

Schneller und besser: Noch laufen in Deutschlands Zellfabriken überwiegend herkömmliche Siliziumzellen vom Band, bald könnten neue Hochleistungs-Sonnenfänger darunter sein.

# Das Letzte rausholen

Bei der kristallinen Siliziumtechnik sind nach wie vor Effizienzsteigerungen möglich. Schon bald könnten Lichtsammler mit 20 Prozent Wirkungsgrad Standard sein.

Text: Sascha Rentzing

Die Conergy AG sorgt in der Solar-Berichterstattung derzeit für willkommene Abwechslung. Erregten in den letzten Monaten vor allem die Dünnschichthersteller mit ihren ehrgeizigen Wachstumsplänen Aufsehen, bestimmt momentan der Hamburger Solarkonzern mit seinem aktuellen Siliziumprojekt die Schlagzeilen: In Frankfurt/Oder baut das Unternehmen derzeit für 250 Millionen Euro eine Produktionsstätte für kristalline Siliziummodule. Bereits 2008 sollen dort 300 Megawatt (MW) Wafer, 275 MW Zellen und 250 MW Panels produziert werden (siehe Seite 78).

Dort will Conergy auch technologisch Maßstäbe setzen. So sollen in der nach eigenen Angaben „weltweit modernsten Fabrik“ extrem dünne Wafer verwendet werden – die Fertigung startet mit Zelldicken von 200 Mikrometern und ist auf eine Reduzierung von 160 Mikrometern ausgelegt. Zudem wollen die Hamburger den Wirkungsgrad ihrer Zellen sukzessive steigern. „Bei der monokristallinen Variante werden wir mit 17 Prozent starten und hoffen, mittelfristig 19 Prozent zu erzielen“, sagt Projektmanager Sylvere Leu. Zum Vergleich: Bei monokristallinen Zellen sind 17 Prozent heute absolute Spitze. Erreicht werden sollen die Wirkungsgradsteigerungen bei Conergy etwa durch eine bessere Passivierung der Zelloberfläche. Passivierende Schichten verhindern, dass generierte Ladungsträger in der Zelle rekombinieren, sprich: sich gegenseitig löschen, bevor sie als Strom abgegriffen werden können.

Ist Conergy mit diesem Vorhaben erfolgreich, bedeutet das: Obwohl die kristalline Siliziumtechnik als weit entwickelt gilt, sind bei den ‚klassischen‘ Zellen weitere nennenswerte Effizienzsteigerungen und mithin deutliche Kostensenkungen möglich. Wis-

senschaftler haben die Potenziale aufgezeigt: Solarforscher der University of New South Wales, Sydney, wiesen bei einer Siliziumsolarzelle einen Wirkungsgrad von 24,7 Prozent nach. „Theoretisch sind bei monokristallinen Siliziumzellen 29 Prozent drin“ sagt Stefan Glunz, Leiter der Abteilung Entwicklung und Charakterisierung von Siliziumsolarzellen am Freiburger Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Dass dieser Wert in der Praxis erreicht werde, sei zwar unrealistisch. An die 22 Prozent könne man aber mit vertretbarem ökonomischem Aufwand herankommen, so der Wissenschaftler.

Auch andere Firmen lassen nichts unversucht, diesen Wert zu erreichen. Allerdings dringen Details über Forschungs- und Entwicklungserfolge kaum an die Öffentlichkeit; im Wettrennen um die beste Zelle hüten die Hersteller ihre Ansätze wie Geheimrezepte.

