

Bericht aus dem Forschungsschwerpunkt 3D-Elektroniksysteme 3D-ES

Roy Knechtel, Martin Seyring
Hochschule Schmalkalden



Prof. Dr.-Ing. Roy Knechtel
Schmalkalden University of Applied Sciences
Autonomous Intelligent Sensors
Chair of the Carl-Zeiss Foundation

Phone: +49 3683 688-5108
E-Mail: r.knechtel@hs-sm.de

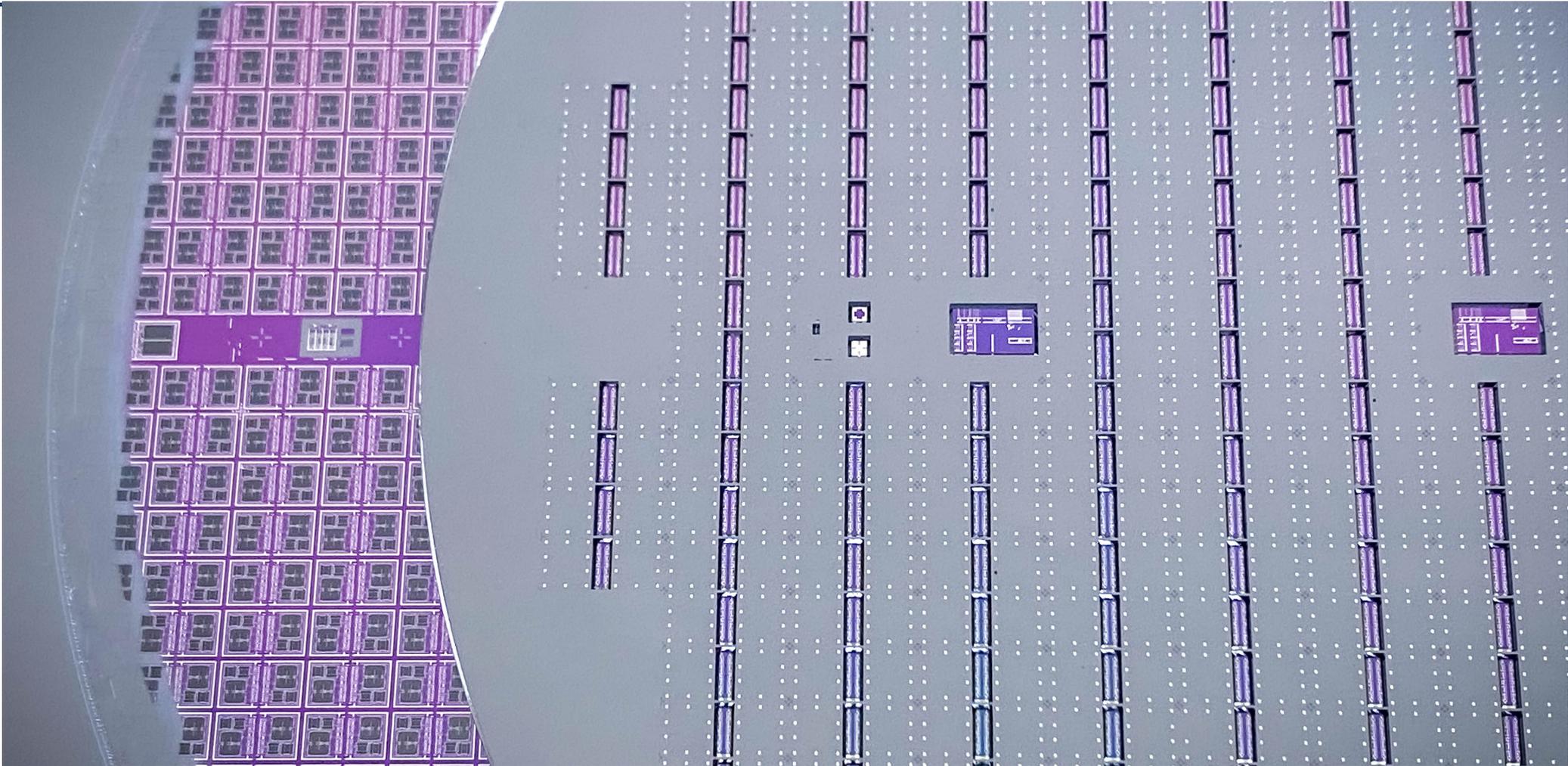


Dr.-Ing. Martin Seyring
Schmalkalden University of Applied Sciences
Microscopy and Materials Diagnostics Laboratory

