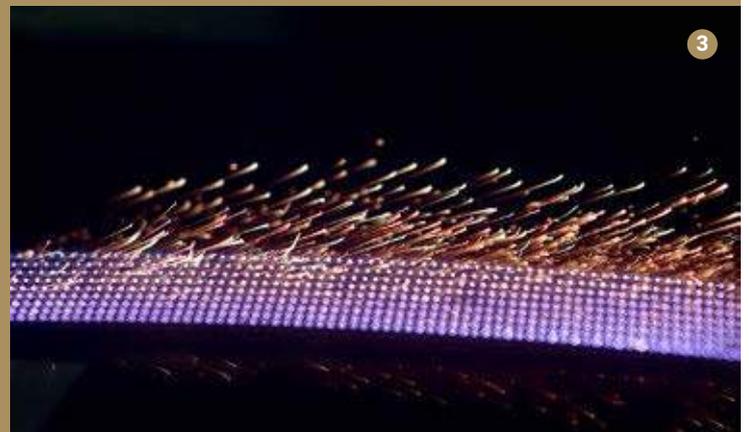


Lasertechnik in der Photovoltaik: Nachhaltige Stromerzeugung durch effiziente Solarzellen

Die Solarenergie stellt im Energiemix bereits heute eine unverzichtbare Größe dar. Um die Konkurrenzfähigkeit von Photovoltaikanlagen gegenüber konventionellen, fossilen Energieträgern zu gewährleisten, werden Laserverfahren eingesetzt, die Produktionskosten für Module reduzieren und Wirkungsgrade der Solarzellen steigern.

- 1 Photovoltaikanlage
- 2 Laserlöten zur Verbindung von Solarzellen
- 3 EWT-Zelle mit Bohrdurchmessern von $50\mu\text{m}$ im Abstand von $0,5\text{ mm}$



ANWENDUNGSBEREICH

Die Lasertechnik ermöglicht durch die berührungsfreie und thermisch minimierte Bearbeitung eine Vielzahl von Prozessen zur Erhöhung der Effizienz von Solarzellen und Solarmodulen. Insbesondere durch den Einsatz von Ultrakurzpulslasern lassen sich die in der Regel sehr dünnen funktionalen Schichten im Nanometerbereich mit hoher Präzision und Reproduzierbarkeit bearbeiten. Hierzu gehören unter anderem der Abtrag dünner dielektrischer Schichten zur Kontaktöffnung (LCO), z. B. für PERC-, n-PERT- und IBC-Solarzellen, sowie die Ablation von Diffusions- und Ätzbarrieren in Form von dielektrischen Schichten (Siliziumnitrid, Aluminiumoxid, Siliziumoxid). Für die Herstellung neuartiger hocheffizienter Solarzellen mit vollständig einseitiger Kontaktierung kommen Laserverfahren zum Einsatz, bei denen durch Aufschmelzen metallischer bzw. metallhaltiger Schichten und Schichtverbünde eine elektrische (LFC) und/oder mechanische (AMELI) Kontaktierung erfolgt. Angepasste Dotierungsprofile in Solarzellen lassen sich durch Laserbestrahlungen zur Formierung des selektiven Emitters bzw. des Front-Surface-Fields an PERC- und n-PERT-Solarzellen erreichen. Schließlich ermöglichen Laserverfahren das hochflexible Konfektionieren von Solarzellen durch Schneiden, Bohren und Markieren von Silizium, Glas und metallischen Folien.

Neben heute üblichen Silizium-Solarzellen werden – wenn auch in deutlich kleinerem Maßstab – Dünnschicht-Solarzellen hergestellt, die gegenüber den kristallinen Siliziumsystemen einen deutlichen Kostenvorteil bieten. Hier erfolgt die Fertigung der einzelnen streifenförmigen Zellen durch selektiven Abtrag der im Durchlaufverfahren aufgetragenen dünnen Absorber- und Leiterschichten. Neben den CIGS-Zellen werden zunehmend organische Solarzellen und künftig Perovskit-Zellen verwendet, die bei steigender Effizienz nochmals eine deutliche Senkung der Herstellungskosten versprechen.

TECHNOLOGIE

Durch Laserbearbeitung zur höheren Effizienz für Solarzellen: Die Lasertechnik bietet für die Herstellung von Solarzellen viele technische Lösungen mit einem hohen Energieeinsparpotenzial und neue Verfahren für die Reduzierung von Prozesszeiten und -ketten und sowie die Verbesserung

der Produkteigenschaften. In der Herstellung von Dünnschicht-Solarzellen – wie beispielsweise CIGS-, Perovskit- oder organische Solarzellen – werden die trocken- oder nasschemisch aufgetragenen Schichten mittels selektivem Laserabtrag so strukturiert, dass aus dem flächigen Materialverbund einzelne Zellen entstehen. Hier sind die Berührungslosigkeit, die hohe Intensität und die exakte Steuerbarkeit des Lasers wichtige Kriterien, um eine hohe Reproduzierbarkeit und Qualität beim Abtrag von Schichten mit Dicken von einigen 100 Nanometern zu ermöglichen.

Bei der Kontaktierung von Silizium-Solarzellen kommen selektive Laserabtragverfahren für die Strukturierung nanoskaliger Passivierungslayer zum Einsatz. Um die darunter liegenden Strukturen und die Funktion des Werkstoffs nicht zu beschädigen werden hier vor allem Ultrakurzpulslaser verwendet. Alternativ sind selektive schmelztechnische Verfahren nutzbar, bei denen Rückseitenmetallisierungen durch Nanosekunden-Laserpulse mit dem Bulk-Silizium kontaktiert werden. Durch Kurzzeitbestrahlung mit hohen Laserintensitäten lassen sich Leitfähigkeit und Kornstruktur nasschemisch aufgetragener Funktionsschichten ohne starke Temperatureinwirkung und komplexe Prozessketten signifikant verbessern.

NACHHALTIGKEIT

Die Photovoltaik ist im Energiemix ein unersetzlicher Bestandteil, der sich nach einer durch Preisdruck geprägten Phase aus Fernost wieder auf einem aufsteigenden Ast befindet. Heute zählen Effizienz und Langlebigkeit mehr denn je als reine Kostenfaktoren. Entsprechend sind neue Verfahren, zu denen die Laserverfahren gehören, zunehmend für die Herstellung effizienter Solarzellen gefragt. Dies gilt vor allem für neue, mittels Beschichtungsverfahren herzustellende Perovskit-Zellen, bei denen neben den klassischen Verschaltungstechniken auch großflächige, effizienz erhöhende Bestrahlungsverfahren zum Einsatz kommen. Durch kosten- und produktionsmittelsparende Laserverfahren sind hier künftig Wirkungsgrade von über 20 Prozent unter Produktionsbedingungen zu erwarten.