SOLAR-SKIES

Beschleunigung der Dünnschicht-Solarinnovation: Hochdurchsatz-Screening trifft auf KI-gesteuerte Entdeckung

Programm / Ausschreibung	EW 24/26, FTI-Fokusinitiativen, Energieforschung 2024 FTI -Fokusinitiativen	**Status**	laufend
Projektstart	01.02.2025	**Projektende**	31.01.2028
Zeitraum	2025 - 2028	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Dünnschicht-PV; KI-gesteuerte Entdeckung; Hochdurchsatz Material Screening		

Projektbeschreibung

Das Ziel von SOLAR-SKIES ist es, die Effizienz, Kosten und Nachhaltigkeit der Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS)-Dünnschicht-PV-Technologie durch den Einsatz von Hochdurchsatz-Screening und künstlicher Intelligenz (KI) zur Beschleunigung des Entwicklungsprozesses erheblich zu verbessern. Die Hauptziele des Projekts umfassen: (i) Erhöhung der PV-Effizienz: Erreichen einer signifikanten Steigerung der Umwandlungseffizienz von flexiblen CIGS PV-Zellen im Vergleich zur aktuellen Technologie, mit spezifischen Benchmarks von 18 % Effizienz für 1 cm² Solarzellen und 14 % für 10x10 cm² Module. (ii) Senkung der Herstellungskosten: Entwicklung von Materialien und Prozessen, die die Effizienz steigern, und auch kostengünstig sind, mit dem Ziel, die Gesamtherstellungskosten von flexiblen CIGS-PV-Zellen auf unter 0,9 €/Wp zu senken. (iii) Fokus auf Nachhaltigkeit und Stabilität: Verwendung von reichlich vorhandenen, umweltfreundlichen Materialien und Prozessen, die am Ende ihres Lebenszyklus leichter recycelbar sind, und Sicherstellung der Leistungsstabilität mit weniger als 10 % Leistungsverlust nach 1000 Stunden bei 85 % relativer Luftfeuchtigkeit und 85°C. Die Materialkomponenten im Fokus sind einerseits Alkalimetallkombinationen für die Nachbehandlung des CIGS-Absorbers und andererseits multikomponentige amorphe n-Typ-Pufferschichten, um die elektronischen Eigenschaften des p-Typ-CIGS-Absorbers optimal anzupassen. Beide dieser Materialkomponenten haben sich als dramatisch einflussreich auf die PV-Leistung von Dünnschicht-Solarzellen erwiesen. Die Forschungsdesign-Ansätze zur Erreichung dieser Ziele umfassen: (i) Hochdurchsatz-Screening: Entwicklung und Implementierung experimenteller Methoden der kombinatorischen Dünnschichtabscheidung und automatisierten, hochdurchsatzfähigen Materialeigenschaften- (strukturell, chemisch, optisch) und Geräte- (PV-Leistung) Charakterisierung, um umfassende, qualitativ hochwertige Daten zu sammeln, die die Herstellungsprozesse und Materialoptimierung antreiben. (ii) KI-gesteuerte Optimierung: Nutzung von KI-Methoden zur Analyse der experimentellen Daten, Modellierung des Materialsystems und effizienten Planung der Experimente, mit Fokus auf kausale Abhängigkeiten zwischen Prozessparametern, Materialeigenschaften und Solarzellenleistung, unter Verwendung von Bayes'schen Netzwerken (BNs) zur Erstellung und Visualisierung dieser Beziehungen. (iii) Prädiktive Modellierung: Training von KI- und maschinellen Lernalgorithmen zur Etablierung von Prozess-Eigenschafts-Leistungs-Beziehungen zur Vorhersage neuer Materialkombinationen und Prozessparameter. (iv) Skalierung des Herstellungsprozesses: Skalierung ausgewählter Materialien und Prozesse vom Labor- bis zum Pilotmaßstab in einer bestehenden Produktionslinie, um den Bedarf an umfangreichen Modifikationen oder neuen Geräten zu minimieren. Die Auswirkungen der Projektergebnisse beschränken

sich nicht nur auf die CIGS-PV-Technologie, sondern erstrecken sich auf alle Dünnschicht-PV-Technologien und umfassender auf die nächste Generation der industriellen Fertigung, basierend auf digitalen, KI-gesteuerten Technologien zur Kostensenkung und Ressourcenschonung. Um diese ehrgeizigen Ziele zu erreichen, bringt SOLAR-SKIES ein komplementäres und interdisziplinäres Konsortium aus Materialwissenschaftlern, Datenwissenschaftlern und Verfahrensingenieuren aus Wissenschaft und Industrie zusammen, die über umfassende Erfahrung in ihren jeweiligen Fachgebieten verfügen.

Abstract

The goal of SOLAR-SKIES is to significantly improve the efficiency, cost, and sustainability of CIGS thin-film PV technology by implementing high-throughput screening and artificial intelligence (AI) to accelerate the development process.
Key objectives of the project include: (i) Increasing PV efficiency: Achieving a significant boost in the conversion efficiency of flexible Copper Indium Gallium Diselenide (CIGS) photovoltaic cells compared to current technology, with specific benchmarks of 18% efficiency for 1 cm² solar cells and 14% for 10x10 cm² modules. (ii) Reducing manufacturing costs: Developing materials and processes that not only enhance efficiency but are also cost-effective, aiming to reduce the overall production costs of flexible CIGS PV cells to less than 0.9 €/Wp. (iii) Focusing on sustainability and stability: Using abundant, eco-friendly materials and processes for the CIGS PV cell production that are easier to recycle at the end of their lifecycle and ensuring performance stability with less than 10% performance degradation after 1000 hours at 85% relative humidity and 85°C.
The material components of focus are on one hand alkali metal combinations for the post deposition treatment of the CIGS absorber and on the other hand multi-component amorphous, n-type buffer layers to optimally much the electronic properties of the p-type CIGS absorber. Both of these material components have been shown to have a dramatic influence on the PV performance of thin film solar cells.
The research design approaches to achieve these goals include: (i) High-throughput screening: Developing and implementing experimental methods of combinatorial thin film deposition and automatized, high-throughput materials properties (structural, chemical, optical) and device (PV performance) characterization, to collect comprehensive, high-quality data to drive the manufacturing processes and materials optimization. (ii) AI-driven optimization: Utilizing AI methods to analyze the experimental data, model the material system and efficiently plan the experiments, focusing on causal dependencies between process parameters, material properties, and solar cell performance, using Bayesian Networks (BNs) to create and visualize these relationships. (iii) Predictive modeling: Training AI and machine learning algorithms to establish process-property-performance relationships for predicting new material combinations and process parameters. (iv) Scaling up the manufacturing process: Scaling selected materials and processes from laboratory to pilot scale in an existing production line, so as to minimize the need for extensive modifications or new equipment.
The impact of the project’s results is not only limited to the CIGS PV technology but extends to all thin film PV technologies, and more broadly into the next generation of industrial manufacturing, based on digital, AI-driven technologies to reduce costs and save resources.
To achieve these ambitious goals, SOLAR-SKIES brings together a complementary and interdisciplinary consortium of materials scientists, data scientists and process engineers, from the academia and industry, with extensive experience in their respective areas of expertise.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- PhysTech Coating Technology GmbH
- RISC Software GmbH
- Sunplugged - Solare Energiesysteme GmbH