Phone: +49 3683 688-5230
E-Mail: m.seyring@hs-sm.de

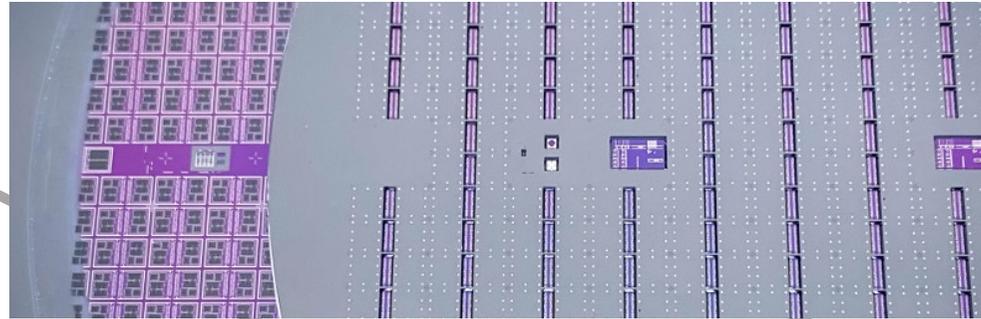


Electronic is becoming 3D...

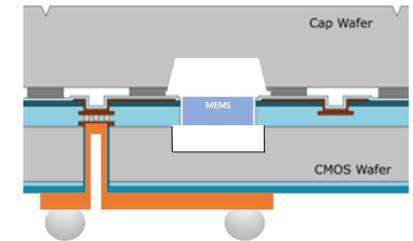


Electronic is becoming 3D...

