

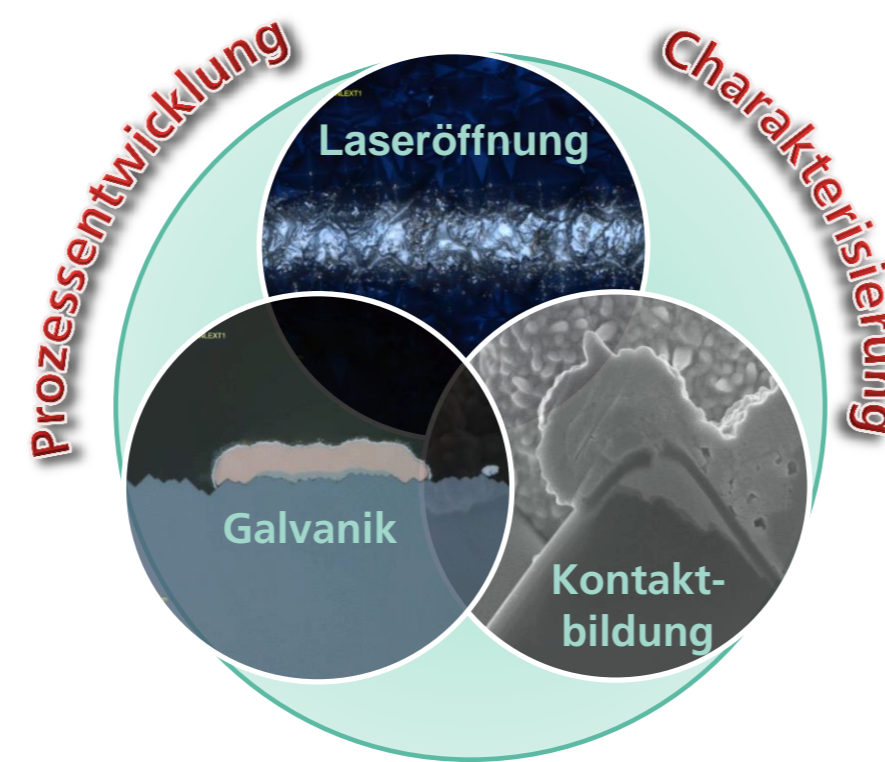
# Laserstrukturierte galvanisch abgeschiedene Kontaktsysteme für Silicium-Solarzellen – Charakterisierung und Neue Prozessrouten