## 22 Prozent Wirkungsgrad im Visier

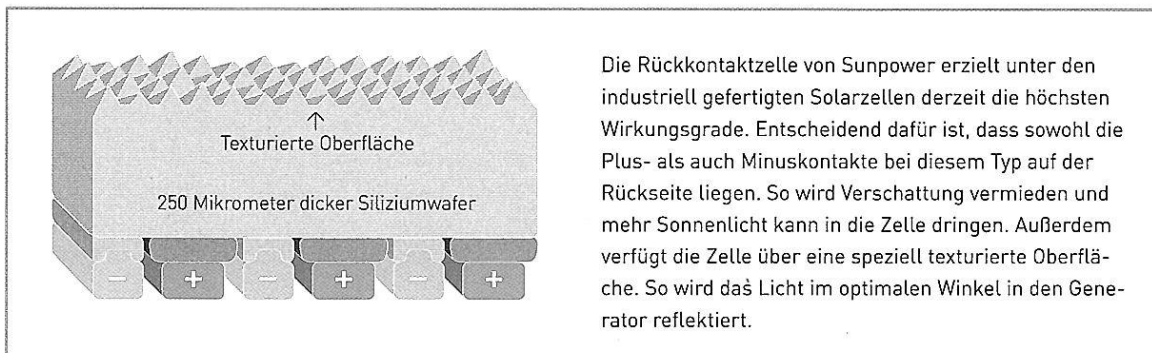
Prinzipiell werden zwei Pfade verfolgt: Zum einen arbeiten die Unternehmen an der Optimierung bestehender, zum anderen an der Entwicklung komplett neuer Zellkonzepte. Aus der bestehenden Technik mehr raussholen lässt sich etwa mithilfe neuer Verfahren zur Oberflächenpassivierung, bessere Prozessierungstechniken, etwa der Behandlung der Zelle mittels Laser, sowie alternativer Metallisierungsmethoden. Diese Maßnahmen zielen – vereinfacht gesagt – darauf ab, dass noch mehr Licht in die Zellen eindringen kann und Sonnenphotonen die Zelle nicht ungenutzt verlassen. Außerdem geht es darum, den Drang der Ladungsträger zur Rekombination zu minimieren. Auf neue Wege der Metallisierung konzentriert sich

derzeit die Solar World-Tochter Deutsche Cell GmbH. Das Unternehmen will künftig Solarzellen mit feineren Stromsammelschienen auf der Vorderseite produzieren. Sie haben die Aufgabe, die in der Zelle erzeugte Spannung abzugreifen. „Je dünner die Kontakte sind, desto weniger wird der Lichteinfall in die Zelle behindert“, erklärt Geschäftsführer Ralf Lüdemann die Vorteile des neuen Ansatzes. Diese Maßnahme könnte dazu beitragen, den Wirkungsgrad „zügig“ um ein Prozent zu steigern – der beste Lichtfänger von Deutsche Cell würde es dann auf 18 Prozent bringen.

Auch bei der Zellprozessierung sind Verbesserungen möglich. Die Ersol Solar Energy AG beispielsweise arbeitet nach Aussagen von Projektleiter Jan Lossen an einem Verfahren zur Passivierung der Solarzellen-Rückseite. Von der neuen Technik erwartet man sich gleich mehrere Vorteile: So wird das Licht an der Rückseite besser in die Zelle zurückreflektiert. Von den erzeugten Ladungsträgern gehen außerdem weniger durch Rekombination verloren, daher wird mehr Strom erzeugt. „Wir gehen davon aus, dass sich der Wirkungsgrad unserer monokristallinen Zelle mithilfe dieser Technik weiter erhöhen lässt“, sagt Lossen. Derzeit erreichen Ersol-Zellen Wirkungsgrade von bis zu 17 Prozent. Die 20-Prozent-Hürde ist aus seiner Sicht aber nur mit neuen Konzepten, wie zum Beispiel der Back-Junction-Zelle, bei der sich beide Kontakte auf der Rückseite befinden, zu überwinden.

