

Rückenbehandlung: Zellenhersteller Solland hat eine Pilotproduktion seiner neuartigen Plum-Zellen gestartet. Hier werden per Laser kleine Löcher in die Zellrückseite gebohrt.

Mit gestärktem Rücken

Der Wirkungsgrad von Solarzellen ist längst nicht ausgereizt. Um Kosten zu senken, kämpfen Forscher und Ingenieure um jeden Prozentpunkt. Rückkontaktzellen stehen im Fokus.

Text: Sascha Rentzing

Gosse Boxhoorns Entlassung kam überraschend. Die von ihm gegründete und jahrelang geführte Firma, der deutsch-niederländische Zellenhersteller Solland Solar, galt als Aufsteiger der Branche. Boxhoorn wollte die Produktionskapazität der Zellenfabrik in Heerlen bis 2010 auf 500 Megawatt (MW) verdreifachen und gleichzeitig eine neuartige Rückkontaktzelle mit verbessertem Wirkungsgrad zur Serienreife bringen. Doch Anfang Oktober schasste Mehr-

heitsgesellschaft Delta den Solarmanager. Dem niederländischen Energieversorger seien Boxhoorns Ziele zu forsch gewesen und auch in Technologiefragen habe es Differenzen gegeben, erklärt Sollands Betriebsratsvorsitzender Maurice de Jong.

Die Branche war überrascht. Boxhoorns Technik-Innovation erntete auf der Photovoltaik-Konferenz in Valencia viel Lob: Bei den im Zentrum für Energieforschung der Niederlande (ECN) entwickelten so-

nannten Pum-Zellen (Pin Up Module) aus multikristallinem Silizium befinden sich die Stromsammelschienen auf der Rückseite. So wird die Frontseite nicht von den Zellverbindern verschattet; die sind komplett rückseitig miteinander verschaltet. Das verbessert den Wirkungsgrad und erleichtert die Modulfertigung. „Wir erhöhen die Effizienz bei gleichbleibenden Produktionskosten“, sagt Solland-Forschungschef Martin Fleuster. Ein Konzept, das Delta schließlich wohl

Solar-Glossar

Emitter nennt sich die gut leitende Schicht hinter der Zelloberfläche. Sie sammelt die vorne generierten Elektronen und leitet sie zu den Frontkontakten. Bei Rückkontaktzellen muss der Emitter entweder durch Löcher zu den hinteren Kontakten geführt oder komplett an die Rückseite verlegt werden.

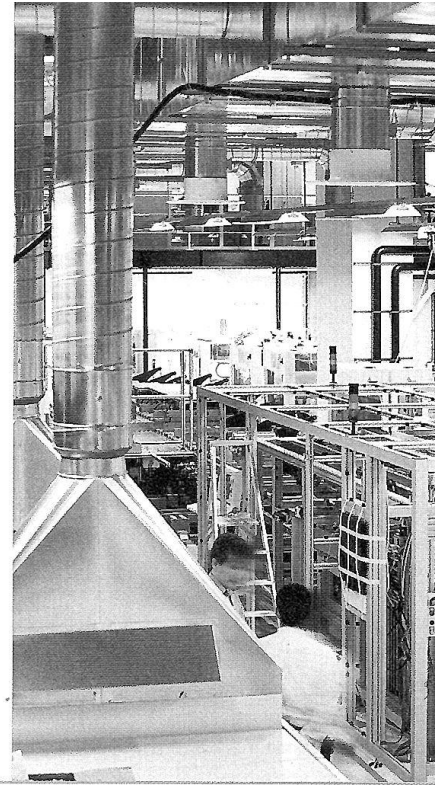
Direkt gereinigtes metallurgisches Silizium weist mehr Verunreinigungen auf als das marktübliche Halbleitersilizium, ist aber preiswerter. Es wird gewonnen, indem Verunreinigungen durch mehrmaliges Aufschmelzen direkt entfernt werden. Auf energieintensive Destillation wird verzichtet.

