

Press release

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Dr. Antonia Rötger

02/21/2025

<http://idw-online.de/en/news847912>Research results
Chemistry, Energy, Physics / astronomy
transregional, national

Perowskit-Solarzellen: Thermische Spannungen als Schlüssel zur Langzeitstabilität

Perowskit-Solarzellen sind kostengünstig in der Herstellung und hocheffizient. Im Außeneinsatz ist jedoch noch fraglich, wie lange sie stabil bleiben. Dieses Thema greift nun eine internationale Kooperation unter Leitung von Prof. Antonio Abate in der Fachzeitschrift Nature Reviews Materials auf. Die Forschenden untersuchten die Auswirkungen von wiederholten thermischen Zyklen auf Mikrostrukturen in den verschiedenen Schichten von Perowskit-Solarzellen. Das Fazit: Der entscheidende Faktor für die Degradation von Metall-Halogenid-Perowskiten sind thermische Spannungen. Daraus lassen sich Strategien ableiten, um die Langzeitstabilität von Perowskit-Solarzellen gezielt zu steigern.

Perowskite sind eine Materialklasse mit halbleitenden Eigenschaften, die sich hervorragend für die Energieumwandlung in einer Solarzelle eignen: Die besten von ihnen, die Metall-Halogenid-Perowskite, liefern bereits Wirkungsgrade von bis zu 27 %. Die Herstellung solcher Dünnschicht-Solarzellen erfordert extrem wenig Material und Energie, sodass Solarenergie erheblich günstiger werden könnte. Bei der Verwendung im Freien sollten Solarmodule jedoch mindestens 20 bis 30 Jahre lang einen nahezu stabilen Ertrag liefern. Und hier gibt es bei Perowskit-Materialien noch viel Raum für Verbesserungen.

Eine internationale Forschungsk Kooperation unter der Leitung von Prof. Antonio Abate hat nun die Ergebnisse mehrjähriger Arbeit in einem Übersichtsartikel in der renommierten Fachzeitschrift Nature Reviews Materials veröffentlicht. Gemeinsam mit einem Team unter der Leitung von Prof. Meng Li, Henan University, China, und weiteren Partnern in Italien, Spanien, Großbritannien, der Schweiz und Deutschland zeigen sie, dass thermische Spannungen der entscheidende Faktor für die Degradation von Metall-Halogenid-Perowskiten sind.

„Durch eine Verkapselung können die Zellen zwar effektiv vor Feuchtigkeit und Luftsauerstoff geschützt werden, dennoch sind sie im Außeneinsatz dann Tag und Nacht sowie über die Jahreszeiten großen Temperaturschwankungen ausgesetzt“, sagt Abate. Je nach geografischen Bedingungen können die Temperaturen im Inneren der Solarzellen zwischen minus 40 Grad Celsius und plus 100 Grad Celsius (z. B. in der Wüste) liegen.

Um dies zu simulieren, wurden die Perowskit-Solarzellen in der Studie noch deutlich extremeren Temperaturunterschieden ausgesetzt: Von minus 150 Grad Celsius bis plus 150 Grad Celsius, und das immer wieder. Dr. Guixiang Li (damals Postdoc am HZB, heute Professor an der Southeast University, China) untersuchte, wie sich die Mikrostruktur innerhalb der Perowskitschicht während der Zyklen veränderte und inwieweit sich auch Wechselwirkungen mit den benachbarten Schichten im Lauf der Temperaturzyklen veränderten.

Dadurch sank auch die Leistung der Zelle. Insbesondere verursachten die großen Temperaturschwankungen thermische Spannungen, sowohl innerhalb des Perowskit-Dünnschichtfilms als auch zwischen den verschiedenen angrenzenden Schichten: „In einer Perowskit-Solarzelle müssen Schichten aus sehr unterschiedlichen Materialien in perfektem Kontakt stehen; leider haben diese Materialien oft ein recht unterschiedliches thermisches Verhalten“, erklärt Abate.

Kunststoffe neigen beispielsweise dazu, bei Erwärmung zu schrumpfen, während anorganische Materialien sich eher ausdehnen. Dadurch wird der Kontakt zwischen den Schichten mit jedem Zyklus schlechter. Darüber hinaus untersuchte das Team auch lokale Phasenübergänge und die Diffusion von Elementen in benachbarte Schichten.

