

Hightech im Preissturz

In Zeiten der Krise rückt die Solarindustrie von teuren Zellenkonzepten ab und setzt auf Altbewährtes: Module aus multikristallinem Silizium geraten wieder stärker in den Fokus, denn sie sind kostengünstig und ihr Wirkungsgrad lässt sich mit relativ geringem Aufwand schnell steigern.

Sascha Rentzing, Dortmund

Die Solarindustrie wollte die Technik längst ausmustern. Als in den Neunzigerjahren der Bedarf an Photovoltaik-(PV-)Anlagen stieg, galten Solarmodule aus multikristallinem Silizium bereits als Auslaufmodell. Die Zellen waren zu klobig und mit nur durchschnittlich zehn Prozent Wirkungsgrad nicht effizient genug. Dünnere und leistungsstärkere Absorber sollten sie daher bald ersetzen.

Die US-Regierung investierte in den Neunzigerjahren insgesamt über eine Milliarde Dollar Fördergelder in die Weiterentwicklung von Dünnschicht- sowie Mehrfachzellen. Während die Dünnschicht wegen ihres geringen Materialbedarfs das Interesse der Forscher weckte, faszinierten die Mehrfachzellen aufgrund ihrer hohen Effizienz. Bis zu fünf verschiedene Halbleiterschichten wandeln bei dieser Technik fast 40 Prozent des Lichts in Strom um.

In Japan wiederum fokussierten sich die Forscher besonders auf reines monokristallines Silizium. Sogenannte Heterojunction-Zellen (HIT) zum Beispiel, die für eine höhere Stromausbeute extra mit einer zusätzlichen Schutzschicht aus amorphem Dünnschichtsilizium ummantelt werden, erreichen Wirkungsgrade von mehr als 20 Prozent.

In Deutschland hingegen arbeiteten die Firmen trotz der Vorbehalte auch weiterhin mit multikristallinem Silizium. „Die hiesige Industrie investierte weniger in revolutionäre Zellentechniken, sondern setzte eher auf die Evolution bestehender Konzepte“, sagt Eicke Weber, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg. Inzwischen zeigt sich, dass die Unternehmen damit intuitiv den richtigen Weg einschlugen. Noch immer dominieren multikristalline Zellen die Photovoltaik laut dem Branchenmagazin Photon mit fast 60 Prozent Marktanteil klar vor monokristallinen Zellen mit 30 Prozent. Mit zehn Prozent folgt mit großem Abstand die Dünnschicht.

Dass an den Multizellen bis heute kein



Viel verbaut: Kristalline Siliziumzellen dominieren klar die Photovoltaik Foto: Paul Langrock

Weg vorbeiführt, ist leicht erklärt: Innovationen entwickelten sich hier rascher als bei konkurrierenden Techniken. „Der durchschnittliche Wirkungsgrad stieg in den vergangenen zehn Jahren um fünf Prozentpunkte auf 15 Prozent“, ISE-Chef Weber. Gleichzeitig sank der Materialbedarf. Mit 0,2 Millimeter Dicke sind die Siliziumscheiben, die sogenannten Wafer, inzwischen im Schnitt ein Drittel dünner als noch vor einer Dekade.

20 Prozent Effizienz im Visier

Dank der effizienteren und immer größeren Produktionen fielen die Kosten drastisch. Im Sommer 2011 gab die Online-Plattform pvXchange Großhandelspreise von rund 1,50 Euro pro Watt für kristalline Module aus deutscher Produktion an. Seitdem senkten die Hersteller ihre Preise um mehr als ein Drittel auf unter einen Euro pro Watt. Und die Technik kann noch deutlich günstiger werden. „Die Effizienz multikristalliner Module lässt sich sicher noch auf 20

Prozent erhöhen“, sagt Weber. Steigt die Effizienz, sinken automatisch der Materialbedarf und die Kosten.

