

Lasieranwendungen in der Solarzellenproduktion

Die industrielle Produktion von Solarzellen benötigt Prozessketten, die je nach Solarzellentyp, etwa 20–30 Einzelschritte aufweist. In einigen dieser Teilschritte ist der Laser seit vielen Jahren schon Stand der Technik. An der Substitution weiterer konventioneller Prozessschritte wird derzeit intensiv gearbeitet. Die Anwendungsbeispiele kann man in drei Bereiche einteilen.

Dr. Roland Mayerhofer,
Martin Bullemer
Rofin/Baasel Lasertech,
Petersbrunnerstr. 1b,
82319 Starnberg
rma@baasel.de

- **Schneiden von mono- und polykristallinen Siliziumwafern**

Dies erfolgt durch konventionelles Laserstrahlschmelzschnneiden mit externer Gasunterstützung, wobei hier zu meist gepulste Nd:YAG-Laser eingesetzt werden. Schnittgeschwindigkeiten für typische Materialdicken von 250–300 µm liegen je nach verwendetem Lasersystem bei 10–100 mm/s.

- **Strukturieren von mono- und polykristallinen Siliziumwafern**

und

- **Strukturieren von Dünnschicht solarzellen**

Grundlage aller laserbasierenden Strukturierungsvorgänge auf Solarzellen ist der direkte laserinduzierte Abtrag. Die schon in vielen industriellen Pilot- oder Serienfertigungen laufenden Strukturierungsprozesse sind durch hohe Geschwindigkeit (typ. 500–1000 mm/s) bei möglichst kleinen Abtragsdurchmessern gekennzeichnet. Hohe Geschwindigkeit natürlich aufgrund der erforderlichen geringen Durchlaufzeiten. Kleine Abtragsdurchmesser durch die Tatsache, dass die Strukturierung zumeist auf der Vorderseite erfolgt

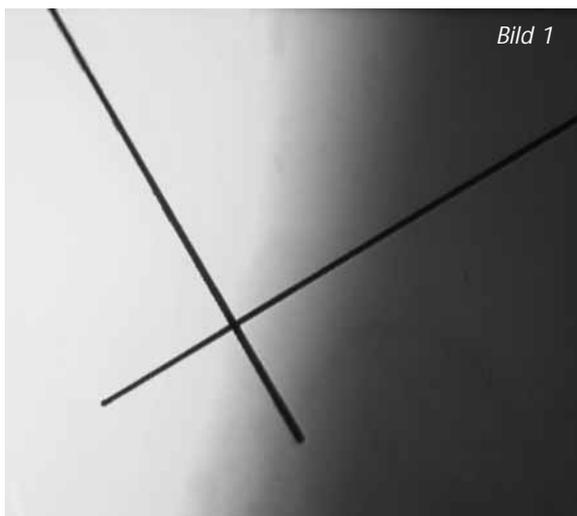


Bild 1

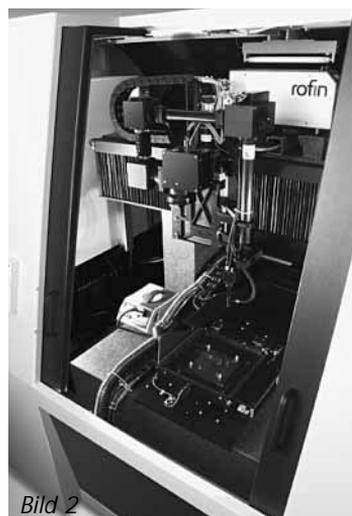


Bild 2

*Bild 1
Strukturiermuster auf
Dünnschichtsolarzellen
erzeugt mit gütegeschal-
tetem Nd:YAG-Laser
hoher Strahlqualität*

*Bild 2
Laser-Strukturierungs-
system für Dünnschicht-
solarzellen*

und der strukturierte Bereich demzufolge einen Verlust an aktiver Fläche der Solarzelle bedeutet. Aufgrund des genannten Anforderungsprofils scheiden CO₂- und Excimerlaser für industrielle Prozesse aus (Limitierung durch schwache Si-Absorption und Spotgröße bzw. Puls wiederholrate). In Produktionsprozessen haben sich gütegeschaltete Festkörperlaser hoher Strahlqualität dagegen etabliert. Die wichtigsten Vertreter sind transversal lampen- oder diodengepumpte Nd:YAG-Laser und endgepumpte Nd:Vanadat-Laser im Leistungsbereich 1 bis 100 W mit Puls wiederholraten bis zu 100 kHz. Spezielle Strukturierungsprozesse können hierbei eine Frequenzkonversion in den grünen bzw. UV-Wellenlängenbereich erforderlich machen.

Die Fertigung von Dünnschichtsolarzellen erfolgt durch eine Sequenz von Bedampfungs- und Gasphasenabscheidungsprozessen. Die integrierte Verschaltung ist zwischen den Beschichtungsvorgängen durch selektives Abtragen (Isolieren) der einzelnen Schichten möglich. Hier werden

unterschiedliche Laser eingesetzt, um die transparente Oxidschicht (TCO), die Halbleiterschicht und den metallischen Rückseitenkontakt selektiv und schädigungsfrei für die jeweils darunter liegende Schicht vom Glassubstrat abzutragen und somit eine Strukturierung der Solarzellenoberfläche vorzunehmen (*Bild 1*).

Eine komplettes Lasersystem zur Bearbeitung von Dünnschichtsolarellen auf der Basis von amorphem Silizium zeigt *Bild 2*. Die 4-Achsen-Forschungsanlage verfügt über die Möglichkeit, bis zu 4 Laser zu integrieren, wobei sowohl Laserstrahlung der Nd:YAG-Grundwellenlänge 1064 nm als auch frequenzverdoppeltes Licht über den selben Strahlengang geführt wird. Für die Bearbeitung stehen wahlweise ein wechselbares Festobjektiv und eine Scanneroptik zur Verfügung. Das Bewegungssystem für Glassubstrate der Größe 300x300 mm² ist als split-axis-Aufbau ausgeführt, d. h. x- und y-Achse sind getrennt montiert und weisen Verfahrswege von 1200 mm bzw. 900 mm auf. Linearmotoren bieten Verfahrgeschwindigkeiten von über 1000 mm/s bei einer Wiederholgenauigkeit von +/- 1,0 µm und einer Absolutgenauigkeit von +/- 2,0 µm. Ein Bildverarbeitungssystem erfasst Positionsmarken auf dem Substrat und steuert die parallele Ausrichtung der Solarzellensubstrate über eine Präzisionsdrehachse.

