

Solarmodule werden effizienter

Die Solarbranche wird innovativer. Die größten Fortschritte gibt es bei den klassischen Siliziumzellen: Neue kristalline Techniken absorbieren mehr Licht und bringen höhere Leistung.

Über viele Jahre hinweg rissen Kunden den Photovoltaik (PV)-Herstellern Solarmodule nahezu aus den Händen: Üppige Einspeisevergütungen für den Solarstrom in vielen europäischen Ländern trieben die Nachfrage nach Paneelen von einem Rekord zum nächsten. So konnten die Unternehmen selbst für einfachste Technik, Höchstpreise erzielen.

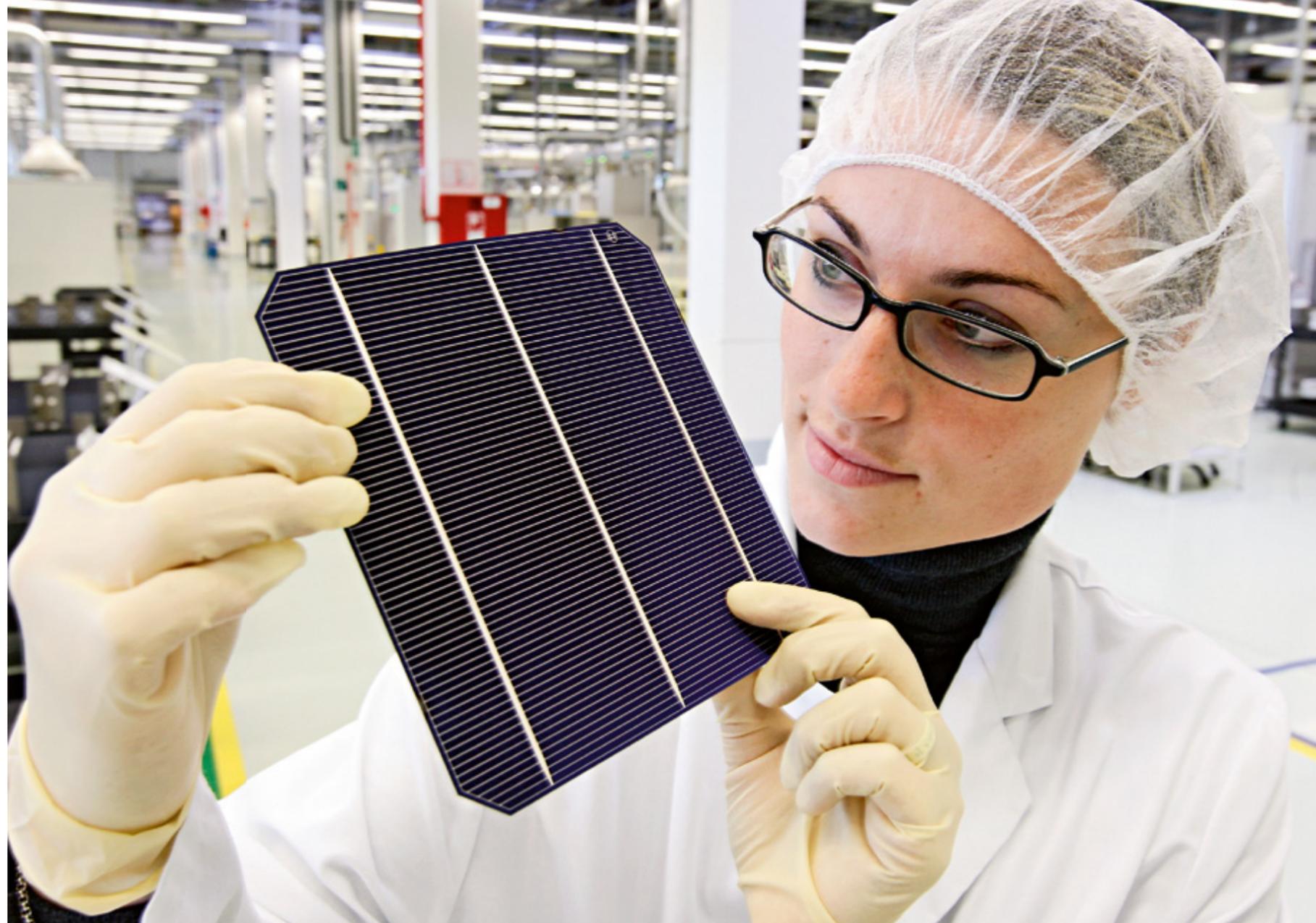
Wirkungsgrad im Visier: Inzwischen hat sich der Markt gedreht. Viele Anbieter bleiben auf ihren Modulen sitzen, denn wichtige Länder wie Deutschland, Spanien oder Tschechien haben ihre

Solartarife deutlich gesenkt und so den Boom ausgebremst.