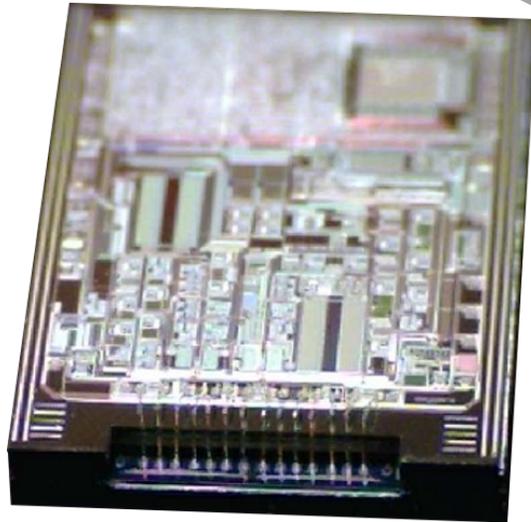
Wafer Bonding



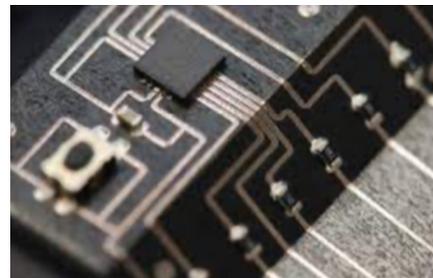
Function
Form
Fit
Financials



Full Wafer Level
Packaging



Electrical Contacts



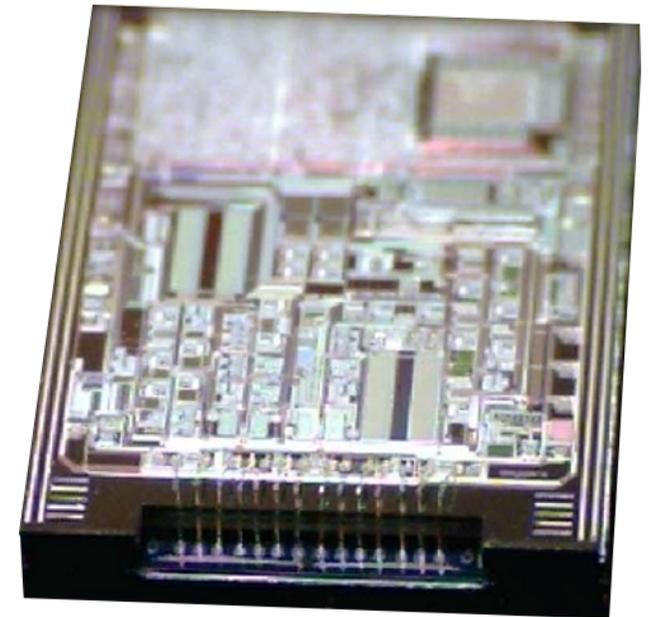
3-dimensiona[n]l carrier with electronical devices (3D-PCB)

