

# Konkurrenz für Siemens

Neue Verfahren zur Siliziumproduktion lassen auf günstigeren Solarstrom hoffen. Doch Verzögerungen bei den Fabriken zeigen, dass Kostensenkungen nicht von heute auf morgen kommen.

Von Sascha Bentzling

**Wertvolle Brocken:** Silizium für Solarzellen wird so wandig hergestellt.

**W**eltweit haben Siliziumhersteller ein Ziel: Sie suchen Verfahren, mit denen sich der kristalline Halbleiter für Solarzellen billiger als bislang produzieren lässt. Und das bei gleichbleibender bis höherer Qualität. Schmid Silicon Technology hat ein auf dem Gas Monosilan basierendes Verfahren auf den Markt gebracht, das die Herstellung von hochreinem Silizium nach Angaben der Firma zu günstigen Kosten ermöglicht. Darüber hinaus entwickelt der Monosilan-Spezialist derzeit ein neues Verfahren auf Plasmabasis, bei dem direkt aus Monosilan ohne Einsatz von Keimlingen granulares Silizium gewonnen wird, das auch für Halbleiteranwendungen geeignet ist.

Der Energieaufwand bei diesem Prozess ist deutlich niedriger als bei der so genannten Siemensabscheidung, einem Verfahren, bei dem sich Silizium in einer Atmosphäre aus Wasserstoff und den Gasen Trichlorsilan oder Monosilan auf dünnen Impfkristallstangen absetzt. Um die Siliziumstangen zu ernten und den Reaktor neu zu bestücken, muss die Anlage abgeschaltet werden, was den Durchsatz schmälert. Außerdem müssen die Stäbe zur Weiterverarbeitung zerkleinert werden. Diese Schritte entfallen bei der Plasmapyrolyse.

Die Innovation könnte Siliziumherstellern im hart umkämpften Halbleitermarkt einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil bringen. Solarstrom muss günstiger wer-

den, um mit konventionell erzeugter Energie konkurrieren zu können. Die Modulhersteller sind deshalb darauf erpicht, an allen Fronten zu sparen – in der eigenen Produktion sowie beim Einkauf der Vorprodukte und des Siliziums.

Der gängige Siemensprozess bietet nur noch wenig Einsparpotenzial. Aufgrund massiver Überkapazitäten ist der Preis für Silizium in den vergangenen fünf Jahren um das Zwanzigfache auf durchschnittlich 21 bis 22 Dollar pro Kilogramm gefallen. Damit liegt der Marktpreis nur noch knapp über den Produktionskosten, die laut Peter Dold vom Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik (CSP) bei den „richtig guten Firmen“ durchschnittlich 17 bis 18 Dollar pro Kilogramm betragen. Viel Luft für Rabatte haben die Unternehmen also nicht mehr.

### Pyrolyse senkt Kosten

Die Plasmapyrolyse könnte ihre Situation entschärfen. Dabei wird in einem Reaktor ionisierter Wasserstoff, das Plasma, mit Monosilan gemischt. Anschließend wird das Gemisch verwirbelt, woraufhin sich das Monosilan zersetzt. Silizium kondensiert an der Wand des Reaktors, tropft zu Boden und verfestigt sich zu Granulat. In einer späteren Entwicklungsphase soll dann direkt Flüssigsilizium geerntet werden, das sich zur Gewinnung von Multi- und Monokristallen einsetzen lässt.

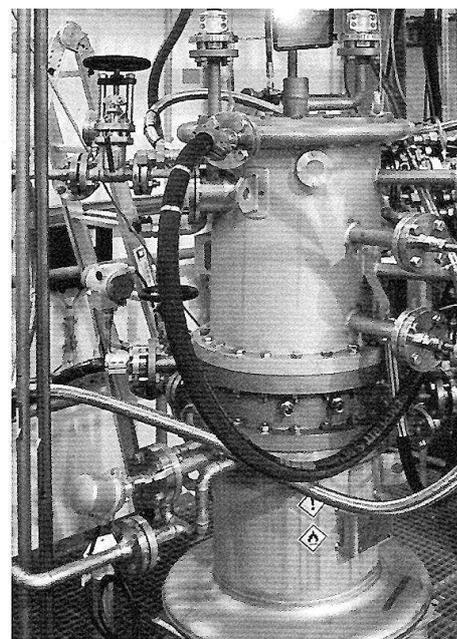
Die Plasmapyrolyse ist aber nur ein Weg zu günstigerem Silizium. Eine andere, bereits marktreife Möglichkeit bieten so genannte Fließbettreaktoren (FBR). Bei dieser Technologie wird Monosilan durch Düsen an der Unterseite in die Reaktorkammer eingeleitet. Es bildet sich ein Fließbett, das von oben zugeführte Impfkristall-Partikel trägt. Die Partikel wälzen sich gewissermaßen darin, bis sie zu größeren Siliziumkörnern herangewachsen sind, die infolge ihres Gewichts auf den Boden der Kammer fallen und kontinuierlich abgeschöpft werden können.

