

Neue Maschinen zur Produktion von Solarzellen und Modulen waren in den vergangenen Jahren kaum gefragt. Bei den von Überkapazitäten geplagten Herstellern blitzten die Maschinenbauer selbst mit innovativster Technik ab. Allmählich wendet sich das Blatt aber wieder: Die Schmid Group aus Freudenstadt hat soeben eine neue Produktionslinie für sogenannte bifaziale Zellen und Module an den mexikanischen Hersteller ERDM Solar geliefert. Bifazialzellen können dank einer lichtdurchlässigen Rückseite beidseitig Sonnenlicht absorbieren – dadurch liefern sie bis ein Drittel mehr Strom als herkömmliche Zellen.

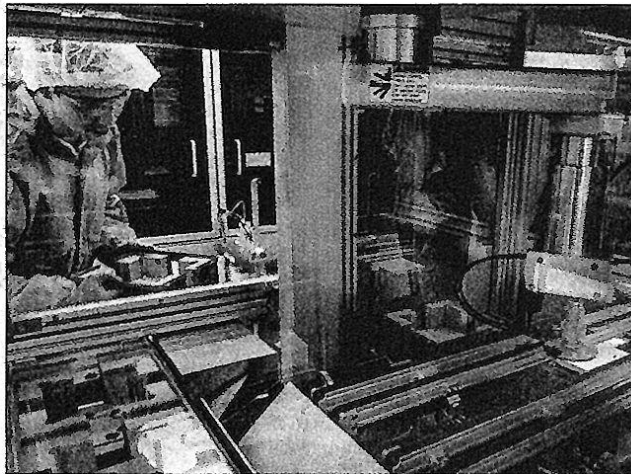
Weitere Besonderheit der Schmid-Lösung: Bisher wird ausschließlich hochwertiges monokristallines Silizium für die Herstellung von Bifazialzellen verwendet. Die Schmid-Maschinen verarbeiten erstmals günstigeres multikristallines Material. Das ist bei Bifazialzellen schwierig, denn multikristallines Silizium ist hitzeempfindlicher als monokristallines und kann bei dem für Bifazialzellen erforderlichen Produktionsverfahren leicht beschädigt werden. Schmid musste die einzelnen Prozessschritte deshalb neu überdenken.

### Sprung im Wirkungsgrad

Wirkungsgradgewinne rechtfertigen aber den Entwicklungsaufwand: Die Effizienz der Zellen beträgt nach Unternehmensangaben 17,5 % auf der Vorder- und 16 % auf der Rückseite. „Mit dieser neuen Technologie wird der Stromertrag von multikristallinen Zellen mit dem von teureren monokristallinen Zellen vergleichbar“, erklärt Schmid-Manager Christian Buchner.

Mit der neuen Mexiko-Linie setzt Schmid ein Zeichen. Der solare Weltmarkt wächst, Überkapazitäten verschwinden, einige Hersteller modernisieren bereits ihre Produktionsstätten. Vor allem verbesserte Herstellungsprozesse für effizientere Zellen werden integriert, sagt der Analyst Finlay Colville vom US-Marktforschungsunternehmen NPD Solarbuzz. Er schätzt, dass durch die Modernisierungen die durchschnittliche Leistung multikristalliner Siliziummodule in diesem Jahr steigen wird.

Neben Bifazialzellen wird auch den Perc-Zellen (Passivated Emitter and Rear Contact) großes Potenzial zugesprochen. Ihre Rückseite ist mit einer Schicht aus Siliziumnitrid über-



Gut genug? Am Ende moderner Produktionen werden die Solarzellen nach Wirkungsgraden sortiert.

FOTOS: WERKBILDER

# Leistungsschub bei Solarzellen

Die Branche hat die Absatzkrise für Forschung und Entwicklung genutzt. Nun stehen Innovationen in allen Technologiebereichen der Photovoltaik an.

zogen, die Lichtstrahlen reflektiert, die das Silizium durchdringen. „Das Licht wird so besser genutzt, der Wirkungsgrad steigt“, erklärt der Solarforscher Kristian Peter vom Konstanzer Solarforschungsinstitut ISC.

Perc-Zellen könnten zum neuen Industriestandard werden, denn immer mehr Hersteller investieren in die Technik. Solarworld etwa produziert monokristalline Perc-Zellen seit dem vergangenen Jahr. Sie wandeln nach Unternehmensangaben mehr als 20 % des Lichts in Strom um und ermöglichen so einen Leistungsanstieg bei den Solarworld-Modulen von 250 auf 275 bis 280 W.

