

[Projekte](#) / [Projektsuche](#) / Modul mit Fünffachsolarzelle erreicht Wirkungsgrad von 32 Prozent



Photovoltaik

Modul mit Fünffachsolarzelle erreicht Wirkungsgrad von 32 Prozent

Kurztitel:
QuintUMM

Förderkennzeichen:
0324152

Themen:
Neue Materialien und Konzepte

Projektkoordination:
AZUR SPACE Solar Power GmbH

Laufzeit gesamt:
Juli 2017 bis März 2020

Schlagworte:

[Konzentrator-Photovoltaik](#)

[CPV-Kraftwerk](#)

[Mehrfachsolarzelle](#)

[Solarzelle](#)

ANSPRECHPARTNER ZUM PROJEKT

 Daniel Fuhrmann
 +41(0)7131-67-2694
 AZUR SPACE Solar Power GmbH
Theresienstr. 2
74072 Heilbronn
 <http://www.azurspace.com/index.php/en/>

 Fraunhofer ISE
 www.ise.fraunhofer.de

ERGÄNZENDE LINKS

AIP Conference Proceedings, 2019

 [Recent Progress of Multi-Junction Solar Cell Development for CPV Applications at AZUR SPACE](#)

European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (EU PVSEC)

 [Recent Progress of Solar Cell Development for CPV Applications at AZUR SPACE](#)

FORSCHUNGSBERICHT ZUM PROJEKT

TIB Hannover

 [Entwicklung metamorpher Quintupel-Solarzellen für Konzentratoren-Photovoltaik](#)

QUINTESSENZ

- **AZUR SPACE hat eine neue metamorphe Fünffachsolarzelle entwickelt. Die Technologie basiert auf einer ebenfalls neuen metamorphen Vierfachsolarzelle für die Raumfahrt.**
- **Die verschiedenen Halbleiterschichten werden auf einem Germaniumwafer aufgebracht und nutzen das Sonnenlicht deutlich effizienter als Siliziumsolarzellen.**
- **Photovoltaik-Module mit Fünffachsolarzellen erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 29 Prozent.**
- **AZUR SPACE ist es gelungen die Leistung von Konzentratoren-Photovoltaik-Modulen um mehr als 10 Prozent zu steigern. Daher gehen die Forschenden davon aus, dass sich die Stromgestehungskosten um mindestens 10 Prozent verringern werden.**

Ursprünglich als Energiequelle für die Raumfahrt entwickelt, werden Mehrfachsolarmodule aktuell für die konzentrierende Photovoltaik in sonnenreichen Regionen der Erde eingesetzt. Die Technologie erreicht gegenwärtig mit hochwertigen Linsensystemen einen Modulwirkungsgrad von circa 29 Prozent. Verantwortlich für diese hohe Effizienz sind spezielle Mehrfachsolarmodule aus verschiedenen Halbleitermaterialien. Innerhalb des Projekts QuintUMM haben die Forschenden eine neue Fünffachsolarmodule, die sogenannte Quintupel-Solarmodule, entwickelt. Module mit diesen neuen Solarmodulen erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 32 Prozent und erzeugen somit über 10% mehr Energie als Systeme mit Dreifachsolarmodulen.

Konzentrator Photovoltaik nutzt aktuell Dreifachsolarmodule

Üblicherweise verwenden Hersteller für hochkonzentrierende Photovoltaik-Systeme derzeit Dreifachsolarmodule, die aus drei übereinander gestapelten Solarmodulen bestehen. Jede dieser Teilsolarmodule wandelt einen bestimmten Wellenlängenbereich des Sonnenlichts in elektrische Energie um. Der Wirkungsgrad dieser Zellen beträgt bis zu 44 Prozent. Dafür verantwortlich sind die verschiedenen Halbleiterschichten, die klassischerweise aus Gallium-Indium-Phosphid, Indium-Gallium-Arsenid und Germanium bestehen. Dreifachsolarmodule verwerten das Sonnenlicht wesentlich effizienter als Siliziumsolarmodule. Diese können die hochintensiven Lichtteilchen nicht wirkungsvoll nutzen. Daher erreichen sie nur eine vergleichsweise geringe Spannung. Ein großer Teil der Energie geht in Form von Wärme verloren. Demgegenüber erlangen Mehrfachsolarmodule eine höhere Spannung und damit auch einen höheren Wirkungsgrad. Solche Solarmodule sind vergleichsweise teuer. Daher eignen sie sich nicht für herkömmliche, vollflächige Solarmodule.



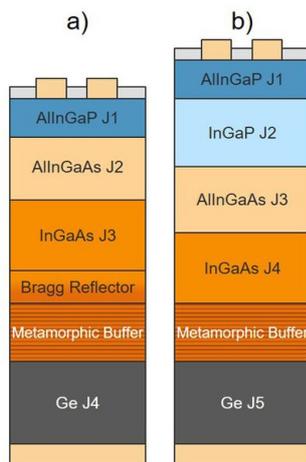
Konzentrator-Photovoltaik-Module fertig installiert auf einer zweiachsigen Nachführeinheit (Tracker) in Heilbronn.

