

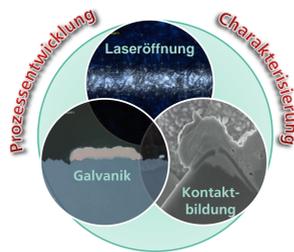
Laserstrukturierte galvanisch abgeschiedene Kontaktsysteme für Silicium-Solarzellen – Charakterisierung und Neue Prozessrouten

Andreas Büchler, Sven Kluska, Jonas Bartsch, Markus Glatthaar

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Heidenhofstrasse 2, 79110 Freiburg, Germany, Phone +49 761/4588-5019, andreas.buechler@ise.fraunhofer.de

ZIELE DER PROMOTION

- Beitrag zur Reduktion der Stromgestehungskosten
- Verbesserung der Herstellung elektrischer Kontakte von Silicium-Solarzellen
 - Verwendung günstiger Materialien
 - Steigerung des Wirkungsgrades
 - Langzeitstabilität
- Übertrag der wissenschaftlichen Erkenntnisse in innovative Anlagentechnik zur Massenproduktion

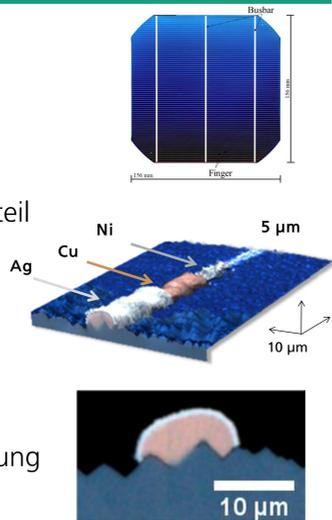


AKTUELLE TRENDS IN DER SOLARZELLFORSCHUNG

- Übergang zu **hocheffizienten Solarzellkonzepten** (Wirkungsgrad > 20%) in der industriellen Herstellung
 - Zur Wirkungsgradsteigerung: Optimierung der Kontakte
- Weiterhin stetige **Senkung der Herstellungskosten** für Silicium-Solarzellen
- Kontaktierung mit Silbersiebdruck-Pasten (aktueller Standard für die Solarzell-Vorderseite) zunehmend von Nachteil:
 - Hohe Materialkosten
 - Hoher Kontaktwiderstand + Minimale Strukturgröße limitiert

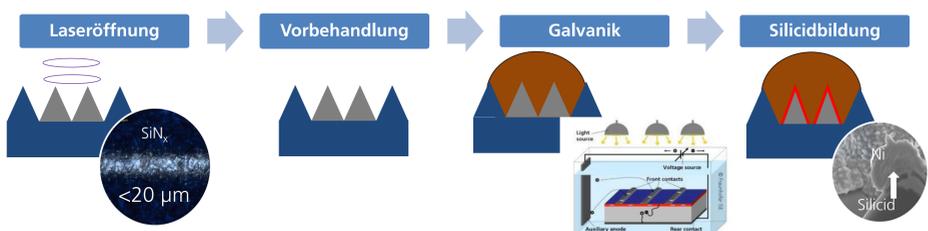
NI-CU-AG KONTAKTE

- Funktionales Schichtsystem:
 - **Nickel**: Gute Kontakteigenschaften
 - **Kuper**: Preiswert, hohe Leitfähigkeit
 - **Silber**: Korrosionsschutz, Lötstabil
- Ni-Cu-Ag gegenüber Ag-Siebdruckpasten von Vorteil
 - Steigerung des Wirkungsgradpotentials bei Reduzierung der Kosten
 - Erfolgreiche Prozessrouten bereits vorgestellt
- Aktuelle Herausforderungen
 - Optimierung der mechanischen Haftung
 - Reduktion der Schädigung durch die Metallisierung
 - Senkung der Anlageninvestitionen



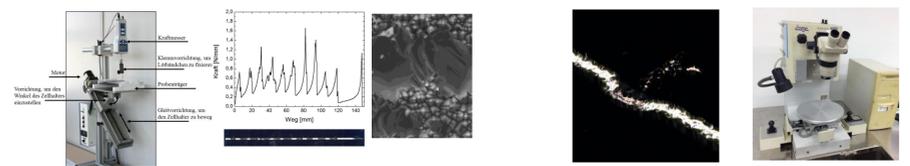
LASER STRUKTURIERUNG UND GALVANIK

- Prozesssequenz aus 4 Prozessschritten
- Vielzahl möglichen Parametern
- Ziel: Zusammenhänge besser Verstehen und optimierte Routen definieren



