

Effizientere Solarzellen dank Pflanzen-Trick

Bei der Photosynthese sind die Absorption von Licht und die Trennung der Ladung separate Prozesse. Mit diesem in der Natur seit langem bewährten Prinzip wollen Berner Forscher nun dünnere Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad herstellen.

Kristalline Silizium-Solarzellen zeichnen sich durch hohe Stabilität und Langlebigkeit aus und holen im Verlaufe ihrer Lebensdauer ein Mehrfaches dessen, was zu ihrer Herstellung an Energie notwendig war, aus der Sonnenstrahlung wieder heraus. Um jedoch hohe Wirkungsgrade zu erzielen, sind dicke und besonders reine Halbleiterschichten notwendig, damit genügend Licht absorbiert wird. Das ist ein entscheidender Kostenfaktor und energieaufwendig. Seit einigen Jahren arbeiten Forscher der Universität Bern daran, auch mit dünneren und weniger reinen Halbleiterschichten gute Wirkungsgrade zu erzielen. Das soll dadurch geschehen, dass dem Halbleiter molekulare Antennensysteme als Lichtsammel-einheiten vorgeschaltet werden. Diesem Ziel sind die Forscher nun einen bedeutenden Schritt näher gekommen.

Die Natur macht es vor

Die Idee für das molekulare Antennensystem stammt aus der Natur. In Pflanzen ist jedes Reaktionszentrum der Photosynthese von mehreren hundert Farbstoffmolekülen umgeben. Diese helfen dabei, das Licht zu absorbieren und die aufgenommene Energie an das Reaktionszentrum weiterzuleiten. Erst dort wird die Energie der Sonnenstrahlung genutzt, um Wassermolekülen Elektronen zu entziehen und durch diese Ladungstrennung Energie zu speichern.

Das molekulare Antennensystem der Forschungsgruppe von Gion Calzaferri von der Universität Bern basiert auf sogenannten Zeolith-L-Kristallen. Diese nur etwa einen Mikrometer grossen zylinderförmigen Aluminiumsilikat-Kristalle enthalten etwa 100000 Kanäle. In jeden dieser Kanäle können mehrere hundert Farbstoffmoleküle hineindiffundieren. Die Kanäle sind kaum breiter als die Farbstoffe, so dass sich diese wie Perlen an einer Schnur aufreihen. Diese lineare Anordnung garantiert, dass die Farbstoffe keine Aggregate bilden und die Anregungsenergie, die sie bei der Absorption von Licht erhalten haben, verlustfrei bis an die Enden der Kanäle «durchreichen». Dort sind dann weitere Reaktionen möglich. Die Enge der Kanäle verhindert zudem, dass sich die Farbstoffmoleküle aneinander vorbeischieben; dies erlaubt eine zielgerichtete Anordnung von verschiedenen Farbstoffen innerhalb der Kristalle.

Kristalle in Reih und Glied

Den Forschern ist es jetzt erstmals gelungen, Zeolithkristalle so auf einem Träger auszurichten und zu befestigen, dass alle Kanäle senkrecht zur Trägerfläche stehen.¹ Diese neue gleichgerichtete Organisation der Zeolithkristalle in einer Schicht ist eine wichtige Voraussetzung, um die Lichtenergie von einer Vielzahl von Kristallen effizient auf eine Halbleiterschicht übertragen zu können, die von der anderen Seite her auf die Zeolithkristalle gebracht wird.

Damit die Energie in den Kanälen tatsächlich in die richtige Richtung fliesst - nämlich zur Halbleiterschicht hin - und nicht auch in die Gegenrichtung, gehen die Forscher nach der Fixierung der Kristalle auf dem Träger wie folgt vor: Vom offenen Ende her lässt man zuerst Farbstoffe in die Kanäle diffundieren, die energiereiches (also etwa blaues) Licht absorbieren. Anschliessend werden Farbstoffe nachgeschoben, die energieärmeres (also etwa grünes) Licht absorbieren. Zuletzt werden die noch offenen Kanäle durch spezielle Farbstoffe abgeschlossen, die noch energieärmeres (zum Beispiel rotes) Licht absorbieren. Die Blau absorbierenden Farbstoffe können ihre Anregungsenergie zwar an Grün und Rot absorbierende Farbstoffe weiterreichen, in die umgekehrte Richtung ist der Energietransfer jedoch aus energetischen Gründen blockiert. So kann die Energie in die richtige Richtung gelenkt werden.

Trennung elektrischer Ladungen

Schon in den Jahren zuvor hatten Calzaferri und seine Mitarbeiter zwei wichtige Erfolge erzielt: die Bindung oder Adsorption von korkenförmigen Farbstoffen («Stopcocks») zum Einfangen der Anregungsenergie an den Kanalenden und den Nachweis, dass von solchen «Stopcocks» aus ein Energietransfer auf einen Halbleiter stattfinden kann. Zusammen mit dem jetzt erfolgten Durchbruch eröffnen sich neue Möglichkeiten für Solarzellen und andere photonische Anwendungen. Der nächste Schritt besteht nun darin, mit der Energie der Strahlung, die durch das Antennensystem eingefangen und weitergegeben wird, in dem Halbleitersubstrat eine Trennung von positiven und negativen Ladungen herbeizuführen. Mit der so erzeugten Spannung lässt sich dann in einem externen Stromkreis ein Strom treiben.

Roman Bolliger

¹Angewandte Chemie, International Edition 45, 5282-5287 (2006).