© AZUR SPACE Solar Power GmbH

Halbleiterstapel mit neuen Materialien effizient

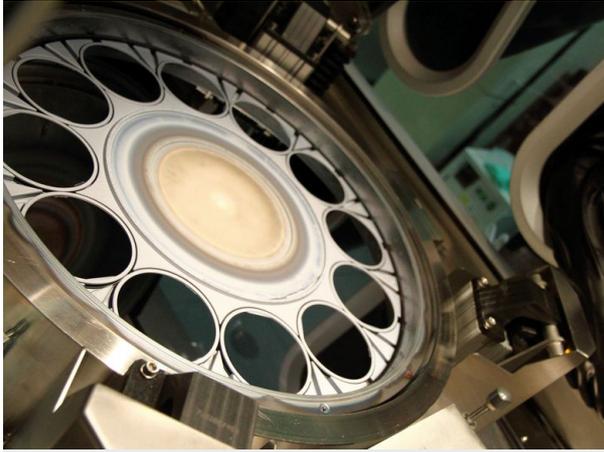
erzeugen

Mit einem speziellen Verfahren, der metallorganischen Gasphasenepitaxie (MOVPE), fertigen Ingenieurinnen und Ingenieure die Halbleiterstapel der Mehrfachsolarzellen. Dabei werden Moleküle der verschiedenen Halbleitermaterialien aus der Gasphase auf einem beheizten Substrat, dem Germaniumwafer, nacheinander abgeschieden. Der Fachbegriff für diesen Vorgang lautet epitaktisches Schichtenwachstum. Dieses erfolgt in einem Produktionsreaktor, der gleichzeitig mehrere Germaniumwafer mit den verschiedenen Halbleitern belegt. Innerhalb des Forschungsvorhabens haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dieses Verfahren für die neue Struktur der fünf übereinander gestapelten Teilsolarzellen entwickelt. Zudem weisen die tertiären und quartären Halbleitermaterialien (InGaAs, AlInGaAs, InGaP und AlInGaP) eine besondere Materialkomposition auf. Die einzelnen Teilsolarzellen der Mehrfachsolarzelle sind vertikal auf dem Germaniumwafer angeordnet und intern durch Tunnelnioden und weitere funktionale Halbleiterschichten verbunden. Die Tunnelnioden dienen dazu, die einzelnen Teilsolarzellen seriell zu verschalten. Dadurch summiert sich die Spannung der einzelnen Zellen. Letztendlich entsteht die gewünschte höhere Leistung. In weiteren Untersuchungen haben die Forschenden die Materialkomposition der Tunnelnioden optimiert. Somit eignen sie sich nun für den Einsatz in konzentrierenden Photovoltaik-Systemen bei 1000-facher Konzentration der einfallenden Solarstrahlung. Zudem ist die oberste Tunnelniodiode des Halbleiterstapels besonders transparent. Dadurch lässt diese ausreichend Licht für die darunterliegenden vier Teilsolarzellen passieren.



© AZUR SPACE Solar Power GmbH

Die Grafik zeigt den schematischen Aufbau einer Fünffachsolarzelle (b) und einer Vierfachsolarzelle, Weltraumanwendungen (a).



© AZUR SPACE Solar Power GmbH

Blick in einen Epitaxie-Reaktor, der mit Germaniumwafern belegt ist. Im Reaktor werden die Mehrfachsolarezellen erzeugt.

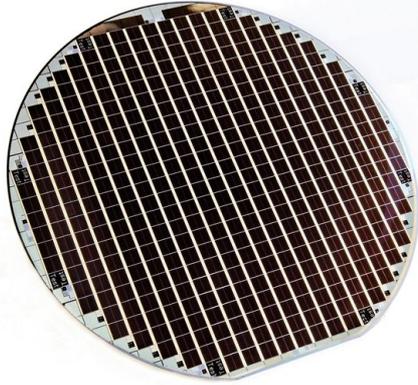
Spannungen in der Gitterstruktur vermeiden

Neu und innovativ ist die sogenannte Pufferstruktur zwischen den einzelnen Teilzellen der Mehrfachsolarezellen. Diese dient dazu, die Gitterkonstanten der Kristallstrukturen zu vergrößern und die dabei entstehenden innerkristallinen Verspannungen zwischen den Schichten aufzunehmen. Deshalb müssen die Gitterkonstanten der verschiedenen Kristalle (Halbleiter) nicht mehr identisch sein und die neuen Halbleitermaterialien können direkt auf einem Germanium-Wafer erzeugt werden. Mehrfachsolarezellen mit Puffern werden als metamorph bezeichnet.