### Rückseitensammler sparen Platz

Noch höhere Modulleistungen von mehr als 300 W sind mit hocheffizienten Rückseitenszellen möglich. Dieser Zellentyp trägt sämtliche Kontaktfinger und Leiterbahnen auf der Rückseite. So bleibt die Front komplett frei, und es kann mehr Licht eindringen. Die US-Firma Sunpower, Spezialist auf dem Gebiet der Rückseitensammler, produziert inzwischen Zellen mit mehr als 24 % Effizienz.

Dank ihres hohen Wirkungsgrads lässt sich die Technik platzsparend installieren und

eignet sich somit für Standorte, an denen viel Power auf engstem Raum gefragt ist. In Japan etwa, wo für die Solarenergie oft nur kleine Dachflächen zur Verfügung stehen, sind Rückseitensammler beliebt. Auch Energieversorger in den USA bestücken ihre Solarparks im Südwesten bevorzugt mit Sunpower-Modulen, denn sie nutzen die dort vorherrschende Direktstrahlung besonders effizient aus.

Bisher profitiert Sunpower davon, der einzige Hersteller von Rückseitensammlern zu sein. Die Technik ist komplex und lässt sich nur mit relativ hohem Aufwand herstellen. Einige Solarforschungsinstitute wie das ISFH in Hameln haben aber mittlerweile ebenfalls serien-taugliche Verfahren für Rückseitensammler entwickelt. Solarmaschinenbauer könnten sie aufgreifen und die für diesen Zellentyp nötige Fertigungsstrecke bauen.

Eine Hocheffizienz-Alternative zu Rückseitensammlern sind Heterojunction-Zellen, bei denen monokristalline Wafer beidseitig mit amorphem Silizium beschichtet werden. Weil durch die Schutzschichten weniger Ladungsträger an der Oberfläche des Siliziumkristalls verloren gehen, steigt der Wirkungsgrad. Panasonic erreichte mit einer 100 cm<sup>2</sup> großen Laborzelle im

April 2014 25,6 % und hält damit den Effizienzrekord für Siliziumzellen.

Bisher besetzen Heterojunction-Zellen wegen ihres andersartigen Aufbaus nur eine Nische, doch könnte ihr Marktanteil bald steigen. Roth & Rau, die heutige Tochter des schweizerischen Unternehmens Meyer Burger, griff das bis 2010 patentrechtlich geschützte Konzept von Panasonic auf und entwickelte eine Linie für Heterojunction-Zellen, die mittlerweile verfügbar ist. Bei der Firma Meyer Burger heißt es, sie könne Zellen mit 24 % hervorbringen. Sie arbeitet bereits an weiteren Effizienzsteigerungen, wofür sie unter anderem die Heterojunction-Technologie auf Bifazialzellen anwendet. In der Entwicklungslinie in Thun baut Meyer Burger daraus Module mit rekordverdächtigen 327 W Leistung.

Wissenschaftler glauben, dass die Technologie die europäische Solarindustrie auf die Erfolgspur zurückholen könnte. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg, das französische Forschungsinstitut INES und das Schweizer Zentrum für Elektronik und Mikrotechnik (CSEM) haben ein Förderkonzept für eine europäische Photovoltaikproduktion mit einer Jahreskapazität von mindestens einem Gigawatt erarbeitet. Heterojunction-Zellen spielen darin die zentrale Rolle. Das Werk, das als Gemeinschaftsprojekt der europäischen Solarbranche gedacht ist, soll diese Zellen günstiger zu Modulen verarbeiten als chinesische Großproduktionen – und somit den krisengeschüttelten Solarfirmen eine neue Perspektive bieten. Derzeit suchen die Institute nach einem Industriepartner, der die Gigawattfabrik mit ihnen umsetzt.

### Mehrfachzellen mit Rekord

Noch effizienter als Silizium-Hochleistungszellen sind Mehrfachzellen, die aus vier halbleitenden Verbindungen von Materialien der chemischen Hauptgruppe III und V wie Aluminium, Gallium und Indium bestehen. Das Fraunhofer-Institut (ISE), der französische Halbleiterzulieferer Soitec und weitere Partner haben mit der Technik soeben einen Wirkungsgradrekord von 46,5 % aufgestellt.

Mehrfachzellen sind das Herzstück konzentrierender Solarsysteme. Auf Nachführeinrichtungen, den Trackern, montierte Module folgen dem Verlauf der Sonne. In die Module integrierte Linsen sammeln das

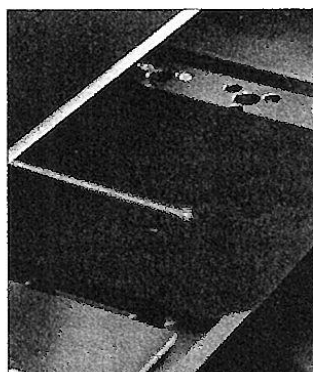
Licht und lenken es, vielfach verstärkt, auf die winzigen Zellen. Die Kombination konzentrierender Optik und hocheffizienter Halbleiter sorgt dafür, dass das Licht besser genutzt wird.

