

5. Juli 2018

TU Ilmenau: Weltrekord bei der direkten solaren Wasserspaltung

In einem nachhaltigen Energiesystem wird Wasserstoff eine zentrale Rolle als Speichermedium einnehmen. Einem internationalen Forscher-Team ist es jetzt gelungen, den Wirkungsgrad für die direkte solare Wasserspaltung zur Wasserstoffgewinnung auf 19 Prozent zu steigern. Sie kombinierten dafür eine Tandem-Solarzelle aus III-V-Halbleitern mit Rhodium-Nanopartikeln und kristallinem Titandioxid. An der Forschungsarbeit waren Teams aus dem California Institute of Technology, der University of Cambridge, der TU Ilmenau und dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE beteiligt. Ein Teil der Experimente fand am Institut für Solare Brennstoffe am Helmholtz-Zentrum Berlin statt.

Die Photovoltaik ist eine Hauptsäule in einem Energieversorgungssystem auf Basis erneuerbarer Quellen, und Sonnenlicht steht weltweit reichlich zur Verfügung – allerdings nicht rund um die Uhr. Ein Lösungsansatz für den Umgang mit dieser fluktuierenden Stromgewinnung besteht darin, Sonnenlicht in Form von chemischer Energie zu speichern, konkret: mit Sonnenlicht Wasserstoff zu produzieren. Denn Wasserstoff lässt sich gut speichern und vielseitig nutzen, ob in einer Brennstoffzelle zum Erzeugen von Strom und Wärme oder als Ausgangsbasis für Brennstoffe. Kombiniert man Solarzellen mit Katalysatoren und weiteren funktionalen Schichten zu einer „monolithischen Photoelektrode“ aus einem Block, wird die Aufspaltung von Wasser besonders einfach: dabei befindet sich die Photokathode im wässrigen Medium und wenn Licht auf sie fällt, bildet sich auf der Vorderseite Wasserstoff, auf der Rückseite Sauerstoff.

Für die hier untersuchte monolithische Photokathode haben die Forscher eine am Fraunhofer ISE entwickelte hocheffiziente Tandem-Solarzelle aus III-V-Halbleitern mit weiteren funktionalen Schichten kombiniert. Dabei gelang es ihnen, die Verluste durch Lichtreflexion und Absorption an der Oberfläche deutlich zu verringern. „Darin besteht auch die Innovation“, erläutert Prof. Hans-Joachim Lewerenz, Caltech, USA: „Denn bereits 2015 konnten wir in einer früheren Zelle einen Wirkungsgrad von über 14 Prozent erreichen, damals ein Weltrekord. Hier haben wir die Antikorrosionsschicht durch eine kristalline Titandioxid-Schicht ersetzt, die nicht nur hervorragende Antireflexionseigenschaften besitzt, sondern an der auch die Katalysator-Teilchen haften bleiben“. Und Prof. Harry Atwater, Caltech, fügt an: „Außerdem haben wir ein neues elektro-

KONTAKT

Prof. Thomas Hannappel

Leiter Fachgebiet Photovoltaik

☎ +49 3677 69-2566

✉ thomas.hannappel@tu-ilmenau.de

MEDIEN

Marco Frezzella

Leiter Medien- und Öffentlichkeitsarbeit

☎ +49 3677 69-5003

✉ marco.frezzella@tu-ilmenau.de

chemisches Verfahren genutzt, um die Rhodium-Nanoteilchen herzustellen, die als Katalysatoren für die Wasserspaltung dienen. Sie messen nur 10 Nanometer im Durchmesser und sind damit optisch nahezu transparent, also ideal geeignet für ihre Aufgabe.“

Unter simulierter Sonneneinstrahlung erzielten die Wissenschaftler einen Wirkungsgrad von 19,3 Prozent (in verdünnter wässriger Perchlorsäure), in (neutralem) Wasser immerhin noch 18,5 Prozent. Dies reicht schon nah an den theoretisch maximalen Wirkungsgrad von 23 Prozent heran, der sich mit dieser Kombination von Schichten aufgrund ihrer elektronischen Eigenschaften erreichen lässt.

„Die kristalline Titandioxid-Schicht schützt die eigentliche Solarzelle nicht nur vor Korrosion, sondern verbessert durch ihre günstigen elektronischen Eigenschaften auch den Ladungstransport“, sagt Dr. Matthias May, der einen Teil der Experimente zur Effizienzbestimmung am HZB-Institut für Solare Brennstoffe durchgeführt hat, im Vorläuferlabor der Solar Fuel Testing Facility der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF). Der nun publizierte Rekordwert basiert auf Arbeiten, die May bereits als Doktorand am HZB begonnen hatte und für die er 2016 den Helmholtz-Doktoranden-Preis im Forschungsbereich Energie erhielt. „Die Stabilität konnten wir auf knapp 100 Stunden steigern; das ist ein großer Fortschritt im Vergleich zu Vorgängersystemen, die bereits nach 40 Stunden korrodiert waren. Dennoch bleibt hier noch viel zu tun“, erklärt May.

Denn noch ist dies Grundlagenforschung an kleinen, hochpreisigen Systemen im Labor. Aber die Forscher sind optimistisch: „Diese Arbeit zeigt, dass maßgeschneiderte Tandemzellen für die direkte solare Wasserspaltung das Potential haben, Wirkungsgrade jenseits von 20 Prozent zu erreichen“, erklärt Prof. Thomas Hannappel, TU Ilmenau. Und Teams am Fraunhofer ISE und der TU Ilmenau arbeiten daran, Zellen zu entwerfen, in denen III-V-Halbleiter mit preisgünstigem Silizium kombiniert werden, was die Kosten erheblich senken könnte.

Die Ergebnisse sind in ACS Energy Letters veröffentlicht: „Monolithic Photoelectrochemical Device for Direct Water Splitting with 19% Efficiency“ (Wen-Hui Cheng, Matthias H. Richter, Matthias M. May, Jens Ohlmann, David Lackner, Frank Dimroth, Thomas Hannappel, Harry A. Atwater, Hans-Joachim Lewerenz)

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsenerylett.8b00920>