Kontaktfinger leiten den Solarstrom aus der Zelle zu den Stromsammelschienen, über die Zellen zu einem Modul verschaltet werden.

Monokristallines Silizium wird aus einer hochreinen Siliziumschmelze gewonnen. Aus ihr werden einkristalline Stäbe gezogen, die dann in dünne Scheiben, in Wafer, geschnitten werden. Durchschnittlicher Wirkungsgrad: 17 Prozent.

Multikristallines Silizium ist weniger hochwertig als monokristallines Silizium. Es wird in Blöcke gegossen und in Scheiben geschnitten. Bei Abkühlung bilden sich unterschiedlich große Kristallstrukturen, an deren Kanten Defekte auftreten, die niedrigere Effizienzen zur Folge haben: Durchschnittlicher Wirkungsgrad: 14 Prozent.

Rekombination bezeichnet den Vorgang in der Solarzelle, bei dem sich negative Elektronen wieder mit positiven Elektronenlöchern vereinen, aus denen sie zuvor vom Sonnenlicht herausgeschlagen wurden. Diese Ladungsträger gehen dabei für die Solarstromgewinnung verloren. **Passivierende Schichten**, die auf die Zelloberfläche aufgetragen werden, verringern eine solche Rekombination.



doch überzeugte, denn die vermuteten Einschnitte und Änderungen nach Boxhoorns Rausschmiss blieben aus. Im Gegenteil, die Pilotproduktion der Rückkontaktzellen im Heerleener Werk läuft bereits. 2009 sollen die neuartigen Lichtsammler auf den Markt kommen. Und Boxhoorns Rauswurf hatte wohl ganz andere Gründe.

Holländische Zellspezialität

Die Deutsch-Niederländer stehen mit ihrer Pum-Zelle so im Fokus, weil es zuletzt kaum revolutionäre photovoltaische Produktneuheiten gegeben hat. Das könnte sich bald ändern: Viele neue Zell- und Modulkonzepte, die entweder auf hoher Effizienz oder einem sparsamen Siliziumverbrauch fußen, stehen vor der Pilotierung. Rückkontaktzellen haben die Solarforscher wegen ihres großen Kostensenkungspotenzials in den vergangenen Jahren besondere Aufmerksamkeit gewidmet: „Die Langzeitstabilität von Siliziumzellen steht außer Frage und ihre Effizienz lässt sich bereits mit relativ geringem Aufwand verbessern“, sagt Stefan Glunz, Leiter der Abteilung Entwick-

lung von Siliziumsolarzellen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg.

Allerdings: Nicht alles, was im Labor mit hohen Wirkungsgraden glänzt, kann mit vertretbarem Aufwand in die Massenfertigung gehen. Nur die besten Rückkontaktansätze werden das schaffen. Noch sind diverse Techniken im Rennen: Während zum Beispiel Solland und Weltkonzern Kyocera die Entwicklung von multikristallinen Rückkontaktzellen vorantreiben, setzen Sharp, Stiebel Eltron oder Sunpower auf monokristallines Silizium. Es ist reiner und daher teurer als das multikristalline, verspricht aber dank seiner besseren Leitfähigkeit Wirkungsgrade von über 20 Prozent – marktübliche monokristalline Zellen kommen auf 15 bis 17,5 Prozent.

