

Neue Materialien für die Photovoltaik – Die Nanokomposit-Solarzelle

New Materials for Photovoltaics: The Nanocomposite Solar Cell

Thomas Rath, Gregor Trimmel



Thomas Rath studierte Technische Chemie an der TU Graz. Seit 2008 arbeitet er als Postdoctoral Research Fellow beim Christian Doppler Labor für Nanokomposit-Solarzellen und beschäftigt sich mit der Entwicklung von Materialien für die Herstellung von Nanokomposit-Solarzellen.

Thomas Rath studied industrial chemistry at Graz University of Technology. Since 2008 he has worked as a postdoctoral research fellow at the Christian Doppler Laboratory for Nanocomposite Solar Cells and is involved in the development of materials for the fabrication of nanocomposite solar cells.

Abb. 1: Mitarbeiter des Christian Doppler Labors für Nanokomposit-Solarzellen bei der Charakterisierung von Solarzellen unter Inertgasbedingungen.

Fig. 1: Employee of the Christian Doppler Laboratory for Nanocomposite Solar Cells characterizing solar cells under inert conditions.

Photovoltaik, die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom, ist eine der elegantesten Methoden, um den ständig wachsenden Energiebedarf der Weltbevölkerung ohne gleichzeitige Emission von Treibhausgasen zu decken. Das Institut für Chemische Technologie von Materialien beschäftigt sich schon seit 2004 mit der Erforschung neuer Absorbermaterialien für Solarzellen. Die aktive Komponente ist dabei eine sehr dünne Nanokompositschicht, die aus einer Mischung anorganischer Halbleiternanopartikel und organischen halbleitenden Polymeren besteht. Ziel ist es, preisgünstige und Rolle-zu-Rolle produzierbare Solarzellen auf Basis flexibler Kunststofffolien zu entwickeln. Die größten Herausforderungen sind dabei der noch relativ geringe Wirkungsgrad sowie die Langzeitstabilität.

Seit 2008 wird diese Forschungsthematik verstärkt und interdisziplinär im Rahmen des Christian Doppler Labors für Nanokomposit-Solarzellen gemeinsam mit dem Institut für Elektronenmikroskopie und Feinstrukturforschung (FELMI, Leitung: Ferdinand Hofer) und mit der NanoTecCenter Weiz Forschungsgesellschaft mbH (NTCW, Leitung: Emil J. W. List) als wissenschaftliche Partner sowie der Isovoltaic AG als Industriepartner betrieben.

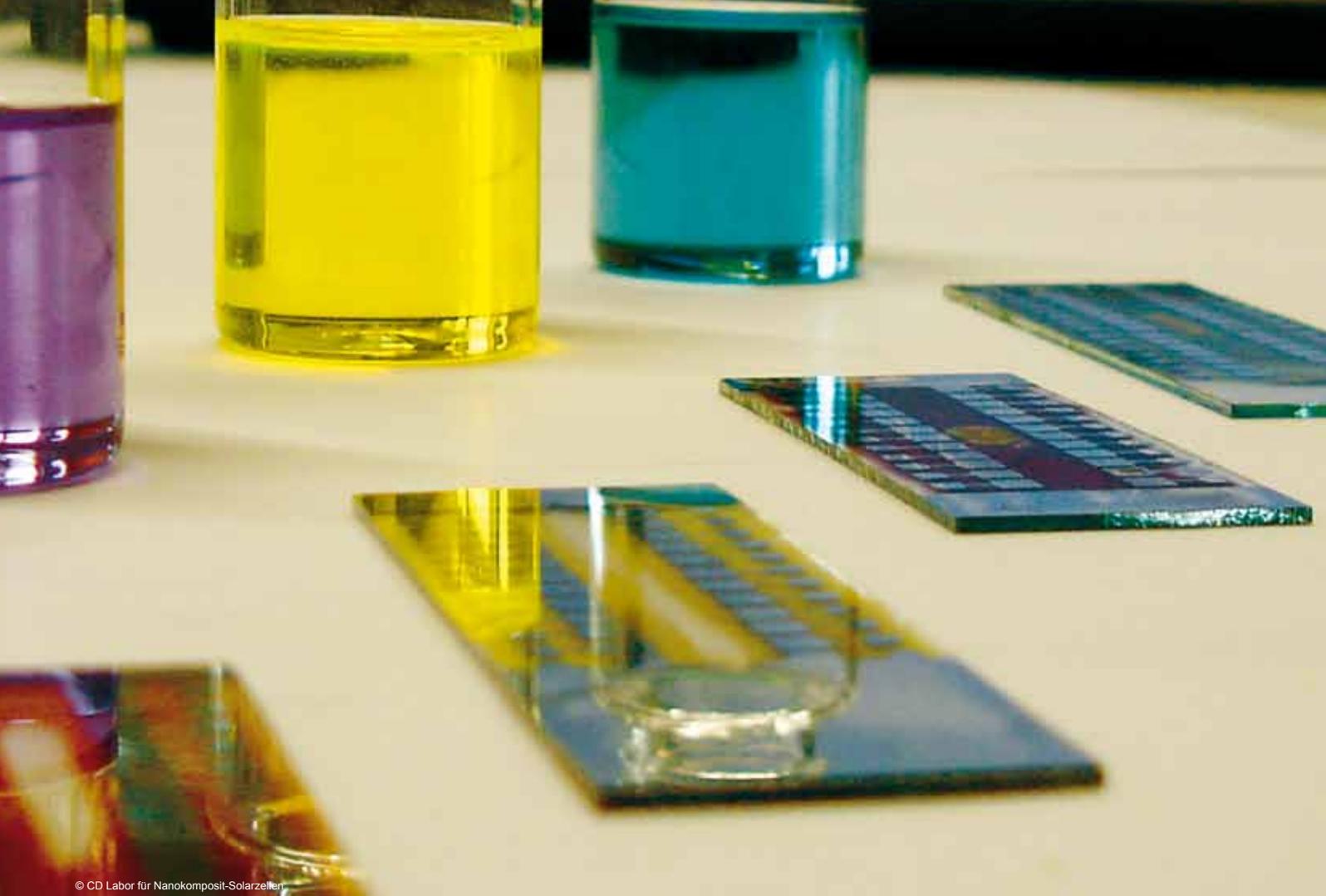
Die Energie der Sonne, die auf unsere Erde eingestrahlt wird, entspricht weit mehr als dem 1000-fachen des Weltprimärenergieverbrauchs. Zusätzlich ist der „Treibstoff“, das Sonnenlicht, gratis und für jeden nutzbar, verursacht im Betrieb keine CO₂-Emission und hat im Gegensatz zu den traditionellen Energierohstoffen, wie Erdgas, Erdöl, Kohle und Uran, in der nächsten Zukunft von einigen Milliarden Jahren keine Ressourcenprobleme. Der aus Photovoltaik hergestellte Strom ist allerdings noch (geringfügig)