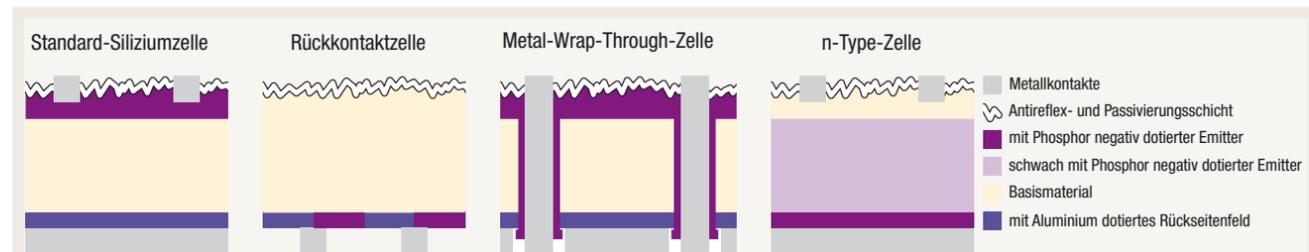
Die Hersteller stehen damit vor einer großen Herausforderung: Sie müssen das Preis-Leistungs-Verhältnis ihrer Produkte rasch verbessern, um sich gegen die Konkurrenz behaupten zu können. Das zwingt sie zu Innovationen und zur Teilnahme an einen Wettlauf um Wirkungsgrade, in dem jeder einzelne Prozentpunkt mehr Effizienz über Erfolg oder Misserfolg entscheidet.

Zu den neuesten Entwicklungen zählen Zellen, bei denen die Stromanschlüsse auf der Rückseite angeordnet sind, sodass die Frontseite nicht von Kontakten

Innovationen im Fokus: Die Suche nach effizienteren Halbleitern für Solarzellen beschäftigt Forscher und Ingenieure weltweit (Quelle: Bosch)



Übersicht 1: Schematischer Aufbau der verschiedenen Zellen



Rückkontaktzellen: Bei diesem Zelltyp sind die Stromanschlüsse nicht wie bei der Standard-Siliziumzelle (links) auf der Vorderseite, sondern auf der Rückseite angeordnet. Die Frontseite wird daher nicht von Kontakten und Stromsammelschienen verschattet.

Metal-Wrap-Through-Zelle: Bei diesen Typen werden, anders als bei Rückkontaktzellen, nur die für die Verschaltung im Modul nötigen Stromsammelschienen auf die Rückseite verlegt. Über Löcher werden sie intern mit den feinen Kontaktfingern

verbunden, die auf der Frontseite bleiben.
n-Typ-Zellen: In Standard-Siliziumzellen ist die dickere, untere Schicht mit Bor angereichert, um einen Überschuss positiver Ladungsträger zu erhalten, im oberen Emitter sorgt dagegen Phosphor für einen

Überschuss negativer Ladungsträger. n-Typ-Zellen sind genau umgekehrt aufgebaut. Ihr Vorteil: Wegen seiner Atomeigenschaften verhindert Bor, dass sich die Ladungsträger in der Zelle gegenseitig neutralisieren. Dadurch steigt der Wirkungsgrad.

Zeichnung: Thiemeyer

und Stromsammelschienen verschattet wird (Übersicht links). Hintergrund: Um mit einer Zelle Strom zu erzeugen, müssen die Elektronen, die das einfallende Licht erzeugen, mit einer Emitterschicht eingefangen und zu den negativen Kontakten geleitet werden. Normalerweise befindet sich diese Schicht samt den fingerartigen Kontakten und den Stromsammelschienen auf der Frontseite der Zelle. Das hat den Vorteil, dass die Elektronen nicht weit wandern müssen. Umgekehrt begrenzt der Schattenwurf der Kontakte und Leiterbahnen jedoch die Lichtausbeute. Bei Rückkontaktzellen ist die Emitterschicht deshalb samt Kontakten auf die Rückseite verbannt worden.