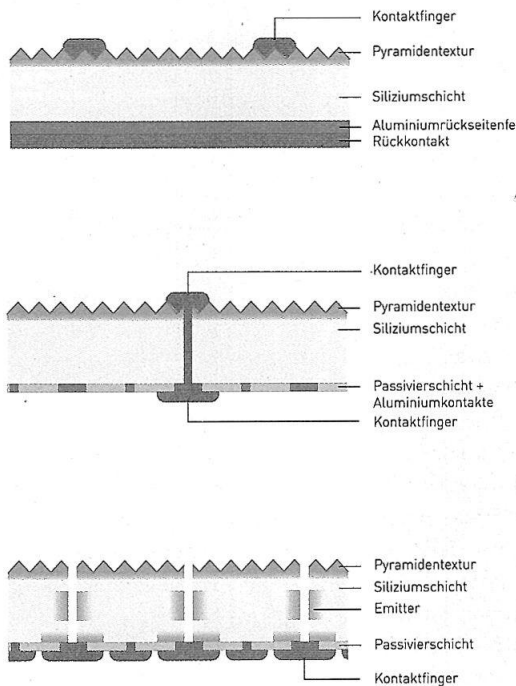
Q-Cells arbeitet als bislang einziger Hersteller mit beiden Siliziumsorten: Der ostdeutsche Zellenhersteller erforscht mit finanzieller Unterstützung der Bundesregierung in seinem neuen Testzentrum in Thalheim industrietaugliche Produktionsanlagen für multi- wie monokristalline

Rückkontaktzellen, die künftig bis zu 18, beziehungsweise gar über 20 Prozent Wirkungsgrad erreichen sollen.

Der schnelle technische Fortschritt steigert das Selbstbewusstsein der Solarindustrie: Photovoltaik soll 2020 zwölf Prozent von Europas Strombedarf decken, verkündete die European Photovoltaic Industry Association (EPIA) im September in Valencia (neue energie 10/2008). Doch damit die Nachfrage derart steigt, müssen Solarsysteme viel preiswerter werden. Das schafft man am besten durch hohe Wirkungsgrade. Diese beeinflussen die Wirtschaftlichkeit stärker als jeder andere Faktor bei der Herstellung, einschließlich der Skaleneffekte durch eine größere Produktionsmenge: Jeder Prozentpunkt mehr Effizienz senkt, so die Faustregel, die Kosten um fünf Prozent, weil pro Watt weniger Material verbraucht wird.

Geheimnisvolle Tunnel

Auch Sollands Ansatz zielt auf eine höhere Effizienz ab – das aber mit verhältnismäßig geringem Aufwand: Die Spezialisten bohren mit Lasern in jede Zelle 16 kleine Lö-



Quelle: ECN Solar Energy

Konventionelle Zelle: Kontakte auf der Front und eine Metallfläche auf der Rückseite sorgen für den elektrischen Kontakt nach außen. Kleine Pyramiden, die Reflexion verringern, und eine Passivierschicht aus Aluminium steigern die Effizienz.

Aspire-Zelle: Bei dieser Zelle vom Typ Metal Wrap Through werden die Stromsammelschienen auf der Vorderseite eingespart, indem die Kontaktfinger durch Löcher punktuell nach hinten geführt werden. Um Rekombination an der Rückseite zu verringern, wird die Metallfläche durch Metallpunkte und eine Passivierschicht aus Siliziumnitrid ersetzt.

EWT-Zelle: Bei Emitter-Wrap-Through-Zellen wird die gesamte Frontmetallisierung (Kontaktfinger und Stromsammelschienen) eingespart, indem die gut leitende Halbleiterschicht, der Emitter, durch viele lasergebohrte Löcher auf die Rückseite geführt wird. Durch diese metallgefüllten Tunnel wird die absorbierte Energie auf die Rückseite geleitet, wo alle für den Weitertransport des Solarstroms nötigen Anschlüsse angeordnet sind.

cher. Durch diese metallgefüllten Tunnel wird die absorbierte Energie auf die Rückseite geleitet, wo die für den Weitertransport des Solarstroms nötigen Stromsammelschienen angeordnet sind. Allein durch diese sogenannte MWT-Technik (Metal Wrap Through) steigt die Effizienz der monokristallinen Zellen um 0,3 auf 16,1 Prozent. Die Zellen können rückseitig auf einer ebenfalls neu entwickelten Spezialfolie zu einem Modul verschaltet werden. Da das kupferne Substrat Strom besonders gut leitet, sind die Effizienzverluste bei Pum-Panels geringer als bei marktüblichen. Solland werde jedoch keine Module bauen, sondern Hersteller nur dabei anleiten, sagt Fleuster.

