

Auszug aus dem Jahresbericht 2018
Zur aktuellen Website: www.ist.fraunhofer.de

SILIZIUMSCHICHTEN FÜR HETERO-STRUKTURSOLARZELLEN

Silizium findet seit Jahrzehnten Anwendung als Halbleiter und ist damit ein wichtiger Bestandteil in der Photovoltaik-Industrie. Unter den auf kristallinem Silizium (c-Si) basierenden Solarzellen zeichnen sich Silizium-Heterostruktursolarzellen (Silicon Heterojunction, SHJ) durch ihre besonders hohen Wirkungsgrade von über 26 Prozent aus. Die heißdraht-aktivierte Gasphasenabscheidung (Hot Wire Chemical Vapor Deposition, HWCVD) stellt eine vielversprechende Technologie für eine kostengünstige Abscheidung von defektarmen Siliziumschichten dar. Aus diesem Grund nutzt das Fraunhofer IST dieses Verfahren, um es im Hinblick auf seine Eignung zur Herstellung hocheffizienter SHJ-Solarzellen, insbesondere für Anwendungen im Automobilsektor zu untersuchen.

Der Aufbau von SHJ-Solarzellen

Bei SHJ-Solarzellen dienen kristalline Si-Wafer als Absorber, in denen das Sonnenlicht in freie Ladungsträger umgewandelt wird. Ausschlaggebend für das Erreichen hoher Wirkungsgrade dieser Solarzellen ist, dass die Ladungsträger beim Durchtritt zu den Kontakten nicht an als Rekombinationszentren wirkenden Defekten der Waferoberflächen rekombinieren. Zur Absättigung von Oberflächendefekten werden daher auf beiden Waferseiten hauchdünne Passivierschichten aus amorphem Silizium (a-Si:H) aufgebracht, bevor sich dann p- bzw. n-dotierte Si-Schichten, eine transparent leitfähige Oxidschicht (Transparent Conductive Oxides, TCO) und schließlich die metallischen Kontakte anschließen (vgl. Abbildung 1).

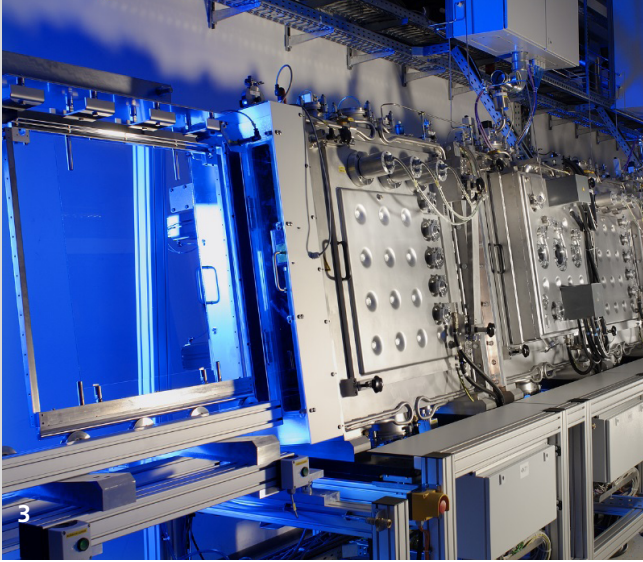
Die Vorteile der Heißdraht-aktivierten Gasphasenabscheidung

Im Rahmen eines vom BMWi geförderten Projekts wird das HWCVD-Verfahren anstelle der plasmaunterstützten chemischen Gasphasenabscheidung (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD) zur Herstellung der intrinsischen und dotierten Siliziumschichten eingesetzt. Bei der HWCVD werden die Prozessgasgemische an den Ober-

flächen glühender Metalldrähte aktiviert. Die Schichtbildung erfolgt ausschließlich durch dabei gebildete Radikale in völliger Abwesenheit von hochenergetischen Teilchen. Da die HWCVD-Abscheidung somit ohne Teilchenbombardement abläuft, eignet sich das Verfahren besonders gut für die sanfte Herstellung von defektarmen Schichten, von denen man sich besonders gute Passivierungseigenschaften verspricht. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch HWCVD-Prozesse eine hohe Prozessgasausnutzung von mehr als 80 Prozent und damit auch höhere Abscheideraten von mehr als 2 nm/s erzielt werden konnten. Daraus ergeben sich im Vergleich zu PECVD-Prozessen erhebliche Kostenvorteile.

Die Herstellung der Siliziumschichtstapel

Die Siliziumschichten wurden in einer vom Fraunhofer IST entwickelten HWCVD-Inline-Anlage abgeschieden, die über drei Beschichtungskammern mit Flächen von bis zu 500x600 mm² verfügt. Wie in Abbildung 3 dargestellt, können darin vier Solarwafer im Format 156x156 mm² gleichzeitig beschichtet werden. Die Prozessbedingungen wurden bei Schichtdicken von 10 bis 20 nm optimiert. Auf texturierten Wafern wurden Ladungsträgerlebensdauern von bis zu 5 ms erreicht.



Als Basis für die Herstellung von SHJ-Zellen wurden zunächst Passivierungsschichten mit 6 nm Dicke und Ladungsträgerlebensdauern um 1 ms eingesetzt. Die Herstellung der n- bzw. p-dotierten Silizium-Schichten erfolgte durch Zugabe der Dotiergase Phosphin (PH_3) bzw. Diboran (B_2H_6). Die Leitfähigkeiten der dotierten Schichten wurde durch Beimengung von Wasserstoff (H_2) voroptimiert, wodurch die Schichten nanokristallin wurden.

Ergebnisse

Die am Fraunhofer IST hergestellten Stapel aus intrinsischen a-Si:H-Passivierschichten aus reinem SiH_4 -Gas und dotierten Schichten mit unterschiedlichen Leitfähigkeiten und Schichtdicken wurden von den Projektpartnern zu vollständigen Solarzellen weiterverarbeitet und die Bauteileigenschaften anhand ihrer Strom-Spannungs-Kennlinien untersucht. Mit den bisher getesteten Schichtstapeln werden bereits jetzt Zellwirkungsgrade von 19,4 Prozent erreicht. Durch die weitere Optimierung des Schichtsystems sollen bis zum Projektende die Wirkungsgrade nochmals deutlich verbessert werden.

Das Projekt

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts »Prozess- und Anlagentechnologie zur kostengünstigen und ressourcenschonenden Herstellung von Silizium-Heterostruktursolarzellen mit hohem Wirkungsgrad«, kurz: »PATOS«, durchgeführt, welches vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird und eine Laufzeit vom 1. September 2016 bis zum 31. August 2019 hat.

Wir bedanken uns bei den Projektpartnern: RENA Technologies GmbH, Forschungszentrum Jülich, VON ARDENNE GmbH, IHT Aachen, edgeWave GmbH, a2 solar GmbH und AUDI.

1 *Prinzipieller Aufbau einer SHJ-Solarzelle.*

2 *Mit HWCVD hergestellte Si-Schichten für eine Hetero-Struktur-Solarzelle.*

3 *HWCVD-Inline-Anlage des Fraunhofer IST.*

KONTAKT

Madeleine Justianto, M.Sc.
Telefon +49 531 2155-523
madeleine.justianto@ist.fraunhofer.de

Dr. Volker Sittinger
Telefon +49 531 2155-512
volker.sittinger@ist.fraunhofer.de