

Forschungsberichtsblatt

Aufbau und Betrieb eines Pilotzentrums für neuartige höchsteffiziente Solarzellen – „PV SELECT“

von

Jochen Rentsch
Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE

Förderkennzeichen: L75 15004

Laufzeit: 18.11.2014 – 31.12.2015

Die Arbeiten dieses Projekts wurden mit Mitteln
des Landes Baden-Württemberg durchgeführt.

Juni 2016



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Ausführende Stelle:

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE)
Dr. Jochen Rentsch
Heidenhofstrasse 2,
79110 Freiburg
Tel.: 0761 4588 5199

Email: jochen.rentsch@ise.fraunhofer.de

1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Heutige industriell gefertigte großflächige Solarzellen erreichen in der Spitze Wirkungsgrade im Bereich nahe 19% auf multikristallinem sowie nahe 21% auf monokristallinem Siliziummaterial. Darüber hinausgehende Solarzellenkonzepte mit deutlich höherem Wirkungsgradpotential konnten mit Ausnahme der Rückkontaktsolarzellentechnologie von Sunpower, bislang nur im Labormaßstab entwickelt und demonstriert werden. Ein vielversprechendes innovatives Solarzellenkonzept stellen sogenannte selektive Kontakte dar. Mit einer Solarzelle basierend auf einem solchen selektiven Heteroübergang (amorphes Silizium auf kristallinem Siliziumwafer) konnte die Firma Panasonic im April 2014 mit 25,6% einen Wirkungsgrad-Weltrekord erzielen. Die Übertragung solcher Prozesstechnologien in ein industrielles Produktionsumfeld stellt hohe Anforderungen an

- die Reinheit der Produktionsumgebung sowie
- die Prozesssicherheit und
- Prozessreproduzierbarkeit.

Im Rahmen des Projektes PV Select wurde die in Abbildung 1 dargestellte und für die Umsetzung oben erwähnter hocheffizienter Solarzellentechnologien notwendige Labor-Reinrauminfrastruktur geschaffen. Basierend auf den Reinheitsanforderungen der unterschiedlichen oberflächensensitiven nass- und trockenchemischen Ätz- und Beschichtungsschritte wurde das Labor in einen Bereich mit Reinraumklasse 1000 sowie in abgetrennte Wartungsbereiche mit niedrigerer Reinheitsstufe eingeteilt (Reinraumklasse 100 in Fläche innerhalb hellblauer Markierungslinie). Die Konzeption beinhaltet zudem ein entsprechendes Reinraum-taugliches Schleusensystem, mit dem sowohl Mitarbeiter als auch ein- und ausgehende Waren den geschützten Bereich betreten bzw. verlassen können. Bei der Planung und Umsetzung der Reinrauminfrastruktur wurde insbesondere darauf geachtet, für kritische Prozess- und Probenlagerungsbereiche eine besondere reine Umgebung zu schaffen und somit mögliche Kontaminationsquellen aus der Umgebungsluft auszuschließen bzw. zu minimieren.

