

Pressemitteilung, 27. Januar 2016

Weltraumexperiment verbessert Verständnis der Vorgänge bei der Produktion von Silarsilizium

Am 23. Januar 2016 um 9:30 Uhr Mitteleuropäischer Zeit startete vom Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Schweden die unbemannte Forschungsrakete TEXUS 53 in den Weltraum. Der zwanzigminütige Flug der 12,5 Meter hohen und 2,6 Tonnen schweren Rakete des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ging auf eine Höhe von 259 Kilometern. Während des Fluges herrschte sechs Minuten lang Schwerelosigkeit. Forscher des Fraunhofer IISB und der Universität Freiburg nutzten diese Zeit, um auf der Rakete einen Siliziumkristall ohne Einfluss von Gravitation zu züchten. Das Experiment mit der Kurzbezeichnung ParSiWal-II („Bestimmung der kritischen Einfanggeschwindigkeit von Partikeln bei der gerichteten Erstarrung von Silarsilizium im Weltall“) hilft dabei, die Herstellung von Siliziumkristallen für die Photovoltaik auf der Erde besser zu verstehen. Nach dem Flug von TEXUS 53 brachte ein Fallschirm die Nutzlasten wohlbehalten zum Boden zurück.



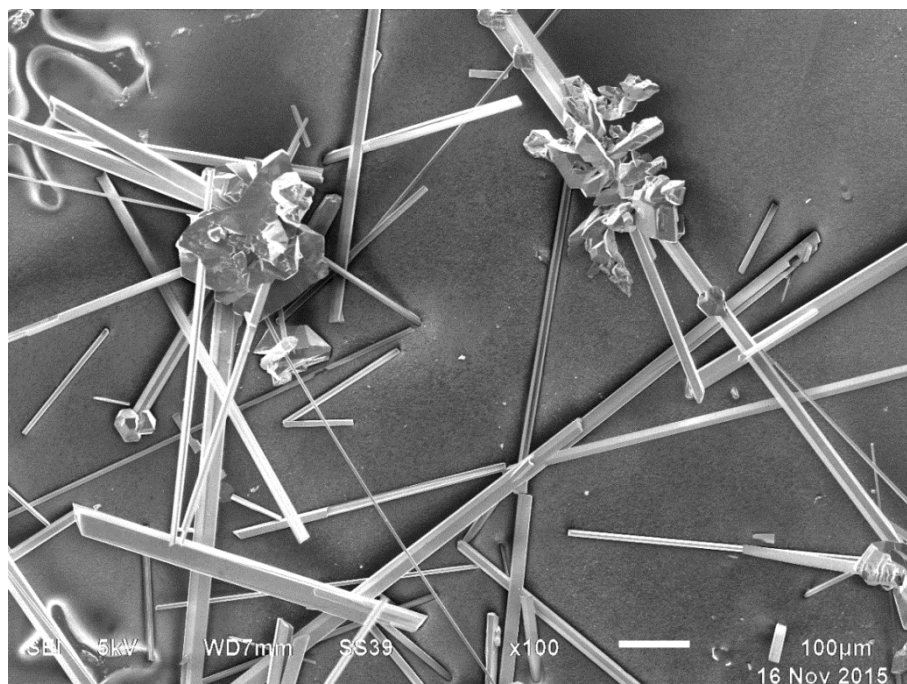
Start von TEXUS 53 am 23. Januar 2016 um 9:30 Uhr MEZ vom Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna in Nordschweden. Die Forschungsrakete des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) trug u.a. ein Kristallzüchtungsexperiment des Fraunhofer IISB (Erlangen) in den Weltraum. Nach der erfolgreichen Mission brachte ein Fallschirm die Nutzlasten wieder zurück zum Boden. Bild: DLR

Um die industrielle Herstellung von Siliziumkristallen für die Photovoltaik unter terrestrischen Bedingungen besser zu verstehen, führten Forscher vom Fraunhofer IISB in Erlangen und von der Universität Freiburg auf der deutschen Forschungsrakete TEXUS 53 das Weltraumexperiment ParSiWal-II durch. Das Experiment sollte klären, durch welche Mechanismen Siliziumnitrid-Partikel (Si_3N_4) bei der Kristallisation in den Siliziumkristall eingebaut werden. Diese Si_3N_4 wirken sich nämlich nachteilig auf die Eigenschaften des Siliziums aus. ParSiWal-II wird vom DLR-Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Bei der Produktion von Silizium für die Photovoltaik spielen Partikel in Form von Siliziumkarbid (SiC) und Siliziumnitrid (Si_3N_4) eine große Rolle. Diese sind problematisch für die mechanische Bearbeitung und können den Wirkungsgrad von Solarzellen verschlechtern. In der industriellen Produktion muss deshalb der Einbau der Partikel in den Siliziumkristall vermieden werden. SiC-Partikel entstehen während der Kristallisation in der Siliziumschmelze. Dabei wird der Kohlenstoff über die Gasphase in die Schmelze eingebracht. Si_3N_4 -Partikel werden hingegen vor allem durch Erosion der standardmäßig eingesetzten Si_3N_4 -Tiegelbeschichtung in die Schmelze eingetragen. Beide Partikelarten bewegen sich dann mit der Strömung durch das Schmelzvolumen und werden schließlich in den Festkörper eingebaut.

