Hersteller ihre Chance und wollen ihre Linien deutlich ausbauen. Über 200 MW Kapazität sind für 2006 angekündigt. Ganz vorne dabei sind die US-amerikanischen und japanischen Solarunternehmen. United Solar etwa plant, die Kapazität für seine aus drei Lagen Zellen bestehenden Module (Triple Junction) von 25 auf 50 MW zu erhöhen. Auch Kaneka und Sharp, Hersteller mikromorpher Sonnenfänger, wollen ihre Linien vergrößern. Sharp hat jüngst seine neue 15 MW-Fertigung in Japan fertig gestellt und plant – im Zuge der Europa-Expansion weiter auszubauen. Kaneka tastet sich in kleinen Schritten vorwärts: Verfügten die Japaner 2004 noch über 20 MW Kapazität, waren es 2005 genau 23 MW. Weitere sieben MW kommen in diesem Jahr hinzu. Aber auch Newcomer wollen mit amorphem Silizium ins Geschäft kommen. Die chinesische Soltech Corp. will beispielsweise im nächsten Jahr schon 35 MW a-Si-Module fertigen – 2004 lag die Kapazität bei 15 MW.

Zurückhaltend ist dagegen der einzige deutsche Hersteller dieser Technologie, die Schott Solar AG. Seit 2003 laufen in der Putzbrunner Modulfabrik nicht mehr als drei MW pro Jahr vom Band. Daran soll sich auch 2006 nichts ändern. Allerdings hat Schott Solar ein besonders leistungsfähiges mikromorphes Modul entwickelt, das in zwei, drei Jahren in die Fertigung gehen und den Produkten von Sharp und Kaneka Konkurrenz machen soll.



**VON DER ROLLE:**  
Dünnschicht-Module können fast überall eingesetzt werden – auch auf Dächern von Partyzelten.

Sonnenfänger auf der „Roadmap“ von Schott. So arbeitet das Unternehmen gemeinsam mit dem Forschungszentrum Jülich und weiteren Partnern an der Verbesserung der so genannten transparenten leitfähigen Metalloxid-Schicht (TCO). Als Vorderseitenkontakt von Dünnschichtmodulen ist sie entscheidend für deren Effizienz. TCO soll das Sonnenlicht in möglichst flachem Winkel in die Zelle streuen, damit es dort weite Wege zurücklegen muss und gut absorbiert werden kann. Gelingt es, „bessere“ Metallschichten zu entwickeln, kann nach Maurus' Angaben ein Wirkungsgrad für das Schott Solar-Tandemmodul von sieben statt sechs Prozent erwartet werden.

Aber damit nicht genug der Dünnschicht-Aktivitäten: Schott Solar bastelt an neuen Modulkonzepten. Ein viel versprechender Ansatz ist die mikromorphe Variante – ein Sonnenfänger, der aus einer Doppelschicht amorphen (Topzelle) und mikrokristallinen Siliziums (Bottomzelle) besteht. Die Aussicht auf Wirkungsgrade, die denen der kristallinen Technologie recht nahe kommen, macht dieses Projekt besonders interessant. Das Forschungszentrum Jülich etwa hat für diese Zellen bereits einen stabilisierten Wirkungsgrad von 11,2 Prozent erreicht.

Die guten Werte sind den unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeiten der beiden Schichten zu verdanken – a-Si fischt besonders gut im kurzwelligen Bereich nach

Photonen, das mikrokristalline Silizium absorbiert zusätzlich langwelliges Licht. Hört sich nach einem einfachen Prinzip an. Doch was im Labor gelingt, lässt sich nicht 1:1 in die industrielle Fertigung übertragen. Eine der wesentlichen Herausforderungen ist es etwa, die Abscheideraten des mikrokristallinen Siliziums zu erhöhen. Außerdem gilt es, durch Optimierung der TCO-Schicht einen besseren Lichteinfall in die Zelle sicherzustellen. Obgleich einige Hürden bleiben, geht Maurus davon aus, in zwei Jahren erste Tandemmodule mit Wirkungsgraden von acht bis neun Prozent präsentieren zu können.

### Kaneka und Sharp starten Massenproduktion

Den japanischen Konzernen Kaneka und Sharp ist die Hochskalierung bereits gelungen. Beispiel Kaneka: Nachdem sich das einfache amorphe Modul der Japaner im Markt durchgesetzt hat – wegen der großen Nachfrage soll die Kapazität der a-Si-Fabrik in Toyooka „in Kürze“ auf 40 MW verdoppelt werden –, stellt Kaneka nun auch mikromorphe Sonnenfänger her. Zwar waren die 0,95 mal 0,98 Meter großen 44 Watt-Tandems bisher nur in Japan zu haben, doch das soll sich ändern: Nach Auskunft der Europa-Niederlassung von Kaneka ist eine Massenproduktion und damit auch der internationale Vertrieb der Panels vorgesehen. Schwer zu glauben ist allerdings, dass es die neuen, in

der Pilotierung befindlichen Module schon auf Wirkungsgrade von zehn Prozent bringen. Gegertücheln lässt sich das nicht, unabhängige Tests stehen aus.

Offene Fragen bleiben auch bei der Sharp Corp. Bereits im letzten Jahr hat der weltgrößte Hersteller herkömmlicher kristalliner Zellen angekündigt, in die Massenproduktion von Modulen aus amorphem und mikromorphem Silizium einzusteigen. Wann die eigens dafür am Standort Katsuragi errichtete Fabrik mit einer Kapazität von 15 MW aber in Betrieb gehen soll, dazu gibt es keine Informationen. Ebenso wenig darüber, wie das Dünnschichtpanel, das Sharp in Zukunft anbieten will, konkret aussehen soll. Bleibt es bei den ursprünglichen Plänen, in Katsuragi ein 1,13 mal 0,93 Meter großes Tandem mit acht Prozent Wirkungsgrad zu produzieren oder ist das vom Konzern auf der Photovoltaik-Konferenz in Barcelona im Sommer angekündigte Elf-Prozent-Modul bereits reif für die Fabrik?

Eines lässt sich angesichts des hohen finanziellen und Forschungsaufwands, den Sharp betreibt, indes klar sagen: Für den Marktführer ist die Dünnschicht mehr als eine Ergänzung des Produktportfolios; sie ist – nicht zuletzt wegen des Siliziumengpasses – eine wichtige Option für die Zukunft. Dass das amorphe Silizium hierbei eine zentrale Rolle spielt, zeigt, dass die große Zeit des alten Sonnenstoffs möglicherweise erst noch bevorsteht. ◀