Kyocera verfolgt denselben technischen Ansatz, will aber wesentlich dünnere und effizientere Zellen bauen: Die Japaner haben für 2010 eine nur 100 Mikrometer dicke MWT-Zelle mit 18,5 Prozent Wirkungsgrad angekündigt. Das Versprechen klingt wie eine kleine Revolution, wenn man bedenkt, dass derzeit mehr als 200 Mikrometer Standard sind. Zwar startet das japanische Unternehmen schon von einem hohen Niveau aus – es verarbeitet bereits relativ dünne, 180 Mikrometer dicke Wafer und erreicht mit seinen Standardzellen 16 Prozent Wirkungsgrad. Doch es dürfte schwierig werden, in nur zwei Jahren den Siliziumbedarf nahezu zu halbieren und gleichzeitig die Ef-

fizienz um 2,5 Prozentpunkte zu steigern. Wie Kyocera diesen Wirkungsgradsprung bewältigen will, erklärt das Unternehmen nicht. Experten vermuten, dass neben der rückseitigen Anbringung der Leiterbahnen eine spezielle reflexionsmindernde Oberflächenbesserung und besonders filigrane, aber sehr gut leitende Kontaktfinger für den hohen Wirkungsgrad sorgen könnten. Die exklusive Zellbehandlung lohnt sich aber nur, wenn die Kosten die Ersparnisse durch den höheren Wirkungsgrad und den reduzierten Materialeinsatz nicht aufzehren.

Wettbewerber Q-Cells verfolgt ein anderes Rückkontaktkonzept: Der Hersteller verbannt die komplette Metallisierung auf

die Rückseite, also neben den Stromsammelstreifen auch die Kontaktfinger, die den in der Zelle generierten Solarstrom zu den Streifen leiten.

Resultat ist ein Lichtsampler mit völlig verschattungsfreier Oberfläche, der einen Wirkungsgrad von bis zu 18 Prozent verspricht. Das Fraunhofer-ISE und das Institut für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH) haben den Produktionsprozess für die sogenannte EWT-Zelle (Emitter Wrap Through) entwickelt. Dabei wird der Emitter – die Schicht, die Elektronen aus der Zelle zu den Kontakten leitet – durch Tausende lasergebohrte Löcher auf die Rückseite geführt. Durch diese Tunnel können die an der Vorderseite erzeugten Ladungsträger unbeschadet zu den Kontakten auf dem Zellrücken gelangen.

Q-Cells fährt doppelgleisig

Im kommenden Jahr will Q-Cells laut Projektleiterin Christina Peters zeigen, dass das Konzept großtechnisch funktioniert. Das Ziel ist ambitioniert: Bei EWT-Zellen greifen negative und positive Kontakte kammartig ineinander. Sie müssen durch feine Grenzschichten voneinander getrennt werden, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Das erfordert viel Know-how. Da das Unternehmen zudem nur 150 Mikrometer dicke Wafer zu EWT-Zellen prozessieren will, muss es bei der Bearbeitung der Rückseite besonders vorsichtig vorgehen. Wird zu viel Druck ausgeübt, können die empfindlichen Wafer brechen. Q-Cells teste derzeit mehrere Verfahren zur Strukturierung der Rückseite, sagt Peters.

