

# Selektive Emmitter steigern den Wirkungsgrad

**PHOTOVOLTAIK:** Die Oberfläche von Solarzellen bietet noch viel Optimierungspotenzial. Hier liegt auch die Emitterschicht: Sie leitet die im Siliziumkristall generierten Elektronen gut zu den Kontakten auf der Frontseite ab, erzeugt aber selbst keinen Strom. Mit einem Trick binden die Hersteller diese photoelektrisch tote Zone nun in die Energiegewinnung ein – und erhöhen so die Zelleffizienz.

VDI nachrichten, Düsseldorf, 29. 1. 10, swc

Die Innovation stammt aus Asien: Der in China produzierende und von Chinesen geführte Photovoltaikhersteller Canadian Solar hat den Wirkungsgrad seiner Siliziumkristallzellen mit einem selektiven Emmitter um fast einen Prozentpunkt verbessert. „Wir verbessern die Effizienz bei nahezu gleichbleibenden Herstellkosten“, sagt Vorstand Shawn Qu.

Elektronen, die mit Hilfe des einfallenden Lichts im Halbleiter der Solarzelle erzeugt werden, müssen Metallkontakte erreichen und von dort abgeleitet werden. Eine mit Phosphor dotierte und für Elektronen gut leitende Emitterschicht hat deshalb die Aufgabe, frei gewordene

Ladungsträger zu sammeln und dorthin weiterzuleiten. Canadian Solar manipuliert den Emittorbereich im Kristall nun so, dass er zudem auch Strom produziert. Dadurch steigt der Wirkungsgrad multikristalliner Zellen auf 17 %, derjenige monokristalliner Zellen auf 18,5 %.

Noch stellen nur wenige Produzenten Zellen mit selektivem Emmitter her: Außer Canadian Solar beherrschen dies bislang nur die chinesischen Konkurrenten China Sunergy und Suntech Power.

Doch lange werden sie mit der neuen Technik nicht alleine bleiben, denn seit Neuestem bieten die deutschen Photovoltaikhersteller Centrotherm, Roth &

Rau sowie Schmid für diese Technik Produktionsmaschinen „von der Stange“ an. Das neue Equipment soll, je nach Güte des Wafers und Fertigungsprozess, die Effizienz um bis zu 0,8 Prozentpunkte steigern.

Die genaue Funktion des selektiven Emitters erklärt sich bei einem Blick auf den Zellaufbau: Siliziumscheiben sind von vornherein gezielt mit Bor dotiert und dadurch bereits positiv leitend (p-leitend). Damit eine Zelle entsteht, muss noch ein sogenannter p-n-Übergang erzeugt werden. Dafür bringen Hersteller Phosphoratom einige Mikrometer tief in die oberste Schicht ein. So erzeugen sie die stark negativ leitende (n-leitende) Zone im Kristall, den Emmitter. Auf seiner Licht zugewandten Seite werden die Kontakte aufgebracht, die als Minuspol der Zelle fungieren. Trifft Licht auf den Halbleiter, erzeugt es im Emmitter wie in der p-leitenden Schicht Elektronen-Loch-Paare. Das elektrische Feld am p-n-Übergang trennt die Ladungsträger und es fließt Strom.

Allerdings haben die bisher üblichen Siliziumzellen einen Haken: Direkt an ihrer Vorderseite in der Emitterschicht ist die n-Dotierung sehr hoch. Dadurch wird zwar der Übergangswiderstand zwischen Halbleiter und Kontakten klein gehalten, was den Strom flüssig fließen lässt. Doch stört die hohe Phosphorkonzentration den Kristall so stark, dass fast alle Ladungsträger aus dieser Schicht rekombinieren, also für den Solarstrom verloren gehen, ehe sie die Kontakte erreichen. Man bezeichnet die obersten 50 nm einer kristallinen Solarzelle deshalb als „dead layer“ – sie ist für die Stromgewinnung nutzlos.