Ziel:	Entfernung nativer Oxide	Homogene Abscheidung	Verbesserung des Kontaktes
Strukturierung			
Parameter:	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1% HF ■ 2% HF ■ buffered 7% HF ■ F₂ – trocken Ätze 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elektrolyt ■ Stromdichte ■ cw/gepulst 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Atmosphäre (Formiergas/Stickstoff) ■ 250°C-350°C ■ Dauer
Risiko:	Kristallschäden Amorphes Silicium	Schädigung der Passivierung	Verspannungen Silicid-Spikes (Kurzschlüsse)

KONTAKTHAFTUNG: NEUE TEST VERFAHREN



Busbar-Kontakte (w = 1mm)

- Anlöten von Zellverbindern
- Messung der nötigen Abzugskraft
- *Verständnis des Lötprozess, Optimierung auf Reproduzierbarkeit, Analyse des Failing Interface*

Finger-Kontakte (w < 20µm) (neu):

- Abscheren des Finger mit Messspitze
- Analyse der Scherkraft und des Ausriss-Musters
- *Systematisierung des Messverfahrens*

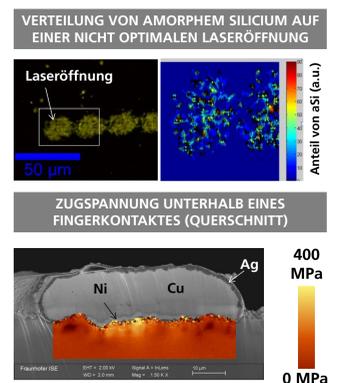
SCHÄDIGUNG: RAMAN SPEKTROSKOPIE

Raman-Spektroskopie erlaubt u.a. Detektion und Mapping (Auflösung < 1µm) von

- **Amorphem Silicium (aSi)**
- **Mechanischen Spannungen**

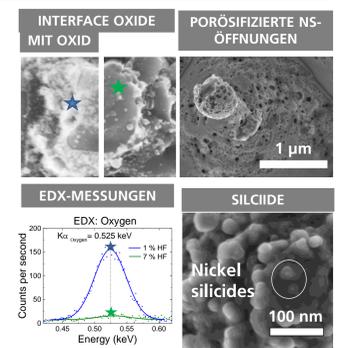
Weiterentwicklung im Rahmen der Arbeit

- *Software-basierte Erstellung von aSi-Maps*
- *Kalibrierung der Spannungsmessung in Top-View / Querschnittsausrichtung*
 - *Nachweis von Spannung unter Kontakt*



INTERFACE CHARAKTERISIERUNG: REM

- Haftung und elektrische Eigenschaften abhängig von der Mikrostruktur der Siliciumoberfläche
- Untersuchung der Silicium-Metall-Grenzfläche im Rasterelektronenmikroskops (REM), insbesondere
 - *Oberflächen Morphologie nach Strukturierung mit verschiedenen Lasersystemen*
 - *Zusammenhang: Mikrostruktur und Haftung*
 - *Silicidbildung auf laserstrukturiertem Silicium*
 - *Analyse von Interfaceoxiden*

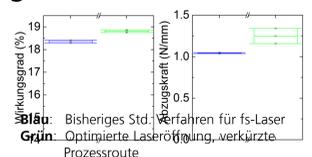


- Ideale Haftung ohne Silicidbildung möglich durch geeignete Mikrostruktur
- Silicidbildung steigert Haftung, falls Interface nicht ideal
- Laser induzierte Interfaceoxide beeinflussen die Kontakteigenschaften

OPTIMIERTE PROZESSROUTEN

- **Einsparung von Vorbehandlung und Silicidbildung**

- Vermeidung von Laser-Induzierten Oxiden
 - Vorbehandlung (1) und Silicidbildung (2) unnötig!
 - Reduktion der parasitären Metallabscheidung (1)
 - Metallisierung neuer Solarzellkonzepte (2)



- Bereits Übertrag zu mittelständischem Projektpartner