Protagonist bei diesen sogenannten Rückkontaktzellen ist der US-Hersteller Sunpower. Seine Module wandeln Licht mittlerweile mit einem Wirkungsgrad

von gut 22 Prozent in Strom um, bezogen auf das Modul, das derzeit unter dem Namen „Maxeon“ in den Markt eingeführt wird, immerhin mit 20 Prozent. Das ist ein Prozentpunkt mehr als Sunpowers bisher gängige Module aus Rückkontaktzellen und ein Viertel mehr als marktübliche Siliziummodule, die aktuell durchschnittlich 15 Prozent Effizienz erreichen.

Hocheffizient, aber teuer: Einen Solaranlagenbetreiber bräuchte der Wirkungsgrad eigentlich nicht zu interessieren, denn immerhin strahlt die Sonne kostenlos vom Himmel. Dennoch beeinflusst die Effizienz die Wirtschaftlichkeit stärker als jeder andere einzelne Faktor bei der Herstellung, einschließlich der Skaleneffekte durch eine größere Produktionsmenge: Jeder Prozentpunkt mehr Wirkungsgrad, so die Faustregel,

senkt die Kosten auf Systemebene um fünf bis sieben Prozent, da pro Watt weniger Material benötigt wird.

Bei Sunpower wird dieser Effizienz-Effekt jedoch noch durch die relativ teure Produktion aufgezehrt: Zum einen müssen bei Rückseitensammlern die Elektronen durch das Halbleitermaterial hindurch zum rückseitigen Emitter diffundieren. Das funktioniert nur dann ohne nennenswerte Verluste, wenn die Zelle aus monokristallinem Silizium besteht, einem sehr reinen, aber auch teuren Material.

Zum anderen befinden sich die negativen Kontakte nun in unmittelbarer Nachbarschaft zu den positiven, die ebenfalls auf der Rückseite liegen. Um Kurzschlüsse zu vermeiden, müssen die elektrischen Anschlüsse beider Pole ineinander verschachtelt werden. Deshalb sind weitere Prozess- und Justierschritte



Foto: aleo solar

Komplexe Fertigung: Die Produktion von Solarzellen und Modulen erfordert viel Prozess-Know-how. Daher kann es Jahre dauern, bis Neuentwicklungen serienmäßig umgesetzt werden.

erforderlich, die die Herstellungskosten erhöhen. Sie liegen laut Sunpower rund 50 US-Dollar pro Watt über denen der preiswertesten Wettbewerber.

Ästhetik spielt eine Rolle: Die Amerikaner können trotz des hohen Preises ziemlich viele Module verkaufen, da diese sehr homogen erscheinen und wegen ihrer unerreichten Leistungsstärke von vielen Betreibern als Statussymbol gesehen werden. Doch wenn Sunpower die Kosten nicht rapide senkt, drohen ihm Absatzschwierigkeiten, denn starke Konkurrenz kommt auf.

„Gute Marktchancen haben auch Rückkontaktzellen aus multikristallinem Silizium“, sagt Paul Wyers, Chef-Solarforscher des Energieforschungszentrums der Niederlande ECN. So zeigt die Industrie immer stärkeres Interesse an der so genannten Metal-Wrap-Through (MWT)-Zelle, die sein Institut entwickelt hat (Übersicht auf Seite 36).

Dabei werden, anders als bei Sunpower-Rückseitensammlern, nur die für die Verschaltung im Modul nötigen Stromsammelschienen auf die Zellenrückseite verlegt. Sie werden über viele winzige Löcher intern mit den feinen Kontaktfingern verbunden, die auf der Front verbleiben.

Durch dieses relativ einfache Durchfädeln der breiten Leiterbahnen wird die Zelle weniger verschattet und der Wirkungsgrad steigt auf über 17 Prozent. Zum Vergleich: Multikristalline Stan-

dardzellen kommen derzeit auf rund 16 Prozent Effizienz.