Der Prozess soll besonders energiesparend sein und laut CSP-Forscher Dold ein Drittel geringere Produktionskosten als das Siemensverfahren ermöglichen. Außerdem lassen sich die Körner gut weiterverarbeiten. Das Silizium für die Herstellung der Monokristalle wird in Quarztiegeln geschmolzen. Diese Gefäße lassen sich schneller und mit mehr Material befüllen, wenn zum Beispiel Brocken aus einem Siemensreaktor mit den lückenfüllenden kleineren Körnern aus dem Fließbett gemischt werden.

Der Analyst Johannes Bernreuter von Bernreuter Research glaubt deshalb, dass die neue Technologie das Potenzial hat, einen bedeutenden Marktanteil zu gewinnen, allerdings nicht von heute auf morgen. „Der FBR-Anteil am weltweiten Polysilizium-Ausstoß wird sich von 2012 bis ►



**Frisch aus dem Reaktor:** Siliziumstangen werden vermessen.



**Prototyp:** Die Firma Schmid testet einen neuen Plasmapolylysereaktor.

2017 bestenfalls auf 16 Prozent verdoppeln“, so seine Prognose. Bei einer angenommenen globalen Produktionsmenge von rund 440 000 Tonnen im Jahr 2017 würden dann also 70 000 Tonnen auf die Siliziumkörner entfallen. Diese Menge würde theoretisch ausreichen, um Solar-

zellen mit fast 15 Gigawatt Leistung zu produzieren.

In der Tat lassen die Ankündigungen der Siliziumhersteller einen klaren Trend zu Fließbettreaktoren erkennen. Die norwegische Firma REC Silicon will in den USA eine Fabrik mit einer jährlichen Pro-

duktionskapazität von 19 000 Tonnen errichten, hat allerdings noch keinen konkreten Termin für den Baubeginn genannt. Um die Finanzierung stemmen zu können, strebt REC ein Joint-Venture mit der chinesischen Firma Shaanxi Non-Ferrous Tian Hong New Energy an. Den Eigenkapital-



## Bis die neuen Technologien voll zur Entfaltung kommen, sind noch einige Schwierigkeiten zu überwinden.“

Johannes Bernreuter, Analyst

anteil am Gemeinschaftsunternehmen wollen die Norweger mit Einkünften aus Lizenzgebühren finanzieren. Auch GCL aus China, der weltweit größte Siliziumhersteller, sowie SMP, ein Joint-Venture zwischen dem US-Produzenten Sunedison und Samsung Fine Chemicals aus Korea, wollen auf Fließbettreaktoren umsteigen. Beide Unternehmen planen Anlagen mit jeweils 10 000 Tonnen Jahreskapazität.

Schließlich könnte noch eine dritte Siliziumart an Bedeutung gewinnen, das so genannte direkt gereinigte metallurgische Silizium, kurz UMG-Si. Im Gegensatz zum Siemenssilizium, das durch Umwandlung von Rohsilizium in Trichlorsilan gewonnen wird, entfällt bei der Herstellung dieses Materials die aufwändige chemische Behandlung – Rohsilizium wird nur gerade so weit gereinigt, dass es als Halbleiter eingesetzt werden kann.

