

PRESSEMITTEILUNG

Solarzellen beim Wachsen zusehen

Berlin, 27. Juni 2013

Erstmals ist es Wissenschaftlern um Dr. Roland Mainz und Dr. Christian Kaufmann am HZB gelungen, das Wachstum von hocheffizienten Chalkopyrit-Dünnschichtsolarzellen in Echtzeit zu beobachten und zu untersuchen, wie sich Defekte und Fehlstellen bilden und auflösen, die den Wirkungsgrad mindern können. Sie haben dafür eine Messkammer am Berliner Elektronenspeicherring BESSY II entwickelt, in der sie verschiedene Messmethoden kombinieren können. Ihre Ergebnisse zeigen, in welchen Stadien das Wachstum beschleunigt werden könnte und wann mehr Zeit wichtig ist, um Defekte zu reduzieren. Die Arbeit wurde nun in den Advanced Energy Materials online veröffentlicht.

Chalkopyrit-Dünnschichtzellen aus Kupfer-Indium-Gallium-Selenid erreichen heute schon sehr gute Wirkungsgrade von mehr als 20 Prozent. Um solche extrem dünnen, polykristallinen Schichten zu produzieren, hat sich der Prozess der „Ko-Verdampfung“ bewährt: Dabei werden jeweils zwei verschiedene Elemente gleichzeitig aufgedampft, im ersten Schritt Indium (oder Gallium) und Selen, im zweiten Schritt Kupfer und Selen und im dritten Schritt nochmals Indium (oder Gallium) und Selen. So bildet sich ein Teppich aus Kristallen, die nur wenige Defekte aufweisen. „Bis vor kurzem wussten wir jedoch nicht genau, was bei diesem gleichzeitigen Verdampfen eigentlich passiert“, sagt Dr. Roland Mainz vom Institut für Technologie des HZB. Der Physiker und seine Kollegen haben drei Jahre lang daran gearbeitet, um diese Frage durch Messungen vor Ort und in Echtzeit untersuchen zu können.

Neuartige Versuchskammer mit Vakuum und Heizelementen

Dafür haben sie zunächst eine neuartige Versuchskammer konstruiert, die es erlaubt, während der Ko-Verdampfung die Bildung der polykristallinen Chalkopyrit-Schicht im Synchrotronlicht von BESSY II zu untersuchen. Diese Vakuum-Kammer enthält neben den Zuführungen für die zu verdampfenden Elemente auch Heiz- und Kühlvorrichtungen, um den Verdampfungsprozess zu steuern. „Eine Schwierigkeit war es, die Kammer mit ihrem Gewicht von rund 250 Kilogramm auf zehn Mikrometer in der Höhe genau zu justieren“, sagt Mainz: Schon allein aufgrund von thermischen Ausdehnungen während des Aufdampfungsprozesses muss die Höhenposition im Sekundentakt vollautomatisch nachjustiert werden.

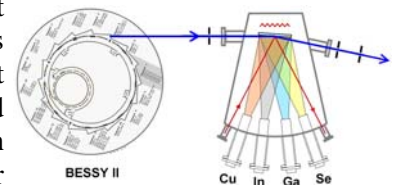
Fluoreszenzsignale und Röntgendiffraktion

Damit gelang es ihnen, weltweit zum ersten Mal, das Wachstum der polykristallinen Schichten mit „in-situ“-Röntgendiffraktion und Fluoreszenzanalyse während der Ko-Verdampfung in Echtzeit zu beobachten. „Wir sehen nun, wie sich die kristallinen Phasen während der verschiedenen Verdampfungsstadien ineinander umwandeln und wie sich dabei Fehlstellen ausbilden. Aber wir können auch erkennen, wann sich diese Fehlstellen wieder abbauen.“ Dies geschieht im zweiten Schritt, wo Kupfer und Selen aufgedampft werden. Dabei hilft überschüssiges Kupfer,

Weitere Informationen:
Dr. Roland Mainz
Institut Technologie
Tel.: +49 (0)30-8062-42737
roland.mainz@helmholz-berlin.de

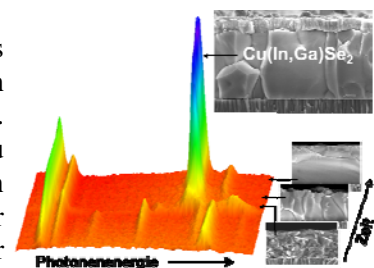
Dr. Christian Kaufmann
Institut Technologie
Tel.: +49 (0)30-8062-43241
kaufmann@helmholz-berlin.de

