

Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

I: Laser Zentrum Hannover e.V.

II: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **IGF-16812N**

***"Entwicklung eines Laserstrukturierungsprozesses zur effizienteren seriellen
Verschaltung von alternativen Dünnschichtkombinationen f.d. Herst. von CIS
Solarmodulen"***

(Bewilligungszeitraum: 01.12.2010 - 31.05.2013)

der AiF-Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.

Hannover, Berlin, 01.09.2013

Ort, Datum

Dr. O. Suttmann

Dr. K. Ellmer

Name und Unterschrift des Projektleiters
an der (ggf. federführenden) Forschungsstelle

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

- 1. Zusammenfassung**
- 2. Wissenschaftlich-Technische und Wirtschaftliche Problemstellung**
- 3. Stand der Forschung**
- 4. Forschungsziel und Ablauf**
 - 4.1. Ziel des Projektes
 - 4.2. Ablauf des Projektes und Arbeitsdiagramm
- 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**
- 6. Ergebnisse**
 - 6.1. Arbeitspaket 1: Definition des Materialsystems/Modulsystems
 - 6.2. Arbeitspaket 2
 - 6.2.1. Strukturierung einzelner Schichten mit unterschiedlichen Laserquellen
 - 6.2.2. Module und Halbfabrikate mit alternativen Schichten herstellen & analysieren
 - 6.3. Arbeitspaket 3: Strahlformung / -fokussierung
 - 6.4. Arbeitspaket 4
 - 6.4.1. Herstellung und Optimierung der Labormodule
 - 6.4.2. Herstellung und Analyse der Labormodule
- 7. Gegenüberstellung der Zielsetzung und Ergebnissen**
- 8. Verwendung der Zuwendung**
- 9. Wissenschaftlich-Technischer Nutzen**
- 10. Wirtschaftlicher Nutzen für KMU**
- 11. Innovativer Beitrag der Ergebnisse zu Industriellen Anwendungsgebieten**
- 12. Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft**
- 13. Veröffentlichungen im Rahmen des Vorhabens**
- 14. Durchführende Forschungsstellen**
- 15. Symbole**
- 16. Literaturverzeichnis**

1. Zusammenfassung

Das Projekt befasste sich mit der Entwicklung der Laserprozesse zur Strukturierung von CIGS-Dünnschicht-Solarzellen. Ziel des Forschungsprojektes waren die Laserstrukturierung (P1-P3) und die Entwicklung alternativer Schichtkombinationen von CIS-Solarmodulen. Dazu wurden die folgenden Teilziele identifiziert:

- Untersuchung der Laserstrukturierungsprozesse von Dünnschichtmaterialien als Substitution von mechanischen Strukturierungswerkzeugen und die daraus resultierende Wirkungsgradsteigerung durch den aktiven Flächengewinn
- Optimierung der Schichtsysteme von CIS-Modulen
- Untersuchung von produktionsüblichen Schichtmaterialien und im Labormaßstab verfügbare Schichten mit großem Zukunftspotential
- Betrachtung von alternativen Schichtmaterialien im Hinblick auf die Herstellung von CIS-Solarzellen und für die Laserstrukturierung. Hierdurch wird es möglich sein, kostengünstige Laserquellen für die Strukturierung einzusetzen
- Konzepte für eine integrale Optimierung der Herstellungsprozesse durch die Kombination von Laserstrukturierung und Schichtoptimierung

Folgende Ergebnisse wurden im Projekt erzielt:

- Laserauswahl für einzelne Schichten nach technischer und wirtschaftlicher Bewertung. Laserquellen mit Pulsdauern vom Femto- bis zum Nanosekundenbereich wurden in dieser Arbeit verwendet.
- Verbesserung der Kantenqualität, Minimierung der thermischen Einflüsse, Erhöhung der Prozessgeschwindigkeit und Optimierung der elektrischen Funktionalität der Laser- Strukturierung.
- Beschichten und Charakterisieren der elektrischen und strukturellen Eigenschaften von dünnen Schichten mit neuen Materialien als alternative Rückkontakte zum üblicherweise verwendeten Molybdän.
- Herstellen und Charakterisieren von CIGS-Solarzellen mit neuen Rückkontakten im Vergleich mit den Standard-Mo-Rückkontakt.
- Neuartige Schichten wurden strukturiert.
- Laserstrukturierte Testmodule wurden hergestellt und analysiert.
- Erfolgreiche Strukturierung mit geformter Laserstrahlung durch Einsatz diffraktiver optische Elemente (DOE) zum Verbesserung der Ergebnisse mit herkömmlichen Gaußförmigen Strahlprofilen.

Aufgrund massiver, mehrmonatiger technischer Probleme an der Magnetronspalteranlage für größere Substrate ($10 \times 10 \text{ cm}^2$), war die Beschichtung von Testmodulen in diesen Abmessungen mit alternativen Rückkontakten in der Projektlaufzeit nicht möglich.

Das Ziel des Vorhabens wurde teilweise erreicht.

Das IGF-16812N der Forschungsvereinigung Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.