Was die Suche nach einem geeigneten Produktionsprozess erschwert: Die Firma will künftig auch direkt gereinigtes metallurgisches Silizium zu EWT-Zellen verarbeiten. Dieses neuartige Halbleitermaterial wird mit geringerem Energieaufwand her-

gestellt als das klassische Halbleitersilizium und ist daher deutlich günstiger (neue energie 5/2008). Dafür enthält es mehr Verunreinigungen, die bei der Zellenproduktion durch kontrollierte Einflussnahme so verwahrt werden müssen, dass sie unschädlich bleiben. Das erhöht Aufwand und Kosten. Laut Peters lohnt sich die Mühe: „Die höheren Produktionskosten durch die zusätzlichen Prozessschritte werden durch den Effizienzgewinn überkompensiert.“

Ein ähnlicher Ansatz steht auch hinter Q-Cells monokristalliner Rückkontaktzelle. Der entscheidende Unterschied zur EWT-Zelle besteht – neben dem Material – in der Position des Emitters. Er befindet sich bei diesem Zelltyp nur an der Rückseite, also in unmittelbarer Nähe der Kontakte. Emitterlöcher sind bei dieser Zelle im Gegensatz zur multikristallinen Variante nicht vonnöten, weil die Ladungsträger in hochreinem Silizium länger überleben und ohne leitende Tunnel zu den rettenden Kontakten auf der Rückseite gelangen können. Einfacher ist die Zellfertigung deshalb nicht: Es gilt, in wenigen Schritten eine komplett neue Rückseite herzustellen. Da Q-Cells dünne Wafer verarbeiten will, muss zudem äußerst schonend vorgegangen werden.

Auch im Hocheffizienzsegment treffen die Ostdeutschen auf starke Konkurrenz. Die hessische Firma Stiebel Eltron, bekannt als Hersteller von Durchlauferhitzern, will nach eigenen Angaben bald die Serienproduktion einer Rückkontaktzelle starten, die bis zu 22 Prozent Effizienz erreicht. Sunpower hat in diesem Effizienz-Wertlauf bereits vorgelegt: Die US-Firma produziert Rückseitensammler mit diesem Wirkungsgrad bereits in Serie und das Konzept für eine 23,4-Prozent-Zelle steht.

Doch die Wettbewerber sind den Amerikanern auf den Fersen. Wer Preis-Leistungssieger wird, ist derzeit nicht absehbar. Gute

Chancen hat, wem ein Wirkungsgradsprung gelingt und dies bei geringem Materialeinsatz und wenigen Prozessschritten.

Sunpower im Rücken

Auf dem Markt müssen sich diese besten Rückkontaktzellen dann gegen andere neue Photovoltaik-Techniken durchsetzen. In sonnenreichen Gegenden werden es vor allem konzentrierende Solarmodule sein, bei denen Linsen Licht auf winzige hocheffiziente Zellen bündeln. Laut Hersteller arbeiten diese Systeme in Gegenden mit viel Einstrahlung bis zu 20 Prozent wirtschaftlicher als herkömmliche Solaranlagen. Auf Freiflächen oder großen Fabrikhallen werden es die Rückseitensammler dagegen mit Dünnschichtmodulen zu tun bekommen. Sie erreichen nicht so hohe Wirkungsgrade und brauchen daher mehr Fläche, um die gleiche Leistung zu erzeugen, lassen sich aber erheblich günstiger herstellen, da sie ohne das teure Halbleitersilizium auskommen. Ist genug Platz vorhanden, ist die Dünnschicht also eine interessante Option.

Solland weiß um die Konkurrenz. Die Deutsch-Niederländer haben das Energieforschungszentrum ECN im Rücken. Und deren Forscher arbeiten an der nächsten Pum-Generation. Die neue Zelle soll nur noch 150 Mikrometer dick sein und bis zu 17 Prozent Wirkungsgrad erreichen. Dafür ersetzen die Wissenschaftler die Aluminiumfläche auf der Zellrückseite durch eine wirkungsvollere Passivierschicht aus Siliziumnitrid und Kontaktpunkte aus Aluminium. Durch diese Maßnahme soll das gegenseitige Auslösen der Ladungsträger an der Rückseite, die sogenannte Rekombination, besser vermieden werden. „Mit dem neuen Zellkonzept wollen wir uns 2011 genauer befassen“, kündigt Solland-Forscher Fleuster an. Es sei denn, Geldgeber Delta hat andere Pläne. ◀