Pressestelle
Dr. Antonia Rötger
Tel.: +49 (0)30-8062-43733
Fax: +49 (0)30-8062-42998
antonia.roetger@helmholz-berlin.de



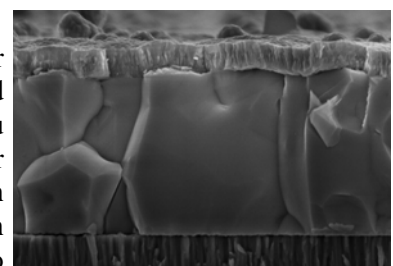
In der eigens konstruierten Ko-Verdampfungskammer lässt sich mit Synchrotronlicht aus BESSY II in Echtzeit untersuchen, wie CIGS-Dünnschicht-solarzellen wachsen und wie dabei Defekte entstehen und wieder abgebaut werden.

Bild: R. Mainz/HZB



Das Wachstum der Schichten lässt sich an den Fluoreszenzsignalen ablesen. Das stärkste Signal hinterlässt am Ende die fertige CIGS-Dünnschicht-solarzelle.

Foto: HZB/R. Mainz, C.Kaufmann



CIGS-Dünnschicht-solarzelle
Foto: HZB/C.Kaufmann

das sich als Kupferselenid an der Oberfläche abscheidet, die Defekte abzubauen. „Das war schon aus früheren Experimenten bekannt, aber wir konnten nun an Hand der Fluoreszenzsignale und numerischer Modellrechnungen zeigen, dass das Kupferselenid dabei in die Kupfer-Indium-Selenid-Schicht eindringt“, erklärt Mainz. Hier zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede zwischen Kupfer-Indium-Selenid- und Kupfer-Gallium-Selenid-Schichten: Während Kupfer in die Kupfer-Indium-Selenid-Schicht sehr gut eindringen kann, bleibt es bei der ansonsten recht ähnlichen Verbindung Kupfer-Gallium-Selenid an der Oberfläche. Dies könnte ein Grund sein, warum mit reinem Kupfer-Gallium-Selenid bisher keine hohen Solarzellenwirkungsgrade erzielt werden konnten.

Gezielte Optimierung des Wachstumsprozesses

„Jetzt wissen wir, wo man ansetzen muss, um den Prozess zu optimieren, nämlich am Übergang in die kupferreiche Phase. Bis jetzt hat man den Prozess in allen Phasen sehr langsam ablaufen lassen, damit sich Defekte abbauen können. Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass man einige Prozessphasen beschleunigen kann, und der Prozess nur dort langsam ablaufen muss, wo Defekte optimal abgebaut werden“, erklärt Mainz.

Er freut sich schon auf das Zukunftsprojekt EMIL, das gerade an BESSY II aufgebaut wird. Denn dann werden noch weitaus mächtigere Werkzeuge zur Verfügung stehen, um die komplexen Prozesse beim Wachstum von neuartigen Solarzellen in-situ und in Echtzeit zu untersuchen.

Die Ergebnisse sind in den *Advanced Energy Materials* veröffentlicht unter:

<http://dx.doi.org/10.1002/aenm.201300339>

Das **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)** betreibt und entwickelt Großgeräte für die Forschung mit Photonen (Synchrotronstrahlung) und Neutronen mit international konkurrenzfähigen oder sogar einmaligen Experimentiermöglichkeiten. Diese Experimentiermöglichkeiten werden jährlich von mehr als 2500 Gästen aus Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen weltweit genutzt. Das Helmholtz-Zentrum Berlin betreibt Materialforschung zu solchen Themen, die besondere Anforderungen an die Großgeräte stellen. Forschungsthemen sind Materialforschung für die Energietechnologien, Magnetische Materialien und Funktionale Materialien. Im Schwerpunkt Solarenergieforschung steht die Entwicklung von Dünnschicht solarzellen im Vordergrund, aber auch chemische Treibstoffe aus Sonnenlicht sind ein wichtiger Forschungsgegenstand. Am HZB arbeiten rund 1100 Mitarbeiter/innen, davon etwa 800 auf dem Campus Lise-Meitner in Wannsee und 300 auf dem Campus Wilhelm-Conrad-Röntgen in Adlershof.

Das HZB ist Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.