„Für Effizienzsprünge brauchen wir neue Zelltypen“, sagt auch Florian Holzapfel, stellvertretendes Vorstandsmitglied für den Bereich Technologie der Q-Cells AG. Sein Unternehmen arbeitet momentan an der Rückkontaktzelle. Das Besondere: Der so genannte Emitter, also die negativ dotierte

## Die Rückkontaktzelle



Die Rückkontaktzelle von Sunpower erzielt unter den industriell gefertigten Solarzellen derzeit die höchsten Wirkungsgrade. Entscheidend dafür ist, dass sowohl die Plus- als auch Minuskontakte bei diesem Typ auf der Rückseite liegen. So wird Verschattung vermieden und mehr Sonnenlicht kann in die Zelle dringen. Außerdem verfügt die Zelle über eine speziell texturierte Oberfläche. So wird das Licht im optimalen Winkel in den Generator reflektiert.

Schicht, die dafür verantwortlich ist, die in der Zelle generierten Elektronen zu den Kontakten zu leiten, befindet sich bei dieser Technik nicht – wie bei Standardzellen – an der Vorder-, sondern an der Rückseite. Damit kann auch der negative Kontakt, der sonst auf der Front sitzt, hinten angebracht werden. Die Vorteile: Das herkömmliche Front-Kontaktgitter und die daraus resultierende Verschattung fallen weg, es kann mehr Licht eindringen und die Zelle deutlich mehr Leistung bringen. Außerdem lassen sich Rückkontaktzellen viel einfacher

und auch dichter zu Modulen verschalten, denn die Verbindung muss nicht ständig vom Vorderseitenkontakt einer Zelle zum Rückseitenkontakt der nächsten wechseln.

**Sunpower gibt die Richtung vor** Einfach zu Rückkontaktzellen „umrüsten“ lässt sich die herkömmliche Technik nicht, denn sie arbeiten nach einem anderen Prinzip: Sie bestehen aus einer mit Phosphor-Atomen angereicherten Oberseite und einer mit Bor-Atomen behandelten Unterseite. Dadurch entsteht zwischen den beiden Zo-

nen ein elektrisches Feld. Trifft Licht auf die Zelle, werden freie Ladungsträger – Elektronen und Löcher – gebildet, die sich unter dem Einfluss des inneren elektrischen Felds trennen. An der unteren Seite bildet sich eine positive Ladung, die Elektronen bewegen sich zur oberen Fläche.

Als großes technisches Vorbild der Hersteller gilt die Rückkontaktzelle der US-amerikanischen Sunpower Corporation. Sie bringt es auf einen Rekord-Wirkungsgrad von 20 bis 21 Prozent. Allerdings hat die Technik auch einen großen Nachteil: Sie ist

deutlich teurer als andere Hochleistungszellen. Der Grund: Sunpower-Zellen basieren auf extrem hochwertigem monokristallinem Silizium, das in einem aufwändigen Verfahren (Float-Zone-Verfahren) hergestellt werden muss. Da die US-Stromgeneratoren keinen Emitter auf der Vorderseite haben, müssen die freien Ladungsträger durch die ganze Zelle hindurch bis zu den Kontakten auf der Rückseite. In schlechtem Material würden sich Elektronen und Elektronenlöcher schnell gegenseitig auslöschen. Das Top-Silizium garantiert dagegen, dass sie den langen Weg schaffen. Sehr dünne Wafer könnten das Material- und Kostenproblem verringern. Doch mit der Waferdicke beliebig runtergehen kann Sunpower nicht. Denn die Firma druckt die Rückseitenkontakte auf. Bei diesem Prozess wirken mechanische Kräfte, dabei würden zu dünne Siliziumscheiben schnell brechen.

Q-Cells hat gemeinsam mit dem Fraunhofer ISE und dem Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) einen Weg gefunden, Rückkontaktzellen günstiger zu fertigen. Der Ansatz der so genannten Quebec-Zelle: Statt des teuren Spezialsiliziums wird herkömmliches monokristallines Material verwendet. Dieses ist so „präpariert“, dass die Ladungsträger die lange Strecke zur Rückseite selbst im „unreineren“ Milieu unbeschadet überstehen. Außerdem hat die Kooperative eine Industrie-taugliche Lösung gefunden, die Zellrückseite per Laser zu behandeln. Im Labor konnte der deutsche Power-Generator bereits überzeugen: „Wirkungsgrade von an die 21 Prozent wurden nachgewiesen“, sagt Q-Cells-Technologie Holzapfel. Die Technik soll nun „so bald wie möglich“ industriell gefertigt werden. Eine entsprechende Pilotlinie will Q-Cells Ende 2007 bauen.