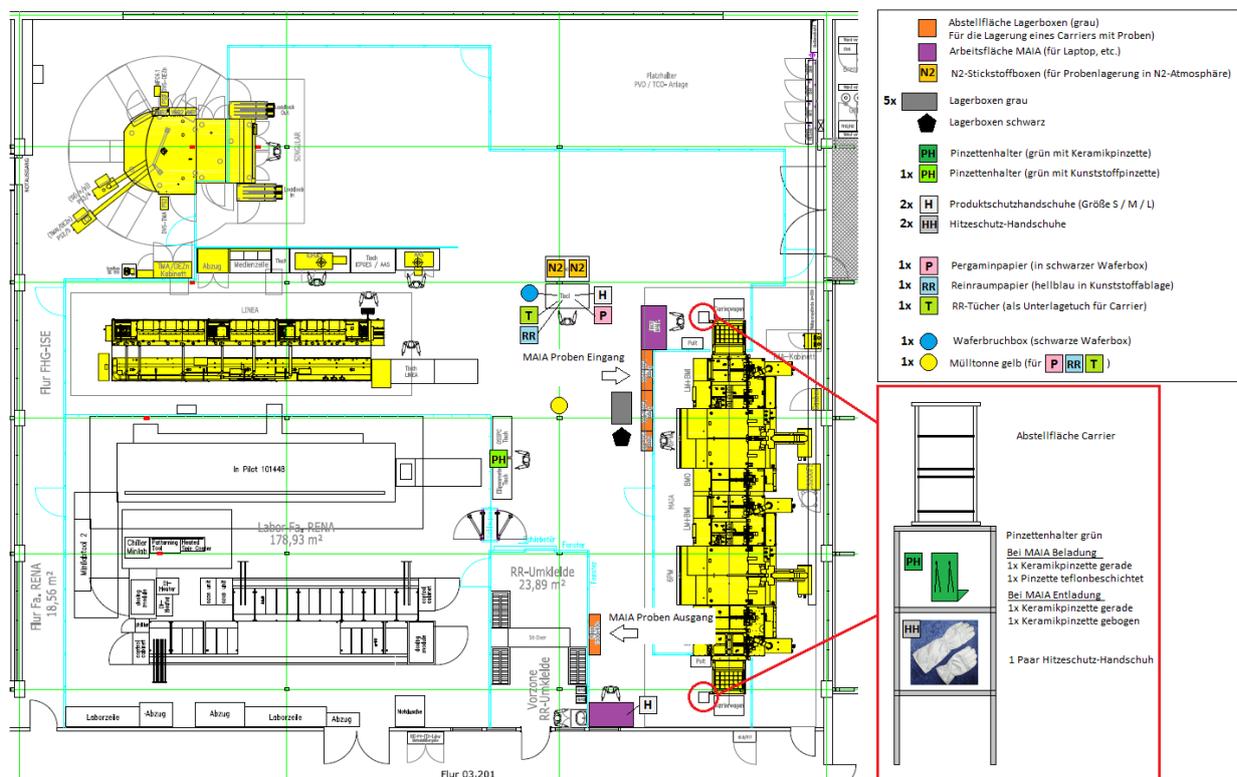


Abbildung 1: Im Rahmen des Projektes PV Select geschaffene Labor-Reinrauminfrastruktur

Die im Rahmen des Projektes zu integrierenden Großbeschichtungsanlagen (Anlagen selbst wurden über parallel laufende Förderprojekte beschafft) erforderten den Aufbau eines umfangreichen Gasver- und Entsorgungssystems, aufgrund der Gefährlichkeit der (teilweise in hoher Konzentration) eingesetzten Gase wie etwa Silan, Phosphin oder auch Diboran wurde des Weiteren eine

umfangreiche Sicherheitstechnik installiert (Sicherheitsschranken, Gaswarn- und detektionssysteme, persönliche Schutzeinrichtungen). Im Einzelnen wurden folgende Gewerke und Installationen durchgeführt:

- Aufbau Reinraum (Trockenbau, Filter-Fan-Units, etc.)
- Installation Prozesskühlwasserversorgung
- Elektroarbeiten zum Anschluss der vorhandenen Grossanlagen sowie Kapazitätsaufbau für weitere anlagentechnische Erweiterungen in der Zukunft
- Anbindung Grundgasversorgung an vorhandene Infrastruktur am Standort Micronas in Freiburg (Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Wasserstoff)
- Installation und Anschluss Flaschengasversorgung für Spezialgase (Silan, Phosphin, Diboran, Lachgas, Ammoniak,...)
- Aufbau entsprechender Sicherheitseinrichtungen für den Betrieb mit Gefahrstoffen
- Installation Prozessabluftentsorgung und –aufbereitung

Abbildung 2 bis Abbildung 4 dokumentiert beispielhaft die im Rahmen des Projektes durchgeführten Planungs- und Aufbauarbeiten.