Photovoltaics, the direct conversion of sunlight into electricity, is one of the most elegant methods of meeting the steadily growing energy needs of mankind without simultaneous emission of greenhouse gases. Since 2004 the Institute for Chemistry and Technology of Materials has been researching new absorber materials for solar cells. Their active component is a very thin nanocomposite layer which consists of a mixture of inorganic semiconductor nanoparticles and organic semiconducting polymers. The goal is to develop affordable and roll-to-roll producible solar cells based on flexible plastic sheets. The biggest challenges today are the relatively low efficiency and long-term stability.

Since 2008, this research topic has been intensified in an interdisciplinary way within the Christian Doppler Laboratory for Nanocomposite Solar Cells, which is a joint research project together with the Institute for Electron Microscopy and Fine Structure Research (FELMI, head: Ferdinand Hofer) and the NanoTecCenter Weiz Forschungsgesellschaft mbH (NTCW, head: Emil JW List) as scientific partners, as well as with Isovoltaic AG as industrial partner.

The energy of solar irradiation which is received by the earth is more than the 1000-fold primary energy consumption of our planet. In addition, the “fuel” – the sunlight, is free and available to everyone. Solar energy conversion causes no CO₂ emissions in operation and, in contrast to the traditional energy resources such as natural gas, petroleum, coal and uranium, it will face no problems with resources in the next several billion years. The electricity produced from photovoltaics is still (slightly) more expensive than electricity produced by conventional power plants. This is due to the high cost of the cur-





© CD Labor für Nanokomposit-Solarzellen

Abb. 2: Verschiedenfarbige Nanokomposit-Schichten werden aus Lösungen aufgebracht.

Fig. 2: Solution-processed nanocomposite layers in different colours.

teurer als der aus konventionellen Kraftwerken. Dies beruht auf den hohen Herstellungskosten der zurzeit verwendeten Absorbermaterialien. Das Christian Doppler Labor für Nanokomposit-Solarzellen forscht an alternativen neuartigen Nanokomposit-Materialien für Solarzellen. Diese Solarzellen zeichnen sich dadurch aus, dass die Absorberschicht nur ca. 200 nm dick ist – das ist etwa 500-mal dünner als ein Blatt Papier – und dass daraus Solarzellen durch den sehr geringen Materialeinsatz kostengünstig hergestellt werden können. Zusätzlich können diese Materialien kontinuierlich in sogenannten Rolle-zu-Rolle-Verfahren direkt auf flexiblen Kunststofffolien aufgebracht werden, was bedeutet, dass solche Solarzellen in effizienter und automatisierter Massenfertigung hergestellt werden können, was ein essenzieller Schritt für die Verbreitung von Photovoltaik sein könnte. Im Zuge der wissenschaftlichen Arbeiten werden dabei Aspekte der Chemie und Materialforschung, der Materialanalytik, der Bauelementphysik sowie der Technologieentwicklung behandelt. Dazu werden zuerst neue anorganische

