



Prof. Dr. Anna Köhler (re.), Lehrstuhl für Experimentalphysik II an der Universität Bayreuth, und ihre Doktorandin Dipl.-Phys. Christina Scharsich.

Auf dem Weg zu neuen Solarzellen: Selbstorganisation von Polymeren fördert die Ladungstrennung

Lichtenergie in elektrischen Strom zu verwandeln ist die Funktion von Solarzellen, die damit eine zentrale Bedeutung für die Gewinnung und Nutzung erneuerbarer Energien haben. Einem Forschungsteam der Universität Bayreuth, der LMU München und der TU München ist es jetzt gelungen, in organischen Makromolekülen erstmalig den Prozess der Stromerzeugung aus Licht von Anfang an zu beobachten und zu verstehen. Ein weltweit einzigartiger lasertechnischer Versuchsaufbau und die Verwendung von Silizium-basierten Strukturen machten diese Forschungserkenntnisse möglich.

Bei den Forschungsarbeiten kamen neuartige Solarzellen zum Einsatz, die aus einer organischen und einer anorganischen Komponente bestehen; genauer gesagt: aus



Dipl.-Phys. Christina Scharsich – hier vor einer Glovebox, die es ermöglicht, Proben in einer Schutzatmosphäre herzustellen – ist Doktorandin im DFG-Graduiertenkolleg „Fotophysik synthetischer und biologischer multichromophorer Systeme“ an der Universität Bayreuth. Sie verbindet in ihren Forschungsarbeiten Erkenntnisse der Experimentalphysik und der Polymerchemie. Aus dem DFG-Graduiertenkolleg wird ein wesentlicher Teil ihrer Forschungsarbeiten gefördert.

Kunststoff und aus Silizium. Sie werden daher auch als Hybrid-Solarzellen bezeichnet. Das organische Material hat dabei die Aufgabe, möglichst viel Lichtenergie zu sammeln. Unter Einwirkung des Sonnenlichts werden Paare von positiver und negativer Ladung gebildet, die sich durch die Coulomb-Kraft gegenseitig anziehen. Diese Coulomb-Kraft muss aber überwunden werden, damit die Ladungen sich trennen. Denn nur so entsteht ein Stromfluss. Dabei sorgt die anorganische Komponente dafür, dass die negative Ladung der Elektronen aufgenommen und zur Elektrode abgeleitet wird, während die positive Ladung über die organische Komponente abfließt.

Schnelle Ladungstrennung infolge molekularer Selbstorganisation

Prof. Dr. Anna Köhler und Dipl.-Phys. Christina Scharsich an der Universität Bayreuth haben jetzt entdeckt, dass die Coulomb-Kraft besonders leicht überwunden werden kann, wenn das organische Material eine geordnete molekulare Struktur hat. Für ihre Untersuchungen verwendeten sie den Kunststoff P3HT, ein halbleitendes Polymer, das – abhängig von der jeweiligen Verarbeitungstechnik – entweder in einer ungeordneten, verknäulten Struktur oder in einer selbstorganisierten, geordneten Form vorliegt. „In zahlreichen Experimenten hier in Bayreuth haben wir herausgefunden, wie die P3HT-Polymere aus sich selbst heraus eine regelhafte Struktur anstreben“, erklärt Christina Scharsich. „Diese molekulare Selbstorganisation können wir für die Stromerzeugung ausnutzen. Wir bearbeiten die P3HT-Polymere für die Solarzellen so, dass sie ihre Tendenz zur wohlgeordneten Selbstorganisation voll entfalten. Die unter Einwirkung von Lichtenergie erzeugten Paare von positiver und negativer Ladung haben dann viel Platz auf dem Polymer, so dass sie sich besonders leicht trennen. Die Effizienz der Ladungstrennung ist infolge der Selbstorganisation doppelt so hoch.“

Präzise Analysen durch Silizium als Elektronenakzeptor

Eine wesentliche Rolle bei diesen Untersuchungen kommt dem Elektronen aufnehmenden Silizium zu. Bisher wurden in organischen Solarzellen meist kugelförmige Kohlenstoffmoleküle („Fullerene“) als Elektronenakzeptor verwendet. Die Fullerene erschweren jedoch die Forschungsarbeiten mit Laserlicht, da sich ihre Signale mit denen des Polymers überlagern. Dieses Problem kann durch die Verwendung von Silizium gelöst werden. Zudem eignet sich Silizium aufgrund seiner hoch geordneten Struktur besonders gut zur Aufnahme und Weiterleitung von Elektronen. Den Wissenschaftlern an der TU München um Prof. Dr. Martin Stutzmann ist es gelungen, Silizium so zu prozessieren, dass es gemeinsam mit Kunststoff zu einer effizienten Solarzelle verarbeitet werden kann. In seiner Rolle als Elektronenakzeptor unterstützt es dabei die Analysen der Umwandlung von Licht in Strom optimal. „Ohne das Silizium in dieser Funktion hätten unsere Untersuchungen nicht zu derartig klaren und präzisen Ergebnissen geführt“, erläutert Prof. Dr. Anna Köhler.

Wie Strom aus Licht entsteht:

Neue Einsichten durch einen weltweit einzigartigen Versuchsaufbau

Mit dem weltweit einmaligen Versuchsaufbau der Forschungspartner an der LMU München um Prof. Dr. Eberhard Riedle konnten die Bayreuther und Münchner Wissenschaftler präzise beobachten, wie Lichtenergie in Strom verwandelt wird. Mit einer Auflösung von 40 Femtosekunden ließen sich alle Abschnitte dieser Transformation bildlich darstellen: zunächst die Anregung der Polymere durch Lichtenergie; dann die Bildung von Coulomb-gebundenen Paaren positiver und negativer Ladung; und schließlich deren Trennung. Eine Femtosekunde ist ein winziger Bruchteil einer Sekunde; z.B. legt Licht in dieser Zeit weniger als ein Millionstel Meter zurück. Mit dem lasertechnologischen Versuchsaufbau in den Münchner Laboratorien konnte gezeigt werden, welcher Prozess sich innerhalb der Solarzelle auf dieser Zeitskala abspielt. Die Forschungspartner in Bayreuth und München wollen diese hochleistungsfähige Apparatur auch in Zukunft einsetzen, um die Grundlagen- und Anwendungsforschung zur Solarenergie weiter voranzutreiben.

Veröffentlichung:

D. Herrmann, S. Niesar, C. Scharsich, A. Köhler, M. Stutzmann, E. Riedle,
The Role of Structural Order and Excess Energy on Ultrafast Free Charge Generation in Hybrid Polythiophene/Si Photovoltaics probed in Real Time by Near-Infrared Broadband Transient Absorption,

In: Journal of the American Chemical Society, 2011 Sept 26

DOI-Bookmark: <http://dx.doi.org/10.1021/ja207887q>

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Prof. Dr. Anna Köhler

Lehrstuhl Experimentalphysik II

Universität Bayreuth

D-95440 Bayreuth

Tel.: +49 (0)921 55 2600

Fax: +49 (0)921 55 2621

E-Mail: anna.koehler@uni-bayreuth.de

Text und Redaktion: Christian Wißler M.A. und Prof. Anna Köhler

Fotos: Christian Wißler; zur Veröffentlichung frei

In hoher Auflösung zum Download:

www.uni-bayreuth.de/blick-in-die-forschung/40-2011-Bilder/