Großes Innovationspotenzial haben sicher auch die Dünnschicht- und die Mehrfachzellen, nur vollziehen sich technische Fortschritte hier langsamer. Dünnschichtzellen auf Basis der Halbleiter Kupfer, Indium und Gallium (CIS) zum Beispiel erreichen zwar bereits Wirkungsgrade von 13 Prozent, konnten ihre kristallinen Konkurrenten beim Preis aber noch nicht unterbieten – laut pvXchange kosten CIS-Module derzeit noch rund 1,40 Euro pro Watt. „Der Aufbau großer Fertigungskapazitäten ist beim CIS schwieriger als erwartet“, gesteht der Dünnschichtexperte Michael Powalla vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg.

Doch die Solarindustrie hat nicht mehr viel Zeit, um die Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik zu erreichen. Fast überall in Europa haben Länder mit einer Einspeisevergütung für Solarstrom die Fördertarife radikal gekürzt,

weil der starke Zubau an Solaranlagen außer Kontrolle geriet. In Deutschland zum Beispiel stellt das Erneuerbare-Energien-Gesetz die Branche auf eine harte Probe. Bei 52 Gigawatt installierter Gesamtleistung soll Schluss sein mit der Photovoltaikförderung. Da dieses Jahr bereits 32 bis 35 Gigawatt Gesamtinstallati-onen erreicht werden dürften, wird dieser Förderdeckel vermutlich noch vor 2020 greifen.

Aus heutiger Sicht sind multikristalline Zellen am ehesten geeignet, die Preise weiter zu senken, denn sie weisen von allen Techniken die steilste Lernkurve auf. Die europäischen Solarmaschinenbauer und Hersteller sind die Technologieführer bei den Multis und kennen die Stellschrauben für weitere Innovationen. Die schwäbischen Unternehmen Centrotherm und Schmid sowie Meyer Burger aus der Schweiz liefern Equipment für alle Bereiche der kristallinen Wertschöpfungskette von der Siliziumherstellung bis zur Modulfertigung. Mit ihren Anlagen und Automationslösungen sorgen sie für rasche Effizienzgewinne und sinkende Fertigungskosten.

Eine zukunftssträchtige Technologie, die derzeit Einzug in die Fabriken hält, sind multikristalline Zellen mit Rückseitenpassivierung, die sogenannten PERC-Zellen (Passivated Emitter and Rear Contact). Schmid zum Beispiel stellte auf der europäischen Solarkonferenz PVSEC Ende September in Frankfurt eine Produktionsanlage vor, mit der es diese neuen Solarzellen mit nahezu 21 Prozent Wirkungsgrad ohne nennenswerte Kostensteigerungen herstellen kann.

Bei den derzeit gängigen Standardzellen drängen Elektronen zum Minuspol auf der Vorderseite und die Elektronenlöcher zum Pluspol auf der Rückseite. Hier fließt der Strom über einen Aluminiumkontakt ab, der großflächig auf dem Wafer liegt. Durch das Aluminium ist der elektrische Kontakt zum Pluspol zwar sehr gut, aber der direkte Kontakt zwischen Metall und Halbleiter führt dazu, dass sich negative und positive Ladungsträger an dieser Grenze gegenseitig auslöschen, im Fachjargon: rekombinieren. Die Entwickler nutzen deshalb einen einfachen Trick: Sie ersetzen bei PERC das Aluminium durch eine neue Schicht, die Stromverluste reduziert. Man bezeichnet diese Schicht als dielektrische Passivierungsschicht, die aus Siliziumnitrid, Siliziumoxid oder Aluminiumoxid bestehen kann. Allerdings haben diese Schichten den Nachteil, dass sie Strom nicht leiten. Deshalb müssen sie zusätzlich an einigen Stellen geöffnet werden, um die metallenen Stromanschlüsse dort hindurchzuführen und mit dem Halbleiter verbinden zu können.