„Das Einbauverhalten von SiC-Partikeln bei der Siliziumkristallzüchtung konnten wir bereits erfolgreich auf der TEXUS 51-Mission im April 2015 untersuchen“, erläutert Dr. Christian Reimann, Leiter des ParSiWal-Projektes am Fraunhofer IISB. „In einem 8 mm dünnen Siliziumstab, in den zuvor SiC-Partikel eingebracht wurden, wurde mithilfe eines Spiegelofens in der Umgebung der Partikel eine flüssige Schmelzzone erzeugt. Anschließend wurde der Siliziumstab mit verschiedenen Geschwindigkeiten in der Ofenanlage verfahren. Dadurch bewegte sich die Schmelzzone durch den Stab und somit auch die sich ausbildende Fest-Flüssig-Phasengrenze.“ Im Gegensatz zum Referenzexperiment auf der Erde wurden die SiC-Partikel im Weltraumexperiment bei deutlich geringeren Wachstumsgeschwindigkeiten in den Kristall eingebaut. Das liegt daran, dass unter Schwerelosigkeit strömungsbedingte Kräfte fehlen, die die Partikel von der Phasengrenze wegbewegen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass auf der Erde in der industriellen Produktion der Einbau von SiC-Partikeln in den Siliziumkristall durch gezieltes Rühren der Siliziumschmelze minimiert werden kann.

In der TEXUS 53-Mission wurde jetzt das Einbauverhalten von Si_3N_4 -Partikeln untersucht. Diese unterscheiden sich von SiC bezüglich ihrer Morphologie und in ihrem Benetzungsverhalten. Während die benetzenden SiC-Partikel isometrisch sind, liegt Si_3N_4 eher nadelförmig vor und verhält sich je nach Verunreinigungsgehalt nicht benetzend. „Aus theoretischen Modellen ist bekannt, dass beide Größen – also Morphologie und Benetzungsverhalten – die Kräfte, die auf Partikel in der Schmelze vor der Phasengrenze wirken, beeinflussen. Mit dem neuen Weltraumexperiment können wir untersuchen, ob die existierenden Theorien diese Unterschiede richtig wiedergeben oder ob sie um bislang noch nicht berücksichtigte physikalische Effekte erweitert werden müssen“, so Dr. Reimann.



Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme von Si_3N_4 -Nadeln, deren Einbauverhalten in den Siliziumkristall auf der TEXUS 53 Mission untersucht wird. Bild: Fraunhofer IISB

Die Auswertung des Experimentes erfolgt in den nächsten Monaten nach der Rückkehr der Probe zum Fraunhofer IISB. Im Labor lässt sich zum Beispiel exakt die Partikelverteilung im Siliziumstab bestimmen und die existierenden Theorien können auf ihre Gültigkeit überprüft werden.



Terrestrische Vergleichsprobe des ParSiWal-II-Experimentes: Siliziumstab mit dem Partikeldepot (nicht sichtbar), der in einer Quarzglasampulle gehalten wird. Der Stab mit Ampulle wird in die Ofenanlage eingebaut, die als Nutzlast auf der Rakete mitfliegt.

Bild: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

ParSiWal setzt die lange Tradition der Erlanger Weltraumexperimente auf dem Gebiet der Kristallzüchtung fort. So züchteten Erlanger Forscher bereits auf früheren Raketenflügen (1984, 1988, 1989, 1992, 2015) und sogar auf dem Space Shuttle (1983, 1985, 1993) technische Kristalle. Zudem hat die am Fraunhofer IISB entwickelte Software CrysMAS[®] vor etwa 10 Jahren ein aufwendiges Qualifizierungsverfahren bei der Europäischen Raumfahrtagentur ESA bestanden. Seitdem wird das Programm CrysMAS[®], das Temperaturverteilungen in Ofenanlagen berechnet, von Experimentatoren aus ganz Europa erfolgreich eingesetzt, um materialwissenschaftliche Experimente auf der Internationalen Raumstation ISS zu unterstützen.

Die Projekte ParSiWal und ParSiWal II wurden vom DLR-Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert.

Das Bildmaterial zur redaktionellen Verwendung finden Sie unter www.iisb.fraunhofer.de.

Ansprechpartner

Dr. Jochen Friedrich
Fraunhofer IISB
Schottkystrasse 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel. +49-9131-761-270
Fax +49-9131-761-280

info@iisb.fraunhofer.de
www.iisb.fraunhofer.de

Fraunhofer IISB

Das 1985 gegründete Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB betreibt angewandte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Mikro- und Nanoelektronik, Leistungselektronik und Mechatronik. Mit Technologie-, Geräte- und Materialentwicklungen für die Nanoelektronik sowie seinen Arbeiten zu leistungselektronischen Systemen für Energieeffizienz, Hybrid- und Elektroautomobile genießt das Institut internationale Aufmerksamkeit und Anerkennung. Rund 230 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in der Vertragsforschung für die Industrie und öffentliche Einrichtungen. Neben seinem Hauptsitz in Erlangen hat das IISB zwei weitere Standorte in Nürnberg und Freiberg. Das IISB kooperiert eng mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.