Parallel zur Rückkontaktzelle nach dem Sunpower-Prinzip arbeiten Fraunhofer ISE und ISFH noch an einem anderen Ansatz: der so genannten „Emitter Wrap Through“-Zelle (EWT). Auch bei diesem Typ liegen die Kontakte auf der Rückseite. Allerdings befindet sich der Emitter, also die Elektronen leitende Schicht, hier auf Vorder- und Rückseite. Das geht, weil der Front-Emitter durch viele winzige Löcher mit der Rückseite verbunden ist. Durch diese Tunnel wird es den Ladungsträgern leicht gemacht, Kontakt aufzunehmen: In welche Richtung diese auch wandern – ob zur Ober- oder zur Rückseite – nach spätestens der halben Zell-

dicke ist das Ziel erreicht. Schöner Nebeneffekt: Da die Ladungsträger nicht so weite Strecken zurücklegen müssen, darf das verwendete Silizium etwas schlechter sein.

Die EWT-Zelle des ISFH ist nach Angaben des Instituts bereits reif für die industrielle Fertigung. Die Hamelner Forscher haben einen Photonensammler entwickelt, der wie die Quebec-Zelle mittels Laser gefertigt werden kann. Zudem werden die Kontakte in nur einem einzigen Metallisierungsschritt auf die Rückseite aufgedampft. Dieser einfache Produktionsprozess lässt die Verarbeitung sehr dünner Wafer zu.

Und die Qualität der Zelle stimmt offenbar: „Wir konnten einen Wirkungsgrad von 21,3 Prozent nachweisen“, so Rüdiger Meyer, Gruppenleiter der Solarzellenentwicklung am ISFH. Wie hoch die geschätzten Produktionskosten dieser Technik sind, kann der Forscher nicht sagen. „Endgültig Klarheit wird es erst geben, wenn wir eine Pilotfertigung haben.“ Meyer hofft deshalb, dass sich von den „diversen Interessenten“ bald einer findet, der die Technik seriell fertigen will. „Das Konzept steht. Eine industrielle Fertigung mit 20 bis 30 MW Produktionsleistung könnte bereits in zwei bis drei Jahren starten.“

Vielversprechende Ansätze für deutlich verbesserte und neue kristalline Siliziumzellen gibt es also genug und es ist stark davon auszugehen, dass viele Zellhersteller mittelfristig in Produktionsstätten investieren, um die Hochleistungszellen fertigen zu können. Der finanzielle Aufwand dürfte sich lohnen. Denn die Effizienz der Technik kann noch bedeutend erhöht werden: Neue Zelltypen versprechen deutliche Wirkungsgradsteigerung und benötigen dabei deutlich weniger Silizium. Kurzfristig werden die Unternehmen ihre Standard-Zellen erst einmal so weit wie möglich optimieren. Hierzu werden bestehende Linien durch Integration neuer Maschinen und Verfahren modernisiert.

Diesen zweistufigen Prozess – die bestehende Standardzelle verbessern, dann neue Zelltypen entwickeln – wird möglicherweise auch die Conergy AG verfolgen: Der Konzern steigt in Frankfurt derzeit in die Fertigung hocheffizienter Zellen ein, langfristig könnte neben der derzeit gebauten Fabrik ein Werk entstehen, in dem neue Zelltypen produziert werden. Genug Platz ist vorhanden: Das riesige Grundstück neben der Chipfabrik hat Conergy gleich mitgekauft. ◀