Schon 2007 hatte das deutsch-niederländische Unternehmen Solland Solar die MWT-Zellen des ECN zur Serienreife gebracht, nur fanden sich lange keine Hersteller, die sie in Module einbauen wollten. Jetzt, da sie der harte Wettbewerb zu kostensenkenden Innovationen zwingt, erlebt die MWT-Technik eine Renaissance. Der Mainzer Photovoltaikhersteller Schott Solar zum Beispiel gründete 2010 ein Joint Venture mit Solland Solar und will spätestens Anfang

Schnell gelesen

- Im Kampf um Marktanteile stehen die Modulhersteller unter einem enormen Innovationsdruck.
- Die Firmen haben vor allem die Wirkungsgrade im Visier. Dadurch können die Kosten pro Kilowatt Leistung gesenkt werden.
- Eine interessante Entwicklung sind die Rückkontaktzellen. Bei ihnen werden die Stromsammelschienen von der Frontseite der Module auf die Rückseite verbannt. Dadurch kommt es zu weniger Verschattungen auf der Frontseite.

2012 die Serienproduktion multikristalliner „Sunweb-MWT“-Module mit über 16 Prozent starten.

Ebenso nutzt Canadian Solar das von ECN entwickelte MWT-Konzept für seine so genannten ELPS-Module. Die Paneelen sind sowohl mit multi- als auch mit monokristallinen Zellen ausgestattet, woraus sich unterschiedliche Effizienzen ergeben. Liegt der Wirkungsgrad bei den multikristallinen Modulen bei knapp 16 Prozent, erreichen monokristalline Kacheln 16,5 Prozent.

Der chinesische Solarkonzern Yingli will Schott Solar und Canadian Solar technisch noch übertrumpfen. Er plant, den Wirkungsgrad von MWT-Zellen mittels eines speziellen monokristallinen n-Typ-Siliziums auf 20 Prozent zu steigern. Bezogen auf das Modul würde das eine Effizienz von etwa 18 Prozent bedeuten, was für die MWT-Technik einem Quantensprung gleichkäme.

Hinter Yinglis Konzept steht folgende Überlegung: Siliziumzellen bestehen aus zwei unterschiedlich dicken Bereichen, die sich in ihrer Leitfähigkeit unterscheiden. In Standardzellen ist die dickere, untere Schicht mit Bor angereichert, um einen Überschuss positiver Ladungsträger zu erhalten, im oberen Emitter sorgt dagegen Phosphor für einen Überschuss negativer Ladungsträger.

n-Typ-Zellen sind genau umgekehrt aufgebaut (Übersicht auf Seite 36). Ihr Vorteil: Wegen seiner speziellen Atomeigenschaften verhindert Bor, dass sich generierte Ladungsträger in der Zelle gegenseitig neutralisieren, im Fachjargon: rekombinieren. Dadurch erreichen n-Typ-Zellen einen höheren Wirkungsgrad. Das wiederum macht es möglich, mit billigerem Silizium zu arbeiten, das mehr Verunreinigungen enthält, oder Zellen mit höheren Effizienzen herzustellen.

Starke Konkurrenz: Wissenschaftler glauben, dass die Rückkontaktkonzepte dank ihres großen Kostensenkungspotenzials eine wichtige Rolle auf dem Solarmarkt spielen könnten. Eine Garantie für ihren Erfolg gibt es aber nicht, denn es liegen noch andere viel versprechende kristalline Konzepte aussichtsreich im Rennen. Dazu zählt die bereits seit Jahren bekannte, stetig verbesserte HIT-Zelle des japanischen Konzerns Sanyo. Er ummantelt monokristalline Siliziumscheiben (Wafer) mit einer dünnen Schicht aus amorphen Silizium, die als

Passivierschicht Ladungsträger daran hindert, an der Oberfläche des Monokristalls zu rekombinieren. Durch diese Maßnahme erreichen die Zellen mehr als 21 Wirkungsgrad, im Modul fast 19 Prozent.

Fortschritte bei neuen PV-Anwendungen wie die Dünnschicht oder konzent-

rierende PV-Systeme erschweren die Lage für die Anbieter kristalliner Technik. CIGS-Module zum Beispiel erreichen in der Serienproduktion inzwischen 14 Prozent Wirkungsgrad. CIGS steht für eine halbleitende Verbindung aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen.

Üblich sind für die Dünnschicht rund zehn Prozent Effizienz, im Durchschnitt rund 16 Prozent erreichen Module aus kristallinem Silizium. Damit stößt die Dünnschicht in Effizienzbereiche vor, die bisher der Siliziumtechnik vorbehalten waren.

Sascha Rentzing