Einleitung - Electronics becomes 3D

Forschungsschwerpunkt 3D-Elektroniksysteme - 3D-ES

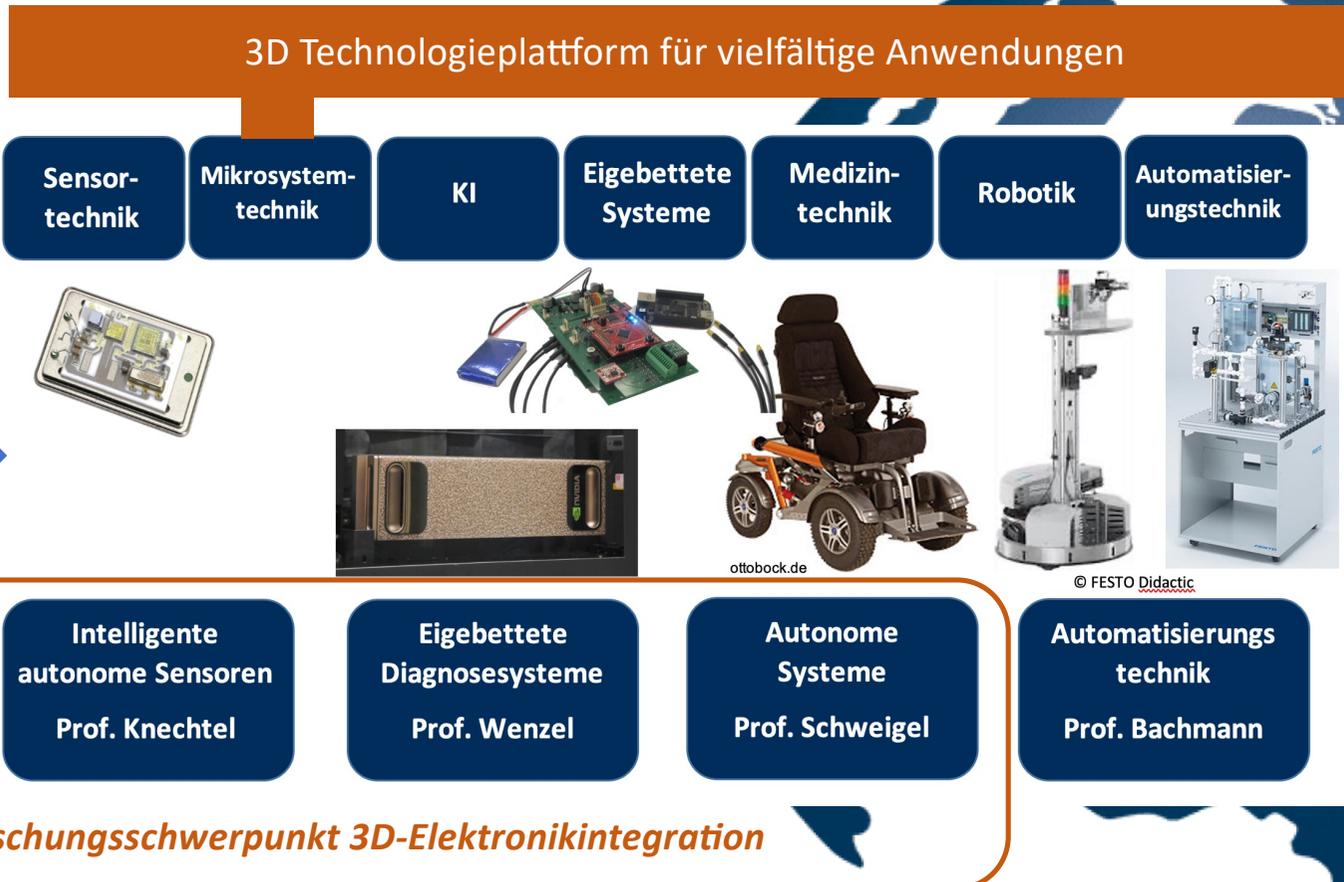
Aktuelle Aktivitäten

Zusammenfassung und Ausblick



Reale Elektronische Systeme für die reale Welt

Forschung and der Fakultät Elektrotechnik





Prof. Roy Knechtel

Micaela Wenig

Wiss. Mitarbeiterin RR

Lukas Hauck

(Promovend Drucktechnologie)

Dr. Martin Seyring

Wiss. Mitarbeiter

Mikrostrukturanalyse

Materialien

Technologie
Wafer-Technologie
Drucktechnologien

Realisierung einsetzbarer Geräte



Prof. Maria Schweigel

Anwendungen
Entwurf und Evaluation
einsetzbarer Geräte



Prof. Andreas Wenzel

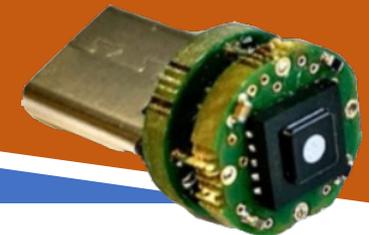
Forschungsschwerpunkt 3D-Elektroniksysteme



Anlagen (Beschaffung, Installation, Inbetriebnahme)

Anwendung für reale Applikationen
(Sensoren, Geräte, eingebettete Systeme, KI)