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

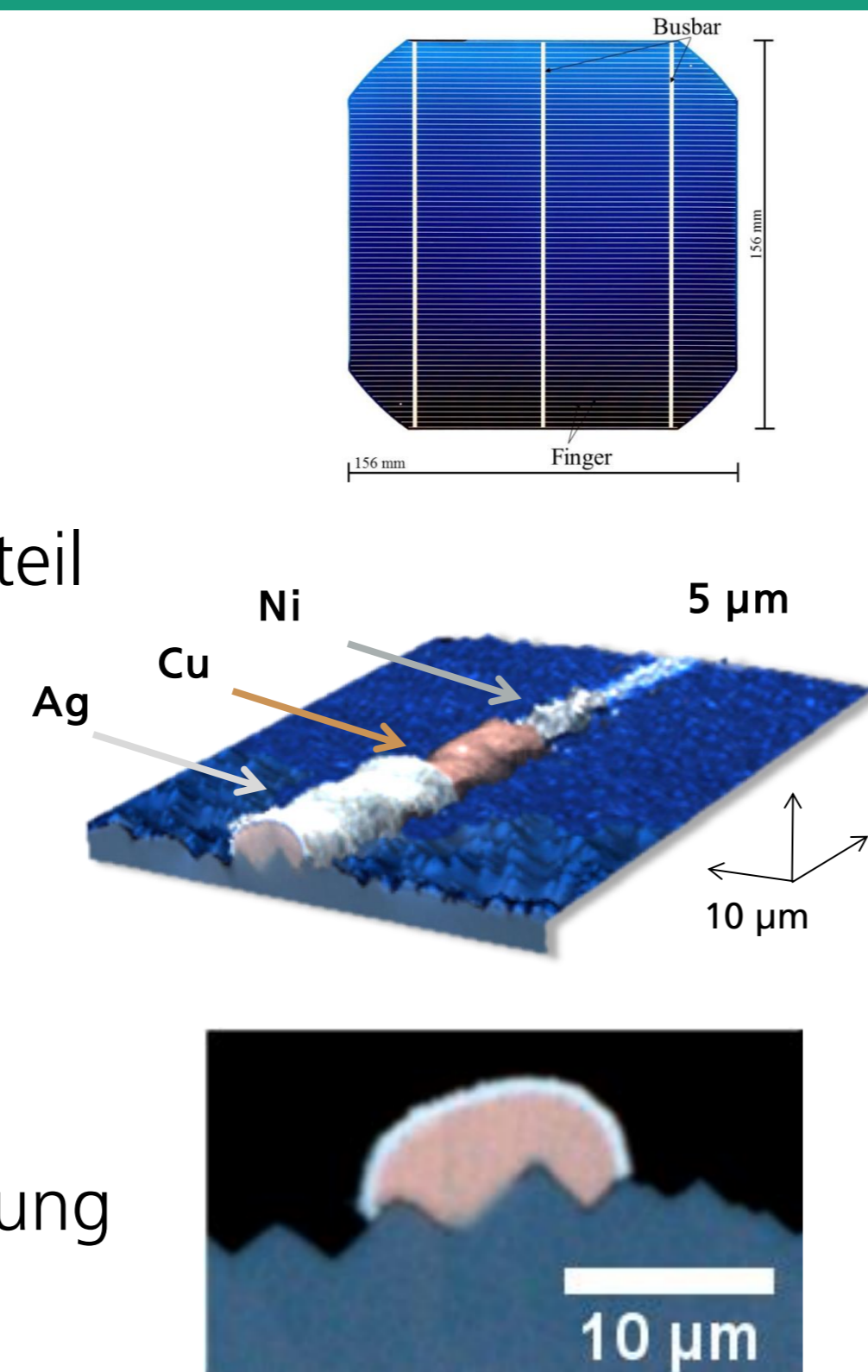


## AKTUELLE TRENDS IN DER SOLARZELLFORSCHUNG

- 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

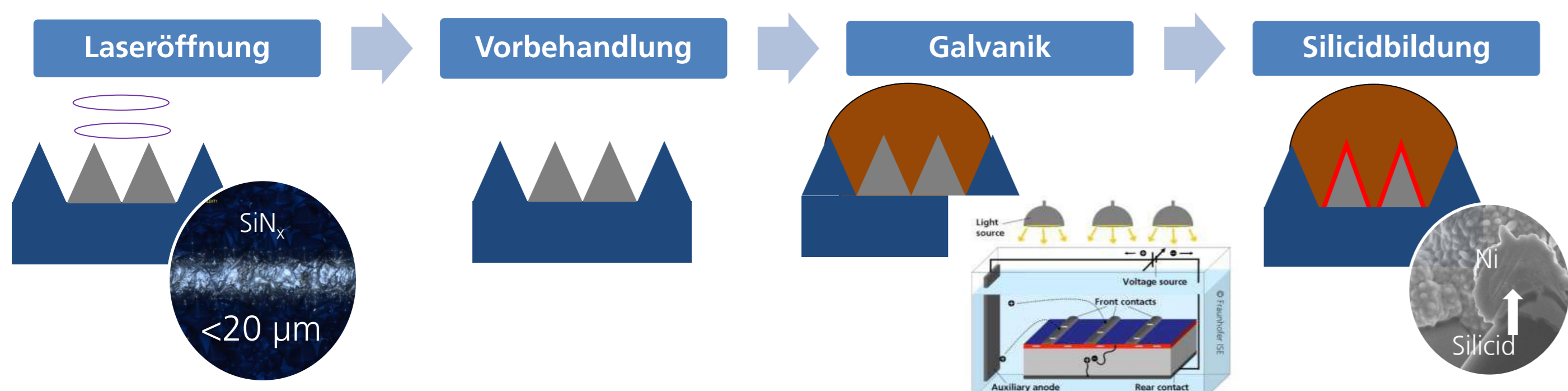
## NI-CU-AG KONTAKTE

- 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



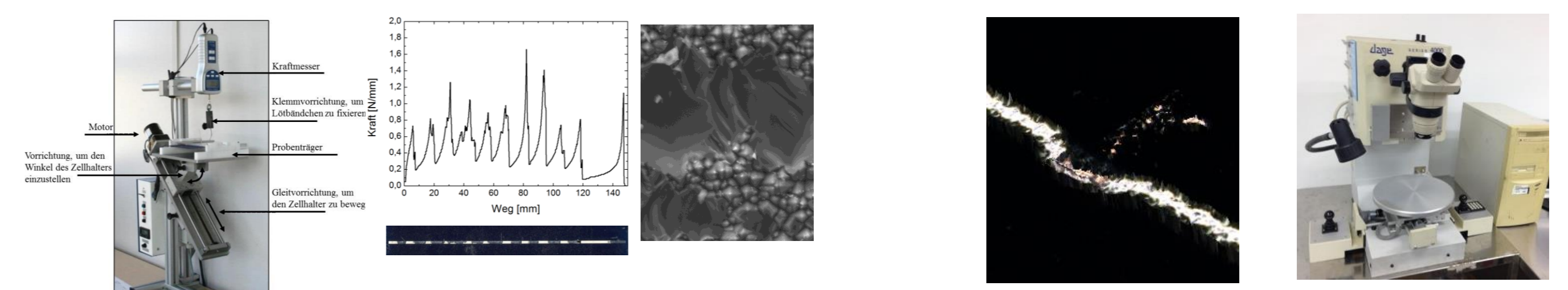
## LASER STRUKTURIERUNG UND GALVANIK

- 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			
<b>Parameter:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1% HF</li> <li>■ 2% HF</li> <li>■ buffered 7% HF</li> <li>■ F<sub>2</sub> – trocken Ätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Elektrolyt</li> <li>■ Stromdichte</li> <li>■ cw/gepulst</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Atmosphäre (Formiergas/Stickstoff)</li> <li>■ 250°C-350°C</li> <li>■ Dauer</li> </ul>
<b>Risiko:</b>	Schädigung der Passivierung	Verspannungen	Verspannungen Silicid-Spikes (Kurzschlüsse)
Kristallschäden Amorphes Silicium			

## 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

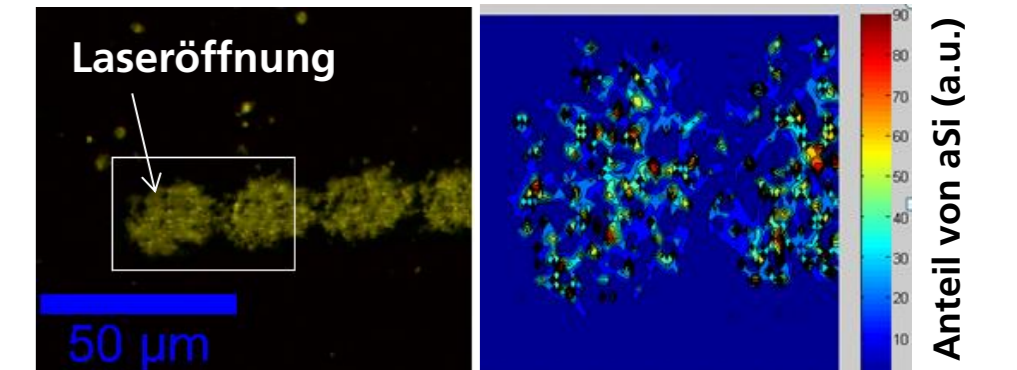
Raman-Spektroskopie erlaubt u.a. Detektion und Mapping (Auflösung < 1µm) von