Vom ISE entwickelte sogenannte Flatcon-Module wandeln derzeit 35,7 % des Lichts in Strom um. Dank der hohen Effizienz kann die Technik laut ISE-Forscher Andreas Bett an Standorten mit hoher Direkteinstrahlung günstiger Strom erzeugen als herkömmliche Siliziummodule. Deshalb würden weltweit auch immer mehr Konzentratorenprojekte realisiert. Zu den größten zählt der 44-MW-Solarpark Touwsrivier in Südafrika, den Soitec derzeit für den südafrikanischen Stromversorger Eskom baue, so Bett.

### Renaissance der Dünnschicht?

Auch die Dünnschichttechnik könnte in Solarprojekten wieder verstärkt zum Einsatz kommen. In den vergangenen Jahren verloren sie Marktanteile, weil die Hersteller bei den Effizienzen und den Kosten nicht mit der kristallinen Konkurrenz mithalten konnten. Doch der Abstand schmilzt: First Solar, US-Hersteller von Dünnschichtmodulen aus Cadmium-Tellurid (CdTe), erzeugt mittlerweile Spitzenpaneele mit 17 % Wirkungsgrad und dringt damit in Bereiche vor, die bisher multikristallinen Siliziummodulen vorbehalten waren. Zum Vergleich: Vor einigen Jahren dümpelten die Module der Amerikaner noch bei zwölf Prozent.

Zufrieden sind die First Solar-Entwickler mit ihrer Technik aber noch nicht. Im August vorigen Jahres erzielten sie einen Effizienzrekord für Dünnschichtmodule von 21 %. Diesem Wert wollen sie in der Produktion möglichst bald nahekomen und zugleich die Herstellungskosten von 0,63 \$ 2013 auf 0,35 \$ bis 2018 senken. Diese Entwick-



**Mehr Präzision:** Neueste Solarzellen werden per Laser bearbeitet, um feinere Strukturen zu schaffen.

lung scheint auch bei Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (CIGS) realistisch zu sein. Große asiatische Unternehmen wie Samsung oder Solar Frontier bauen ihre CIGS-Kapazitäten aus. Skaleneffekte durch die weltweit steigenden Produktionsmengen versprechen Kostensenkungen. In acht Jahren seien beim CIGS Moduleffizienzen von 20 % und Kosten von weniger als 0,30 \$/W möglich, erklärt der Dünnschichtexperte Bernhard Dimmler vom Reutlinger Maschinenbauer Manz.

In der Photovoltaik werden neben Wirkungsgradgewinnen aber auch Material sparende Technologien wichtiger. Zwei Entwicklungen verstärken diesen Trend: Zum einen werden für neue Anwendungsbereiche wie die gebäudeintegrierte Photovoltaik flexible und leichte Module benötigt. Zum anderen entdecken Forscher immer neue, viel versprechende Halbleitermaterialien, die leichter zu Zellen verarbeitet werden können als Silizium. Lichtaktive Farbstoffe, Kunststoffmoleküle oder metallorganische Verbindungen wie Perowskit können – in Flüssigkeit gelöst – kontinuierlich und schnell im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf Folien gedampft oder gedruckt werden. Firmen wie die Dresdner Heliatek oder der chinesische Hanergy-Konzern treiben die Entwicklung flexibler Photovoltaik deshalb voran.

In der Siliziumphotovoltaik geht es ebenfalls nicht mehr nur um Wirkungsgradsteigerungen, sondern auch um abgespeckte Zellenkonzepte. Die Wafer, die zu Zellen verarbeitet werden, sind heute immer noch durchschnittlich 170 µm dick und machen etwa ein Drittel der Kosten des fertigen Moduls aus. Forscher des ISFH etwa experimentieren daher mit dünneren Wafers. Sie trennen mithilfe von Ätzstrom nur etwa 20 µm dicke Schichten von einem monokristallinen Wafer. Den abgetrennten Absorber kleben sie auf Glas, sodass er bruchstabil weiterverarbeitet werden kann. Zwar erreichen die ISFH-Forscher mit diesen Zellen derzeit nur rund 13 % Wirkungsgrad, dafür sind sie wesentlich günstiger als herkömmliche Siliziumzellen. Laut ISFH ist der Prozess fast industriereif. An Nachschub aus den Labors mangelt es der Solarindustrie in den kommenden Jahren nicht. Für potenzielle Solarkunden heißt das: Sie können mit weiter sinkenden Modulkosten rechnen.

SASCHA RENTZING,  
FREIER JOURNALIST, DORTMUND