Neue Fünffachsolarezellen entwickelt

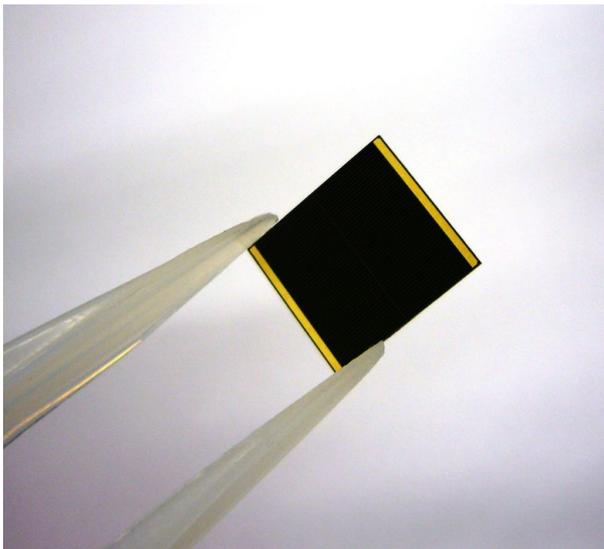
AZUR SPACE hat für den Einsatz in der Raumfahrt bereits neue metamorphe Vierfachsolarezellen entwickelt. Aufbauend auf dieser Technologie haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler innerhalb des Forschungsvorhabens QuintUMM, kurz für „Entwicklung metamorpher Quintupel-Solarezellen für die CPV Anwendung“ erstmals eine metamorphe Fünffachsolarezelle entwickelt und an das terrestrische Lichtspektrum angepasst. Jede der fünf Halbleiterschichten der Mehrfachsolarezelle absorbiert einen bestimmten Bereich des Lichtspektrums. Aus diesem Aufbau leitet sich die Bezeichnung Fünffachsolarezelle ab. Die neue Zelle nutzt das Spektrum gegenüber Dreifachsolarezellen noch gezielter und effizienter aus. Module mit Fünffachsolarezellen erreichen gegenüber Modulen mit Dreifachsolarezellen einen deutlich höheren Wirkungsgrad.

In weiteren Untersuchungen haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die aktuell verfügbare Messtechnik weiterentwickelt und an die neuen Mehrfachsolarezellen angepasst. Damit können sie sowohl die spektrale Empfindlichkeit als auch die Strom- und Spannungsdaten unter stark konzentriertem Licht (Blitzlichtlampen mit Spiegeln) prüfen. Mit dieser Methode hat das Fraunhofer ISE aktuell einen maximalen Wirkungsgrad von 42,7 Prozent bei etwa 800-facher Sonnenkonzentration gemessen.



© AZUR SPACE Solar Power GmbH

Ein vollständigprozessierter Wafer mit Mehrfachsolarellen



© AZUR SPACE Solar Power GmbH

Ansicht einer einzelnen Fünffachsolarelle

Erste Applikationstests erfolgreich verlaufen

Als besonderen Erfolg bewertet das Projektteam die Ergebnisse der ersten Applikationstests. Dazu haben sie Fünffachsolarellen im AZUR-eigenen Konzentratoren-System überprüft. Ein erster Dauertest von einer Woche unter CSOC-Standardbedingungen (concentrator standard operating conditions) am Fraunhofer ISE in Freiburg zeigte bereits einen um 11 Prozent höheren Energieertrag im Vergleich zu einem bestehenden Referenzsystem mit Dreifachsolarellen. Aktuell geht das Projektteam davon aus, dass die Kosten des gesamten Konzentratoren-Photovoltaik-Systems um mindestens 10 Prozent gegenüber Systemen mit Dreifachsolarellen sinken werden.



Ein Wafer für die konzentrierende Photovoltaik bei einer automatisierten optischen Kontrolle (AOI)

© AZUR SPACE Solar Power GmbH

Erste Fünffachsolarzellen für Kunden

AZUR SPACE hat bereits für einen ersten Kunden Fünffachsolarzellen hergestellt und bei diesem getestet. Im Laufe des Jahres beabsichtigt AZUR SPACE die Fünffachsolarzelle kommerziell auf dem Markt zu vertreiben. Zielgruppe für die neuen Produkte sind Hersteller von konzentrierender Photovoltaik. Diese beabsichtigen, die Module im Gigawatt-Maßstab in Regionen im Sonnengürtel der Erde zu installieren. Darüber hinaus plant AZUR SPACE, die neuen Mehrfachsolarzellen im firmeneigenen konzentrierenden Photovoltaik-System einzusetzen. Dazu ist ein neues Forschungsprojekt geplant, das noch in diesem Jahr starten wird.

Letzte Aktualisierung: 17.06.2020

enArgus

Bei EnArgus, dem zentralen Informationssystem zur Energieforschungsförderung, befindet sich unter anderem eine Datenbank mit sämtlichen Energieforschungsprojekten – darunter auch dieses Projekt.