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

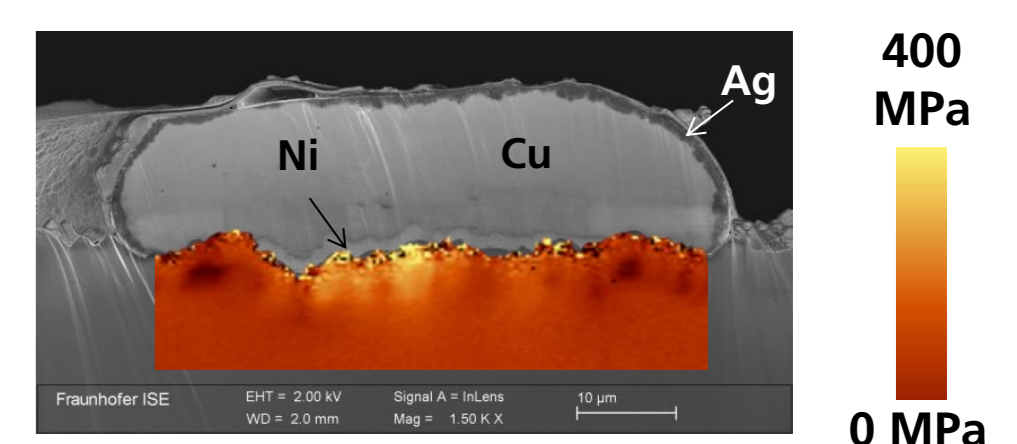
Weiterentwicklung im Rahmen der Arbeit

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

VERTEILUNG VON AMORPHEM SILICIUM AUF EINER NICHT OPTIMALEN LASERÖFFNUNG

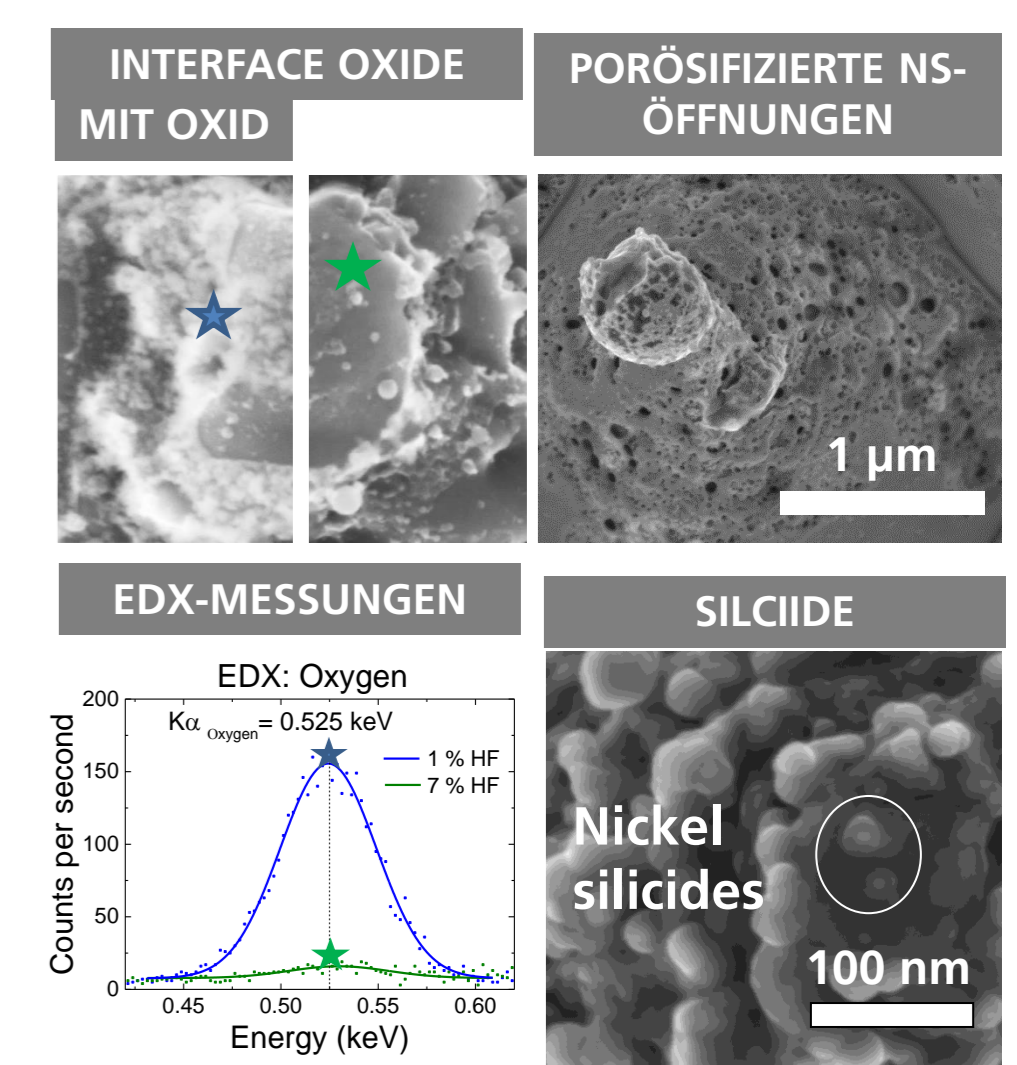


ZUGSPANNUNG UNTERHALB EINES FINGERKONTAKTES (QUERSCHNITT)



## 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*

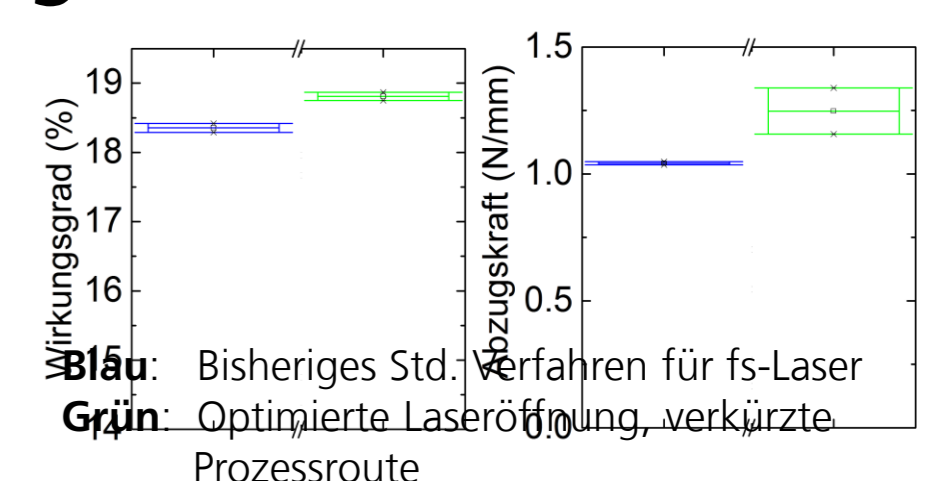


- Ideale Haftung ohne Silicidbildung möglich durch geeignete Mikrostruktur
- Silicidbildung steigert Haftung, falls Interface nicht ideal
- Laser induzierte Interfaceoxide beeinflussen die Kontakteigenschaften

## 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