Ingenieure greifen daher zu einem Trick: Sie senken die Phosphorkonzentration in den Bereichen zwischen den Kontakten, so dass weniger Ladungsträger aufgrund der „Verunreinigungen“ rekombinieren. Direkt unter den Kontakten halten sie die Phosphorkonzentration für einen geringen Übergangswiderstand dagegen hoch. Die Effizienz kön-

nen sie weiter steigern, indem sie gleichzeitig die Dicke des Emitters zwischen den Kontakten verringern. Dann kann mehr Licht in die darunter liegende p-Schicht eindringen, wo kein Phosphor mehr die Stromproduktion stört.

## Deutsche Solarkonzepte für Firmen weltweit

Konzepte für selektive Emmitter gibt es bereits seit den Siebzigerjahren. Da dafür zwei unterschiedliche Phosphorkonzentrationen nötig sind, basieren die meisten auch auf zwei Diffusionsschritten, was die Kosten treibt. Schmid habe einen wirtschaftlicheren Prozess gefunden, sagt Helge Haverkamp, Technologie des Freudenstädter Anlagenbauers: „Wir stellen den selektiven Emmitter in nur einem Diffusionsschritt her.“

Schmid's Ingenieure spicken zuerst die oberste Kristallschicht mit viel Phosphor. Dann drucken sie mit einem Tintenstrahldrucker Wachs auf die Stellen der späteren Kontakte. Das Wachs dient als Maske. Sie fehlt zwischen den späteren Kontakten, wo ein Spezialgemisch die Oberfläche bis in eine Tiefe von 50 nm wegwätzt. Die hohe Dotierung mit Phosphor wird durch Ausdünnung des Materials reduziert, so Haverkamp.

Centrotherm aus Blaubeuren verfolgt einen anderen Ansatz: Die Firma bringt vor der Phosphordiffusion zunächst eine Barrierschicht gleichmäßig auf den Kristall auf. An den Stellen der späteren Kontakte wird diese Schicht anschließend geöffnet und lokal Phosphor hochkonzentriert eingebracht. Dadurch steige die Zelleffizienz um 0,5 Prozentpunkte, sagt Wolfgang Herbst, bei Centrotherm zuständig für Markt- und Technikforschung.

Die Industrie zeigt großes Interesse an der neuen Technik. Mit vielen Herstellern werde bereits verhandelt, erklären die Firmen. Deutsche Solarausrüster tragen somit dazu bei, die Chinesen im Wirkungsgradwettbewerb nicht davonziehen zu lassen. SASCHA RENTZING

## Viel Luft für Effizienzgewinne bei Photovoltaik

- Das **Effizienzpotenzial** von Siliziumzellen ist noch längst nicht ausgeschöpft. Im Labor erreichen Forscher mit dieser Technik weit über 20 % Wirkungsgrad, die Industrie liegt mit durchschnittlich 13 % bis 18 % dagegen noch deutlich darunter.
- **Optimierung der Zellvorderseite:** Effizienzgewinne von bis zu 1 % bringen **selektive Emmitter**, die Sonnenstrom gut ableiten und gleichzeitig Energie erzeugen können. Neueste Zellen weisen zudem **pyramidenförmige Vertiefungen** in der Oberfläche auf. An deren Schrägen wird das Licht so reflektiert, dass es erneut auf die Siliziumoberfläche trifft – also eine zweite Chance zur Absorption

erhält. In die Zelle versenkte **Leitbahnen**, über die der Strom abgeführt wird, verringern den Schattenwurf auf der Vorderseite. Dafür ziehen die Hersteller zunächst Gräben in die Zelle und scheiden anschließend Metall darin ab.

- **Umorganisation der Anschlüsse:** Liegen alle Kontakte auf der Rückseite, stört keine Metallisierung den Lichteinfall. In Serie gefertigte Zellen, die das Licht auf der Rückseite sammeln, wandeln bereits bis zu 22 % des Lichts in Strom um. Doch die Herstellung ist komplex und teuer, da auch der Emmitter nach hinten verlagert werden muss. Mit industrieüblichen Standardverfahren ist das noch nicht machbar. sr