Daraus leiteten die Forschenden eine Strategie ab, um die Langzeitstabilität von Perowskit-Solarzellen zu erhöhen. „Thermische Belastung ist der Schlüssel“, sagt Abate. Es geht vor allem darum, die Perowskit-Strukturen und die angrenzenden Schichten stabiler gegen thermische Belastungen zu machen, beispielsweise durch die Erhöhung der kristallinen Qualität, aber auch durch geeignete Pufferschichten. Um die Stabilität bei Temperaturwechseln einheitlich und korrekt zu ermitteln, sind standardisierte Testprotokolle nötig.

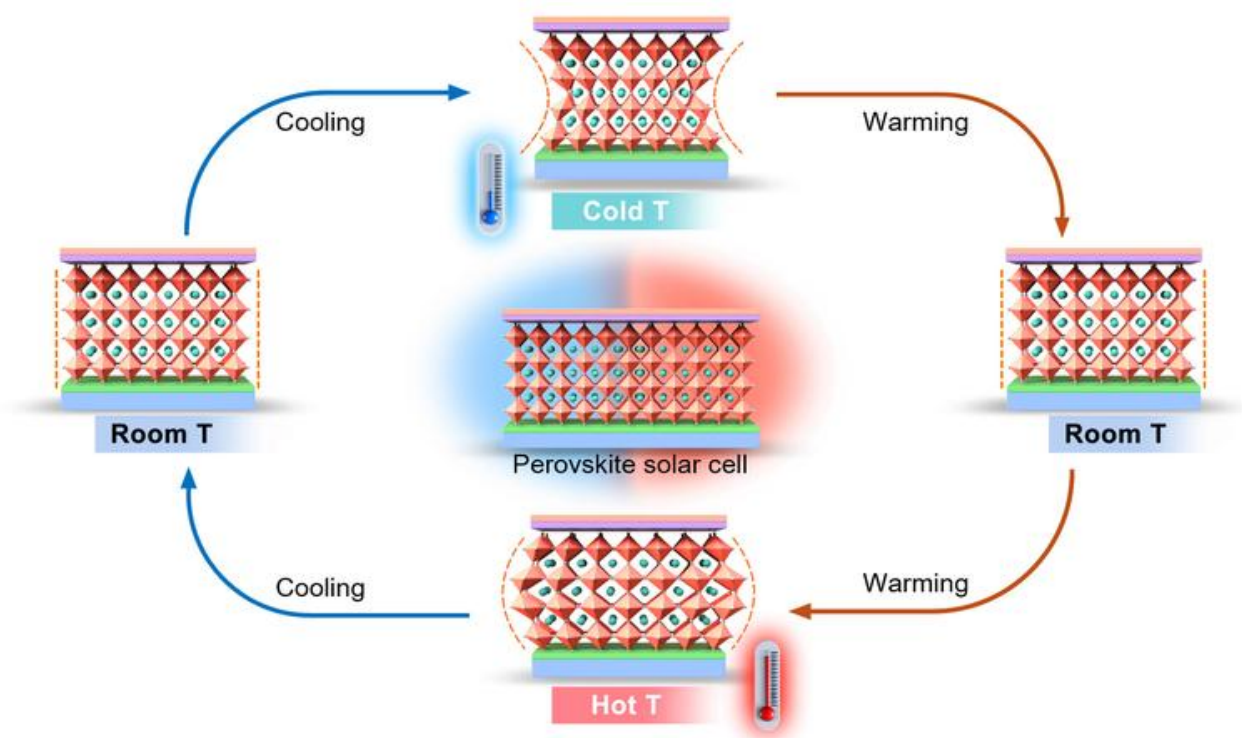
contact for scientific information:

Prof. Dr. Antonio Abate, antonio.abate@helmholtz-berlin.de

Original publication:

Nature Reviews Materials (2025): Resilience Pathways for Halide Perovskite Photovoltaics Under Temperature Cycling

Luyan Wu (??), Shuaifeng Hu (??), Feng Yang (??), Guixiang Li (??), Junke Wang (??), Weiwei Zuo (??), José J. Jerónimo-Rendon, Silver-Hamill Turren-Cruz, Michele Saba, Michael Saliba, Mohammad Khaja Nazeeruddin, Jorge Pascual, Meng Li (??), Antonio Abate
DOI: 10.1038/s41578-025-00781-7



Im Experiment wurden Perowskit-Solarzellen immer wieder von Raumtemperatur auf minus 150 Grad Celsius abgekühlt und dann bis plus 150 Grad Celsius erhitzt.

Li Guixiang

D