

12.12.2025 - 09:58 Uhr

Photovoltaik: Molekulares Feintuning steigert Wirkungsgrad von Tandem-Solarzellen

München (ots) -

- LMU-Forschende entwickeln erstmals in München hocheffiziente Perowskit-Silizium-Tandemzellen.
- Durch gezieltes molekulares Design steigert das Team Stabilität und Ladungstransport auf Siliziumzellen in Industriequalität und erreicht eine Effizienz von 31,4 Prozent.
- Die Technologie ist auf den Einsatz in industriellen Photovoltaik-Anwendungen sowie in Satelliten im niedrigen Erdorbit ausgerichtet.

Perowskit-Silizium-Tandemsolarzellen gelten als Schlüsseltechnologie für die Photovoltaik. Ihr Aufbau erlaubt es, Sonnenlicht effizienter zu nutzen als bei herkömmlichen Siliziumzellen: Während die obere Perowskit-Schicht den energiereichen blauen Anteil des Lichts absorbiert, fängt die darunterliegende Silizium-Schicht den roten Bereich ein. Das Zusammenspiel beider Materialien ermöglicht eine deutlich höhere Lichtausbeute.

Ein internationales Forschungsteam um [Dr. Erkan Aydin](#), Forschungsgruppenleiter an der LMU, hat diesen Ansatz nun entscheidend weiterentwickelt. Im Fachjournal Joule berichten die Forschenden über die erste Perowskit-Silizium-Tandemzelle, die vollständig in der Münchner Region gefertigt wurde. Kooperationspartner sind die Southern University of Science and Technology (SUSTech) in Shenzhen, China, die City University of Hong Kong und die King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) in Saudi-Arabien.

Ein neuer Ansatz beim Moleküldesign

Zentrales Element der Tandemzellen ist die selbstorganisierte Monoschicht (Self-Assembled Monolayer, SAM). Diese nur wenige Nanometer dünne molekulare Schicht sorgt dafür, dass elektrische Ladungen effizient zu den Ladungssammelschichten transportiert werden. Auf pyramidenförmig strukturierten Siliziumoberflächen neigen herkömmliche SAMs mit einfachen Alkylketten jedoch dazu, ungleichmäßig zu aggregieren. Das schränkt die Leistungsfähigkeit der Zellen ein.

Um dieses Problem zu lösen, entwickelten die Forscherinnen und Forscher ein spezielles Molekül. Seine besondere Struktur verbessert den Ladungstransport selbst auf rauen Oberflächen und schafft damit die Grundlage für eine stabile Grenzfläche.

Bei Analysen machte das Team eine überraschende Beobachtung: Eine handelsübliche SAM-Vorstufe enthielt winzige Mengen Brom-haltiger Verunreinigungen. Diese erwiesen sich als äußerst nützlich, da sie Defekte an der Grenzfläche neutralisieren und so die Effizienz der Solarzellen steigern.

"Dass eine so kleine chemische Veränderung eine derart große Wirkung entfalten kann, hat uns selbst überrascht", erklärt Projektleiter Aydin. "Diese Erkenntnis zeigt, wie entscheidend das präzise Zusammenspiel von Materialien auf molekularer Ebene für den Energieertrag neuartiger Solarzellen ist."

Die Forschenden kombinierten bromierte und nicht bromierte Moleküle, um die positiven Effekte des Broms zu nutzen, ohne die chemische Stabilität zu beeinträchtigen. Ihre neu entwickelte SAM-Struktur ermöglicht eine dichtere Molekülpakkung und eine bessere Passivierung der Grenzfläche - was wiederum höhere Wirkungsgrade, eine gesteigerte Stabilität und eine effizientere Ladungsextraktion bewirkt.

31,4 Prozent Effizienz

Durch diese gezielte Feinsteuering auf Molekülebene erreichte das Team eine Effizienz der Zellen von 31,4 Prozent. Damit gehört das Team zu den weltweit führenden Laboren in der Entwicklung von Hochleistungs-Perowskit-Silizium-Tandemzellen. Besonders bemerkenswert ist, dass diese Werte auf industriell relevanten kristallinen Silizium-Bottom-Zellen erzielt wurden. Neben der Effizienzsteigerung zeigte sich auch eine verbesserte Stabilität der Zellen über längere Zeiträume. Die dichtere molekulare Packung der neuen SAMs schützt die empfindliche Grenzfläche vor Schäden auf molekularer Ebene.

"Als nächsten Schritt wollen wir zeigen, dass unsere Tandemzellen ihre Leistungsfähigkeit nicht nur im Labor

unter Beweis stellen, sondern auch in beschleunigten Alterungstests, die Aufschluss über ihr Verhalten unter realen Umweltbedingungen geben", sagt Aydin. "Parallel dazu prüfen wir, wie sich die Technologie für den Einsatz in der Raumfahrt anpassen lässt - insbesondere für Satelliten in niedrigen Erdumlaufbahnen." Gerade in diesem Bereich wachse das Interesse an besonders leichten, leistungsfähigen und strahlungsresistenten Solarzellen rasant.

Publikation

Jian Huang, Letian Zhang, Cem Yilmaz, Geping Qu, Ido Zemer, Rik Hooijer, Siyuan Cai, Ali Buyruk, Hao Zhu, Meriem Bouraoui, Achim Hartschuh, Ryota Mishima, Kenji Yamamoto, Caner Deger, Ilhan Yavuz, Alex K.-Y. Jen, Esma Ugur, Stefaan De Wolf, Igal, Levine4, Zong-Xiang Xu, Erkan Aydin: Enhanced Charge Extraction in Textured Perovskite-Silicon Tandem Solar Cells via Molecular Contact Functionalization. Joule, doi:

<https://doi.org/10.1016/j.joule.2025.102227>

Wissenschaftlicher Ansprechpartner:

Dr. Erkan Aydin

Ludwig-Maximilians-Universität München

Department Chemie

Butenandtstr. 5-13

81377 München

E-Mail: erkan.aydin@cup.lmu.de

Tel.: +49 89 2180-77805

Pressekontakt:

Claudia Russo
Leitung Presse & Kommunikation
Ludwig-Maximilians-Universität München
Leopoldstr. 3
80802 München

Phone: +49 (0) 89 2180-3423

E-Mail: presse@lmu.de

Diese Meldung kann unter <https://www.presseportal.ch/de/pm/100057148/100937214> abgerufen werden.