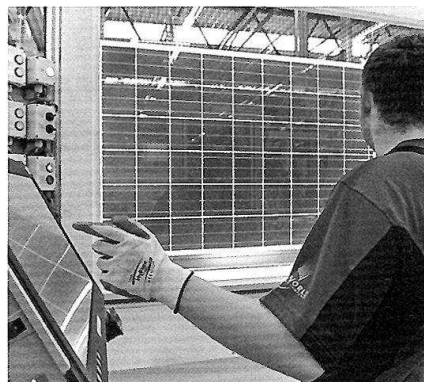
Q-Cells nimmt neuen Anlauf

Der ostdeutsche Solaranbieter Q-Cells setzt ebenfalls auf PERC-Zellen. Die Firma musste zwar im April Insolvenz anmelden, doch wurde sie inzwischen vom koreanischen Hanwha-Konzern übernommen. PERC soll beim Neuanfang helfen: Derzeit führt Q-Cells sein neues Modul namens „Quantum“ in den Markt ein, das mit diesen Zellen ausgestattet ist. Die Firma verspiegelt und passiviert multikristalline Wafer auf der Rückseite mit einer speziellen Siliziumnitrid-Schicht. Für die Kontaktierung nutzt sie einen vom ISE entwickelten Prozess: „Wir schießen von außen mit Lasern auf das Aluminium und feuern es so durch unsere dielektrische Nanoschicht auf den Wafer“, erklärt Q-Cells-Cheftechniker Peter Wawer. Die Laserbehandlung lohnt sich: Durch die neue Rückseitenstruktur steige der Zellenwirkungsgrad in der Pilotproduktion auf 19,5 Prozent, bezogen auf das Modul auf 18 Prozent.

Ausblick

Die Überlegungen deutscher Solarhersteller gehen aber noch weiter. Bosch Solar Energy, Q-Cells und Solarworld erwägen, PERC-Zellen künftig aus sogenanntem Quasi-Mono-Silizium herzustellen. Dieser neue Halbleiter, der dem multikristallinen Silizium zugeordnet wird, gilt in der Branche als eine Art Sprungbrett zur Wettbewerbsfähigkeit. Es wird wie einfaches multikristallines Material in Schmelztiegeln hergestellt, hat aber die Eigenschaften des höherwertigen monokristallinen Materials.

Normalerweise wird Silizium in einem speziellen Tiegel geschmolzen und anschließend kontrolliert abgekühlt. Beim Blockguss für multikristalline Blöcke richten sich die Kristalle unterschiedlich aus. In ihren Zwischenräumen entstehen sogenannte Korngrenzen, jene Unregelmäßigkeiten, die die Stromausbeute schmälern. Daher wird der Tiegelboden mit einer Platte aus einkristallinem Silizium als Saatkristall präpariert. Beim Abkühlen erstarrt der Halbleiter an die-



Qualitätscheck

Foto: Solarworld

sem Kristall und übernimmt weitgehend dessen Orientierung. Dadurch werden effizienzschmälernde Defekte im Material vermieden.

Mit sinkenden Material- und Produktionskosten rückt schließlich eine Technik in den Fokus der Hersteller, an die sie sich wegen der vergleichsweise schwierigen Produktion lange nicht heranwagten: die sogenannten Metal-Wrap-Through-(MWT-)Zellen. Bei dem vom niederländischen Energieforschungsins-

titut ECN entwickelten Ansatz werden die Stromsammelschienen intern auf die Rückseite durchgeführt. Dadurch liegen auf der Vorderseite weniger Leiterbahnen, die Licht von der Zelle fernhalten. Der Wirkungsgrad steigt, und gleichzeitig können die Module mit effizienteren Methoden gefertigt werden.

Mit Bosch Solar, Ja Solar, Kyocera und Canadian Solar wollen jetzt gleich vier Firmen die neue Technik serienmäßig herstellen, denn sie ermöglicht Module mit 16 Prozent Wirkungsgrad. Damit stößt die multikristalline Technik in Effizienzbereiche vor, die bisher den teureren monokristallinen Modulen vorbehalten waren. <<

■ KONTAKT ■■■

Sascha Rentzing

Telefon: 0231 47438776
sascha@rentzing.com