rently used absorber materials. The Christian Doppler Laboratory for Nanocomposite Solar Cells is focusing on research for alternative novel nanomaterials for solar cells. These solar cells have the advantage that the absorber layer is only about 200 nm thick – which is about 500 times thinner than a sheet of paper – and thus due to the very low demand of materials, solar cells can be produced in a cost-efficient way. In addition, these materials can be continuously applied – in so-called roll-to-roll processes – directly onto flexible plastic foils. For this reason, this type of solar cell could be produced in efficient and fully automated mass production, which might be an essential step towards a more widespread application of photovoltaics. As part of this scientific work, aspects of chemistry and materials research, materials analysis, device physics, and technology development are being tackled. In a first step, new inorganic compounds and semiconductor polymers are synthesized. These components must then be joined together to form a nanocomposite material. Additional thermal process steps are neces-

Verbindungen und Halbleiterpolymere synthetisiert. Diese müssen dann gemeinsam zu einem Nanokompositmaterial zusammengefügt werden, wobei zusätzliche thermische Prozessschritte für die Bildung der anorganischen Halbleitermaterialien notwendig sind. Die Charakterisierung dieser Nanokompositschicht, insbesondere mit elektronenmikroskopischen Analysemethoden am FELMI, ist von zentraler Bedeutung für das Verständnis dieser Materialien. In weiterer Folge werden mit diesen Materialien Solarzellen hergestellt und unter definierter Beleuchtung elektrisch vermessen. Besonders hilfreich ist dabei der am NTCW zur Verfügung stehende Reinraum, um Verunreinigungen z. B. durch Staubkörner möglichst zu vermeiden und um Solarzellen unter optimalen Bedingungen herzustellen.

Unterstützt wird das Projekt durch wissenschaftliche Kooperationen. So wird in Zusammenarbeit mit Karin Zojer (Institut für Theoretische Physik – Computational Physics) durch Simulationen ein besseres Verständnis für diese neuartigen Materialien erarbeitet. Zusammen mit dem Imperial College London (Saif Haque) werden die Materialien mit speziellen spektroskopischen Methoden untersucht. Erste Versuche zur technologischen Umsetzung auf Rolle-zu-Rolle-Prozesse wurden gemeinsam mit Frederik Krebs am Risø-Laboratorium der Dänischen Technischen Universität durchgeführt. Die Stabilität und Lebensdauer der Solarzellen werden in Kooperation mit dem Polymer Competence Center Leoben (PCCL) analysiert.

Durch intensive Forschungsarbeiten gelang es, den Wirkungsgrad solcher Solarzellen von 0,5 % Anfang 2008 auf heute 3 % zu steigern. Das dabei aufgebaute Know-how lässt hoffen, dass in absehbarer Zeit weitere deutliche Steigerungen möglich sind.

sary for the formation of the inorganic semiconductor material. The characterization of the resulting nanocomposite materials – especially using advanced electron microscopic methods at FELMI – is of central importance for the understanding of these materials. In a next step solar cells are fabricated and electrically characterized under defined illumination. Using the clean room facilities available at NTCW, solar cells can be prepared under controlled and well defined conditions.

The project is supported by numerous scientific collaborations. In cooperation with Karin Zojer (Institute for Theoretical and Computational Physics), simulations are performed to develop a better understanding of these novel materials. Together with the Imperial College London (Saif Haque), the materials are analysed using special spectroscopic methods. First attempts to prepare nanocomposite solar cells with roll-to-roll processes were carried out in cooperation with Frederik Krebs at the Risø Laboratory of the Danish Technical University. The stability and lifetime of solar cells are analyzed at the Polymer Competence Center Leoben (PCCL).

Through this intensive research it was possible to increase the efficiency of such solar cells from 0.5% in 2008 to 3% today. The thus gained know-how gives hope that further significant increases in efficiency are possible in the near future.



Gregor Trimmel ist Associate Professor am Institut für Chemische Technologie von Materialien und Leiter des Christian Doppler Labors für Nanokomposit-Solarzellen. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Herstellung und Charakterisierung neuartiger polymerbasierter Materialien, insbesondere von anorganischen-organischen Hybridmaterialien für die Anwendung in der Photovoltaik.

Gregor Trimmel is associate professor at the Institute for Chemistry and Technology of Materials and head of the Christian Doppler Laboratory for Nanocomposite Solar Cells. His research focus is set on the preparation and characterisation of novel polymer-based materials, especially of inorganic-organic hybrid materials for photovoltaic applications.