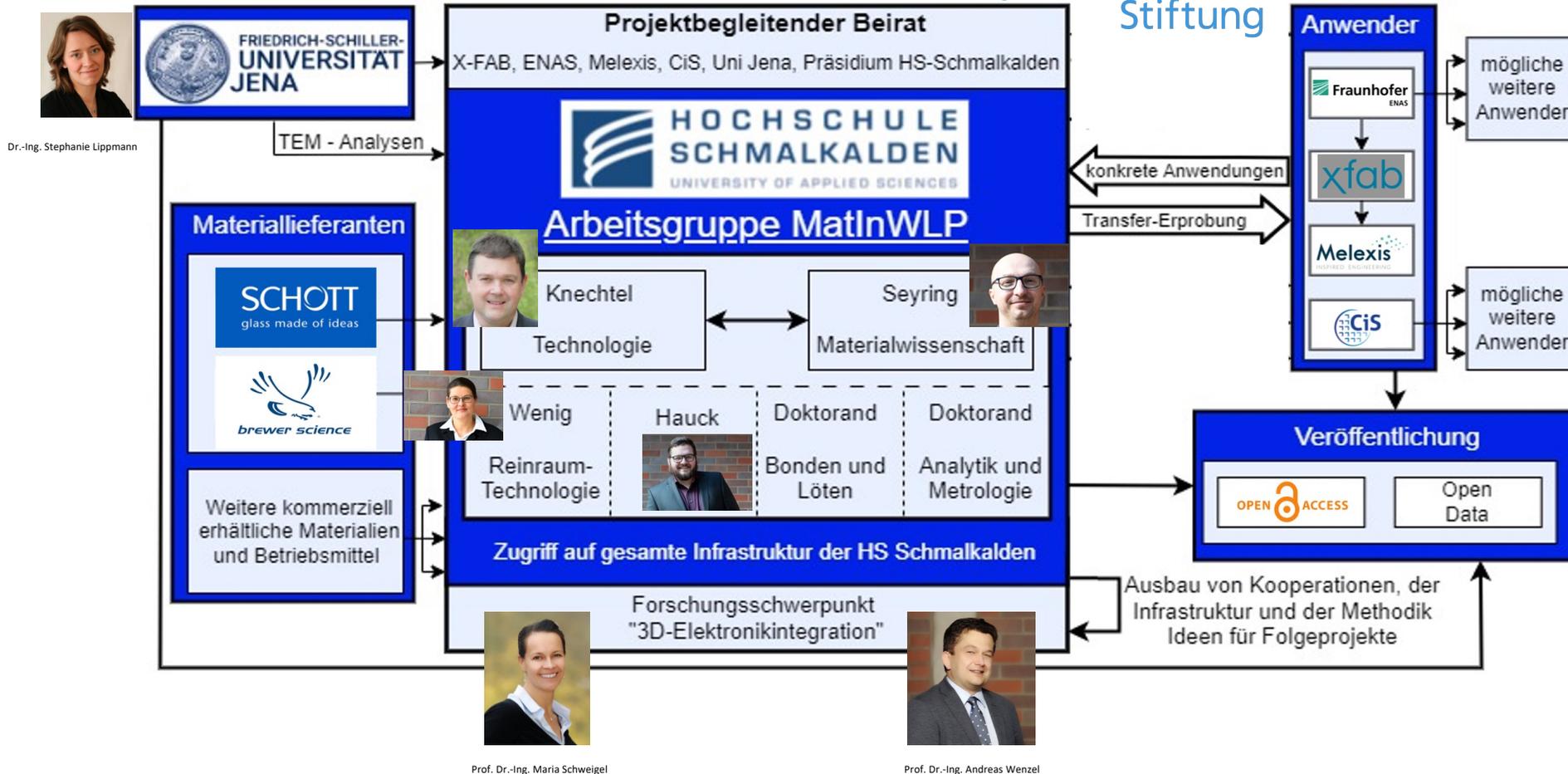
Teilschrittentwicklung und Technologieplattform

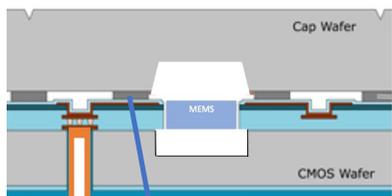


2019 2020 2021 2022 2023 2025 2025 2026 2027 2028 2029 2030



Forschungsschwerpunkt 3D-Elektroniksysteme





1 **effizientes und ressourcensparendes
Materialsystem zum Wafer-Bonden,**
mit elektrischer Kontaktierung

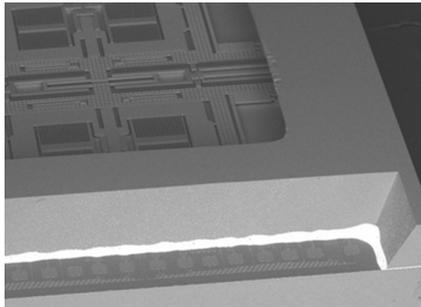
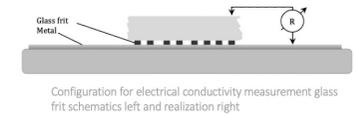
2 **neue effektive Dünnschichtsysteme
als lötfähige Metallisierung** auf dem Wafer
bei Reduzierung des Materialeinsatzes

3 **Evaluierung von 3D-Drucktechnologien** auf
Waferebene, zur Realisierung von Verdrahtungen
und Kontaktierungen sowie von Fügestrukturen

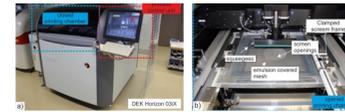
4 **Konzepte zur Einführung neuer Funktionsmaterialien
und umweltschonender Prozesschemie** in der Industrie