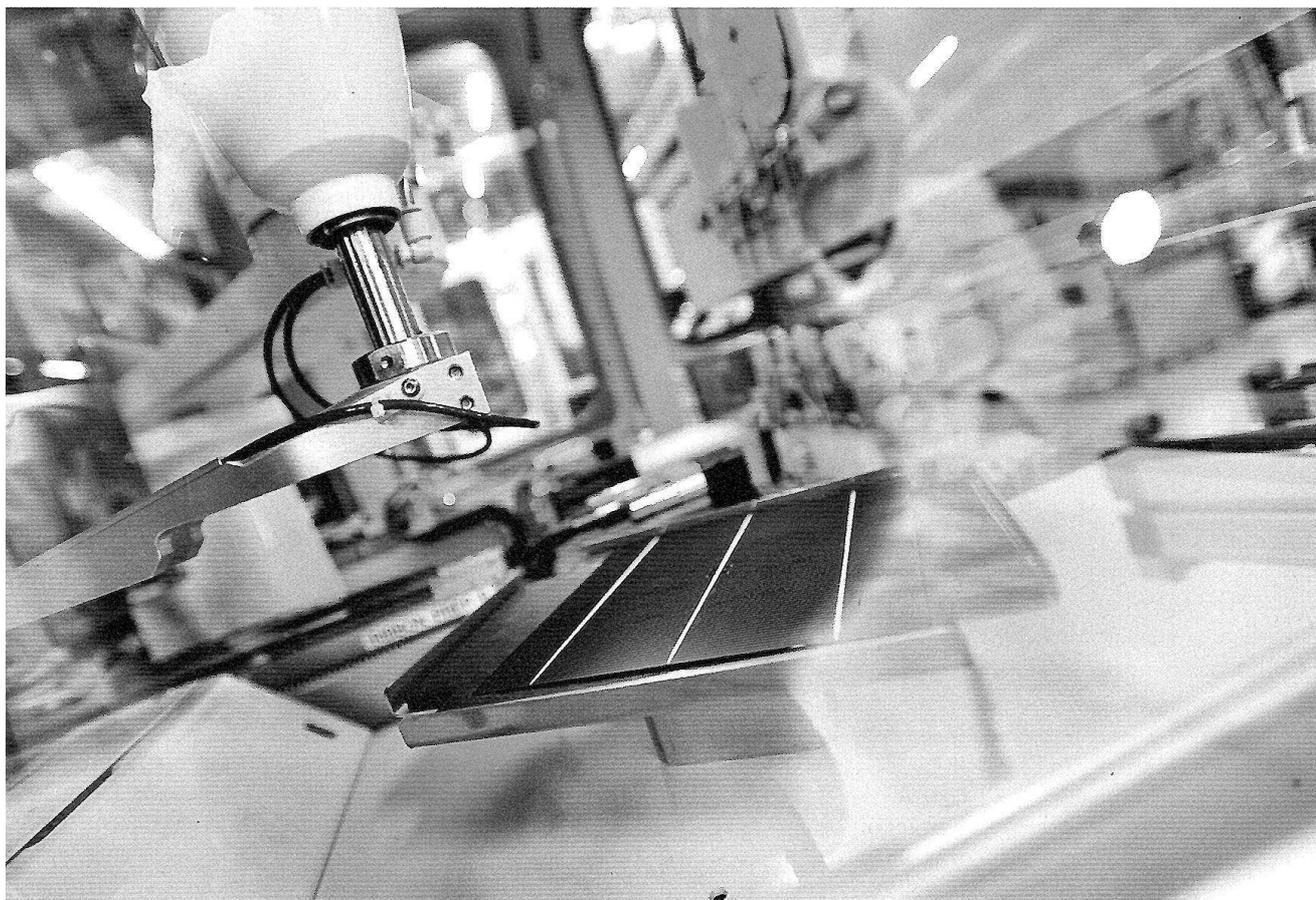
Als der Siliziumpreis infolge eines Nachfragebooms in den Jahren 2007 bis 2008 auf bis zu 500 Dollar pro Kilogramm kletterte, galt UMG-Si bereits als viel versprechender Ausweg aus dem Rohstoffengpass. Mit dem plötzlichen Verfall des Siliziumpreises verlor das neue Material jedoch seinen Reiz. Denn es hat einen entscheidenden Nachteil: Es enthält relativ viele Verunreinigungen wie Bor und Phosphor und lässt sich daher nicht oder nur durch Mischung mit sehr reinem Siemenssilizium zu Hocheffizienz-Zellen verarbeiten. Um sie produzieren zu können, benötigen die Hersteller mindestens 6N-Sili-

zium, also Silizium mit einer Reinheit von 99,9999 Prozent. Während der Siemensprozess laut CSP-Experte Dold mittlerweile 9N-Silizium hervorbringt, dümpelte das UMG-Si zuletzt noch bei 4N.