Abbildung 2: Integration großflächiger PECVD Beschichtungsanlage. Der Eingangs- und Ausgangsbereich befindet sich innerhalb des Reinraums, die Anlage selbst sowie die zugehörige Infrastruktur (Pumpen, etc.) ist dagegen abgetrennt außerhalb aufgebaut.



Abbildung 3: Blick auf die Personen- und Materialschleuse über die der Reinraumbereich betreten und verlassen werden kann.



Abbildung 4: Gasverteilsystem (Spezial- und Hausgase)



Abbildung 5: Integration einer Inline-Nasschemieanlage sowie entsprechender Spurenanalytik-Messtechnik (rechte Bildhälfte).

2. Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

Innerhalb des neuen Pilot-Zentrum für höchsteffiziente Solarzellen können nun zeitnah für die industrielle Produktion relevante Technologien auf Pilotlevel weiterentwickelt und für einen Transfer in eine skalierte industrielle Produktion vorbereitet werden. Insbesondere die Herstellung von Solarzellen mit selektiven Kontakten u.a. Heterosolarzellen, die Zellwirkungsgrade oberhalb von 25% für Silicium erlauben, ist bislang soweit bekannt, in keiner Laboreinrichtung in Deutschland im Pilotmaßstab möglich.

In Kooperation mit der Universität Freiburg bietet die neue Laborumgebung zudem ein interessantes und industrienahes Arbeitsumfeld für Doktoranden sowie Studenten in Bachelor und Masterstudiengängen (Ingenieurwissenschaften, Chemie, Physik, Informatik).

Die neuen Entwicklungsmöglichkeiten stellen zudem einen wichtigen Baustein zum Erhalt des „High-Tech“ Standortes Baden-Württemberg dar, insbesondere im Bereich der hier besonders stark vertretenen PV Produktionsmittelhersteller (die Branche insgesamt beschäftigte im Jahr 2014 ca. 10.000 Menschen in Baden-Württemberg, was die Bedeutung der Photovoltaik-Industrie hervorhebt). Mit der anvisierten Ausrichtung in Richtung der Entwicklung von höchsteffizienten Solarzellen auf Basis von passivierten, selektiven Kontakten kann das ISE ein innovatives Entwicklungsangebot für in BW ansässige Kooperationspartner des ISE wie Centrotherm, Schmid, Manz, RENA, ASYS sowie weiteren Firmen insbesondere im Bereich der Produktionsanlagenhersteller anbieten, die selbst nicht über entsprechende Möglichkeiten verfügen solche vielversprechenden Technologieansätze zu verfolgen.

3. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen, Ergebnis- und Forschungstransfer

Die Etablierung und Weiterentwicklung der innovativen Anlagen- und Prozesstechnologie wird insbesondere im Rahmen von weiterführenden Verbundprojekten mit Industriepartnern aus Deutschland, speziell auch vielen Baden-Württembergischen Firmen, umgesetzt. Eine Auflistung bereits in das Pilotzentrum eingebundener Projektvorhaben findet sich in Tabelle 1. Spezifische Themenstellungen innerhalb dieser und zukünftiger Projekte, für die das Projekt PV SELECT die entsprechende Laborumgebung und Charakterisierungsumgebung geschaffen hat, sind unter anderem:

- Evaluation von innovativen Prozessen und Prozesstechnologien zur Herstellung von höchsteffizienten Si-Solarzellen der nächsten und übernächsten Generation (basierend auf selektiver Kontakt-Technologie).
- Evaluation von Anlagen und Anlagenmodifikationen neuester Generation zur Solarzellenherstellung, insbesondere im Bereich des Solarzellen-Frontends (nass- bzw. trockenchemische Ätzung und Beschichtung) (Ansprechpartner vor allem Gerätehersteller).
- Potential von neuen Silizium-Materialien für höchste Wirkungsgrade und Yield (Ansprechpartner sind hier gleichermaßen Zellen, Anlagen- und Materialhersteller).
- Integration neuer Messtechnik zur Prozessdatenerfassung und Prozess- und Produktionskontrolle (Ansprechpartner vor allem Solarzellen- und Gerätehersteller) sowie Gewinnung von Daten für genaue Kostenmodelle (Ansprechpartner vor allem Zellenhersteller).
- Vergleich von unterschiedlichen Vakuumtechnologien für die Herstellung hochpassivierender amorpher bzw. mikrokristalliner intrinsischer und dotierter Siliciumschichten zur Erzeugung von Heteroübergängen.
- Umsetzung ganzer Prozessfolgen (wie die am Fraunhofer ISE in Entwicklung befindliche TOPCON-Technologie).
- Qualifizierung neuartiger Verfahren zur Oberflächenpassivierung, beispielsweise die Erzeugung von ultradünnen Tunneloxidschichten unter Einsatz von Ozon (UV/O₃ bzw. DI/O₃).

- Vergleich von nasschemischen und trockenen, plasmatechnischen Oberflächenbehandlungen zur Oberflächenreinigung, Sägeschadentfernung und Texturierung. Hierbei lassen sich weitere wichtige Fragestellungen wie die Verwendung von in-line oder batch-Systemen bearbeiten.
- Untersuchung von neuartigen Automatisierungskonzepten insbesondere unter dem Aspekt der hohen Reinheitsanforderungen bei der Prozessierung höchsteffizienter Solarzellen.

Tabelle 1: Überblick laufender Projekte im Themenfeld des Pilotzentrums

Projekt / Partner	Förderung durch	Förderbetrag ISE	Zeitraum
INNOHET - Alternative Anlagen- und Prozesstechnologie für Heterojunctionsolarzellen und deren Umsetzung in innovativem Zell- und Modulkonzept Fkz: 0325634B Partner: Singulus, teamtechnik, Astex	BMWi (industriekofinanziert)	2,8 M€	10/13 – 04/17
PLASMAMAX - Entwicklung einer hocheffizienten beidseitig kontaktierten Siliciumsolarzelle mittels plasmabasierter Herstellungsverfahren Fkz: 0325624A Partner: Roth&Rau	BMWi (industriekofinanziert)	2,2M€	08/13 – 07/16
SIMPLEX - Entwicklung hocheffizienter kostengünstiger Vakuum-Beschichtungsverfahren Fkz: 0325754D Partner: Singulus, Plasmatrix, Sentech, Plasus, Hüttinger	BMWi (industriekofinanziert)	710 T€	10/14 – 09/17
THESSO - Technologien für Höchst-Effiziente Silicium Solarzellen in PV TEC Fkz: 0325491	BMWi	6,6 M€	04/12 – 03/16
HERCULES – High efficiency rear contact solar cells and ultra-powerful modules GA-Nr.: 608498	EU	1,6 M€	09/13 – 08/16
HERA – Fertigungskonzepte für eine effiziente, kostengünstige Produktion von langlebigen PV-Modulen basierend auf Heterojunction-Zellen mit rückseitig sammelndem amorphen Emitter Partner: u.a. Roth&Rau, Somont, Hennecke, ASYS, RENA, Solarwatt, Helmholtz Zentrum Berlin, Next Energy	BMWi (industriekofinanziert)	1,9M€	10/15 – 09/18
PEPPER – Passivated Emitter and passivated rear contact cell Partner: Centrotherm, Hanwha Q-Cells, Heraeus	BMWi (industriekofinanziert)	2,0M€	11/15 – 10/18
IdeAI – Industrielles PVD AI für hocheffiziente kristalline Si-Solarzellen und Module Partner: Singulus, teamtechnik, Hanwha Q-Cells, ISC Konstanz	BMWi (industriekofinanziert)	1,6 M€	10/15 – 09/18