

Effizientere Solarzellen durch Mikromaterialbearbeitung mit dem Laser

Das weitere Wachstum der Photovoltaik ist unmittelbar an die Reduktion der Produktionskosten pro Wp (Watt Spitzenleistung bei voller Sonnenbestrahlung) gekoppelt. Die Mikromaterialbearbeitung mit dem Laser ist eine Schlüsseltechnologie hierfür. Sie kann etablierte Herstellungsprozesse ersetzen und ermöglicht neue, effizienzsteigernde Technologien – etwa Rückkontakt-Zellen, Buried Contacts oder Laser Fired Contacts.

Die Laserbearbeitung von Silizium-Wafern und Solarzellen beruht meist auf der direkten, dampfdruck-induzierten Schmelzeverdrängung durch Nanosekunden-Laserpulse. Hohe Geschwindigkeit und Präzision zeichnen dieses Abtragverfahren besonders aus, das zunehmend auch für Schneid- und Bohranwendungen (als Multi-pass-Prozess) eingesetzt wird. Für diese Art der Materialbearbeitung bieten sich Festkörperlaser an. Die benötigte Kombination von hoher Leistung bei optimaler Strahlqualität und hoher Pulsfrequenz stellen sie am besten bereit.

Laser bohren Rückkontakt-Solarzellen

Rückkontakt-Solarzellen eliminieren die sonst nötigen Leiterbahnstrukturen auf der Vorderseite und erhöhen so die solaraktive Fläche und damit den Wirkungsgrad der Zellen. Auch die Verschaltung der einzelnen Solarzellen zu Modulen ist ohne Verbindungen von Vorder- zu Rückseiten realisierbar. Das MWT-Verfahren (Metal Wrap Through) verlegt die für die Verschaltung im Modul nötigen Lötbahnen auf die Rückseite der Solarzelle. Dazu werden pro Solarzelle 25-50 Löcher mit einem Durchmesser von 300-500 μm raster-artig gebohrt und später mit leitendem Material gefüllt. Wird dagegen gleich die gesamte Kontaktierung der negativ dotierten Schicht auf die Rückseite geführt (EWT-Verfahren: emitter wrap through), sind ca. 15.000 Löcher mit einem Durchmesser von 60-70 μm zu bohren. Gütegeschaltete Scheibenlaser bieten für diese Applikationen neben der hohen Leistung im TEM₀₀ Grundmode ein ideales Pulsbreitenregime und damit Durchsatzraten bis zu 3.000 Löcher pro Sekunde.

Selektives Abtragen mit dem Laser

Dünnschicht-Solarzellen werden durch eine Reihe von Beschichtungs- und Laserritzprozessen erzeugt. Für das selektive Abtragen einzelner Schichten eignen sich insbesondere Laser mit bester Strahlqualität (TEM₀₀) und sehr hohen Wiederholraten. Deshalb sind Nd:Vanadat Stablaser mit kurzen ns-Pulsdauern der Standardlasertyp für diese Art von Anwendung. Zukünftig könnten sich ultrakurz (10-30 Picosekunden) gepulste Faserlaser, mit Wiederholraten im Mhz-Bereich und einer Pulsspitzenleistung von einigen Hundert Kilowatt zu einer interessanten Alternative für dieses Einsatzfeld entwickeln.

Kantenisolation bei Dünnschicht-Zellen

Um die elektrische Isolierung sowie die hermetische Abdichtung der Module zu erzielen, müssen alle Schichten vollständig von den Kanten der fertig bearbeiteten Dünnschicht-Solarzellen entfernt werden. Nur hohe Abtragraten bis zu $50 \text{ cm}^2/\text{s}$ können die Durchsatzanforderungen moderner Fertigungsanlagen erfüllen. Hierzu kommen speziell entwickelte, gütegeschaltete Hochleistungslaser zum Einsatz. Mit neuen, quadratischen Lichtleitfasern erzeugen sie homogene, quadratische Laserspots. Da die Abtragung ein gepulster Laserprozess ist, bieten quadratische Laserspots den Vorteil einer gleichmäßigen Überlappung einzelner Pulse. Im Vergleich zur runden Faser steigt die mit einem Puls bearbeitete Fläche um bis zu 51%.

MLBA-Glasschneiden

Glas ist das typische Trägermaterial für Dünnschicht-Solarzellen. Beim MLBATM - (Multiple Laser Beam Absorption) Verfahren wird die Laserstrahlung, im Gegensatz zu den sonst üblichen Trennverfahren, im gesamten Glasvolumen absorbiert. Ein speziell entwickeltes Reflektorsystem lenkt den Laserstrahl mehrfach durch das Glas. Auf diese Weise wird die Laserenergie optimal genutzt und das Glas durch einen thermisch induzierten Spannungsbruch in einem einzigen Arbeitsschritt sauber getrennt. Dieses kontaktfreie Verfahren erzeugt Kanten von herausragender Qualität und vermeidet Mikrorisse. Die Festigkeit der Solarzelle ist dadurch deutlich höher. Es gibt weniger Glasbruch im Herstellungsprozess, die fertige Zelle hält höheren Schnee- und Hagellasten stand und widersteht großen Temperaturschwankungen besser.

Beschriften mit Microglyph-Codes

Die Anforderungen an die Solarzellenmarkierung sind hoch. Microglyph-Codes sind innovative zweidimensionale Codes, die mit dem Laser auf die Solarzellenoberfläche aufgebracht werden. Anders als konventionelle Matrix- oder Barcodes, bestehen Microglyph-Codes aus winzigen, diagonalen Linien im Winkel von 45° (Mikro-Rillen), die die elektrische Leitfähigkeit nicht beeinträchtigen. Die Codierung ist trotz der inhomogenen Reflexionseigenschaften von polykristallinem Silizium zuverlässig lesbar.

Die Beispiele zeigen es - die Mikromaterialbearbeitung mit dem Laser ist für Solarzellenhersteller in zweierlei Hinsicht von zentralem Interesse. Sie hilft den Herstellungsprozess effizienter zu gestalten und damit die Produktionskosten zu senken. Und sie ermöglicht neue Solarzellentypen mit höheren Wirkungsgraden. Das Resultat lautet in beiden Fällen: mehr Wp pro Euro. Führende Laserhersteller wie ROFIN investieren deshalb große Anstrengungen in die Weiterentwicklung der geeigneten Laserstrahlquellen und Laserproduktionsverfahren für die Photovoltaik.



Abb.1: StarDisc, Scheibenlaser für hohe Durchsatzraten

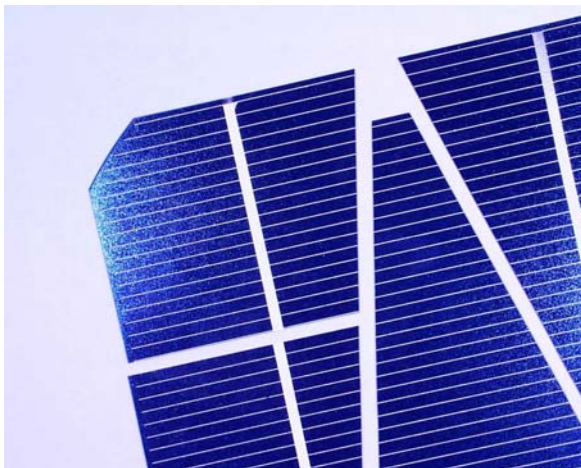


Abb.2: Extrem kurze Bearbeitungszeiten beim Schneiden von Solarzellen