### Schwierige Technologien

Das könnte sich aber bald ändern, denn die Unternehmen haben ihre Reinigungsprozesse offensichtlich verbessert. Siliziumexperte Bernreuter hat recherchiert, dass beispielsweise die norwegische Firma Elkem mittlerweile UMG-Si mit 6N herstellen kann und damit durchaus Abnehmer in der Solarbranche finde. Auch die US-Firma Silicor Materials hat anscheinend einen Weg gefunden, UMG-Si mit hoher Reinheit herzustellen. Das Unternehmen kündigte soeben an, in Island für 500 Millionen Euro eine neue Fabrik für direkt gereinigtes metallurgisches Silizium aufzubauen.

Bernreuter warnt jedoch davor, zu viel Hype um die neuen Technologien zu machen. „Sie haben Kostensenkungspotenzial, aber bis sie voll zur Entfaltung kommen, sind noch einige Schwierigkeiten zu überwinden.“ Der Experte verweist auf Verzögerungen bei der Inbetriebnahme der geplanten Fließbettreaktoren. So habe GCL den Start des ersten 10 000-Tonnen-Abschnitts seiner neuen FBR-Fabrik im ersten Quartal geplant. Mittlerweile sei sie auf die zweite Jahreshälfte verschoben worden. SMP wiederum habe seine FBR-Fabrik ursprünglich für Mai 2013 ange-



**Endprodukt:** Hinter der fertigen Solarzelle liegen etliche Prozessschritte.

kündigt. Bei der Explosion eines Wassertanks während eines Belastungstests im Juli 2013 seien jedoch drei Beschäftigte ums Leben gekommen. „Die Siliziumabscheidung in einem FBR ist nicht einfach zu beherrschen“, kommentiert Bernreuter. Die Fabrik soll nun erst in der zweiten Hälfte 2014 an den Start gehen.

Nicht einfacher ist die Lage für die Hersteller von direkt gereinigtem metallurgischem Silizium. 2008 versprach die kanadische Firma Timminco der Solarbranche, hochwertiges UMG-Si für rund elf Dollar pro Kilogramm zu liefern. Allein der ostdeutsche Zellenhersteller Q-Cells, der in der Zwischenzeit von Hanwha aus Korea übernommen wurde, orderte daraufhin 20 000 Tonnen UMG-Si – genug für mindestens zwei

Gigawatt Zellen. Timminco konnte seine Qualitäts- und Kostenversprechen jedoch nicht halten, Q-Cells und andere Anbieter zogen daraufhin ihre Bestellungen zurück, die Kanadier gingen pleite. Elkem und Si-

”

**Durchschnittlich 17 bis 18 Dollar pro Kilogramm betragen die Produktionskosten für Silizium aus dem Siemensprozess bei richtig guten Firmen.“**

Peter Dold, Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik

licor stehen daher nun vor der schwierigen Aufgabe, die Begeisterung für das Material mit Top-Qualitäten neu zu entfachen.

Auch die aktuelle Entwicklung des Photovoltaikmarkts spricht nicht gerade für einen Verfall der Siliziumpreise. Analysten

gehen davon aus, dass dieses Jahr weltweit bis zu 50 Gigawatt Solarleistung neu installiert werden, nach 38 Gigawatt im Vorjahr. Das starke Wachstum der Solarindustrie, die ungefähr 90 Prozent der gesamten Nachfrage nach Silizium ausmacht, könnte den Siliziumherstellern in die Hände spielen und sie nach mehreren schwierigen Jahren dazu veranlassen, höhere Preise zu verlangen.

Neue Siliziumarten bieten neben Wirkungsgradsteigerungen bei den Zellen und Modulen sowie effizienteren Installationsmethoden von Solaranlagen eine Möglichkeit, die Kosten des Solarstroms weiter zu senken. Kurzfristig dürfte sich an dieser Kostenschraube jedoch nur schwer drehen lassen. ◀