Wafer Bonding mit Gläsern

Materialuntersuchungen an (bleifreien) Glasloten



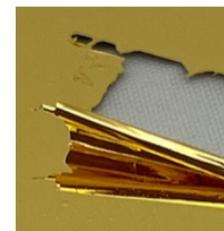
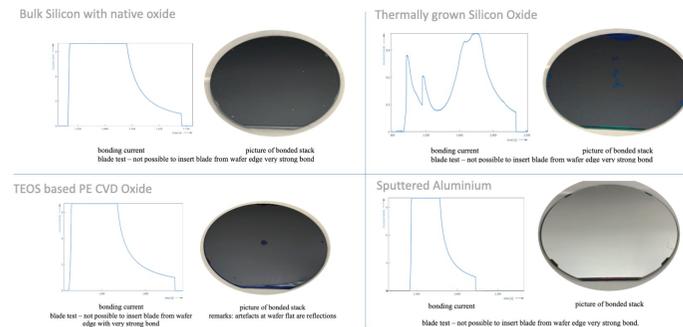
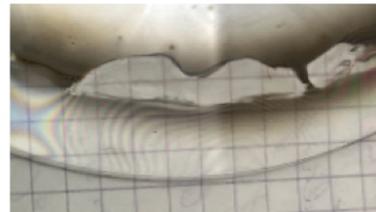
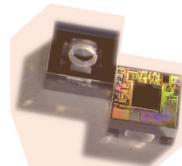
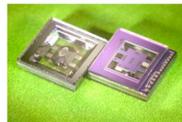
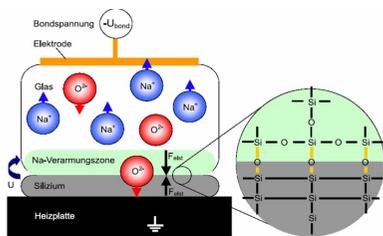
Paste ID	FX11-036	AP4290D1	TNS-062	AP4115AB
Lead-free			X	X
Sealing ring width (CAD)	200 µm	200 µm	200 µm	200 µm
Sealing ring width (Print)	201 ± 2 µm	239 ± 12 µm	200 ± 3 µm	207 ± 10 µm



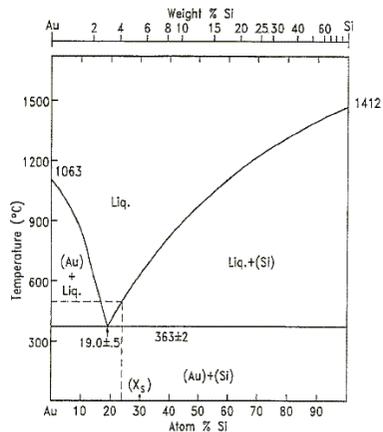
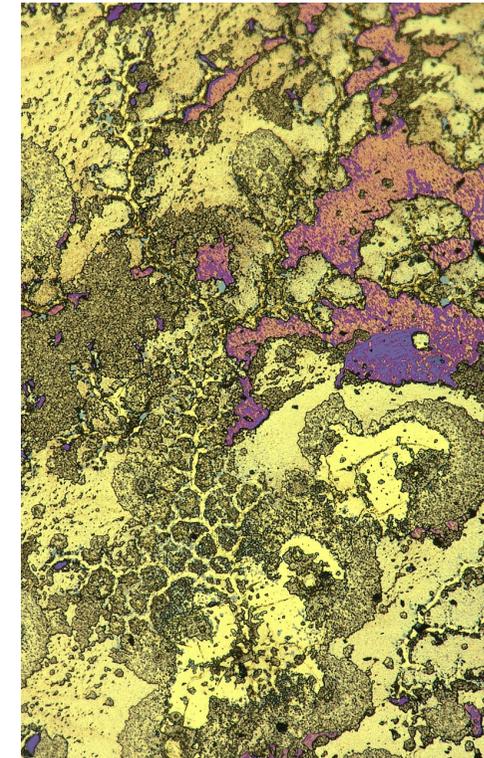
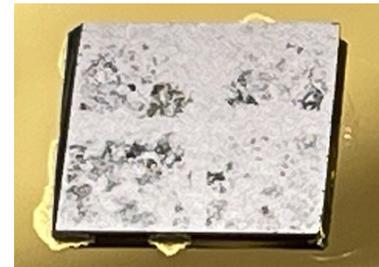
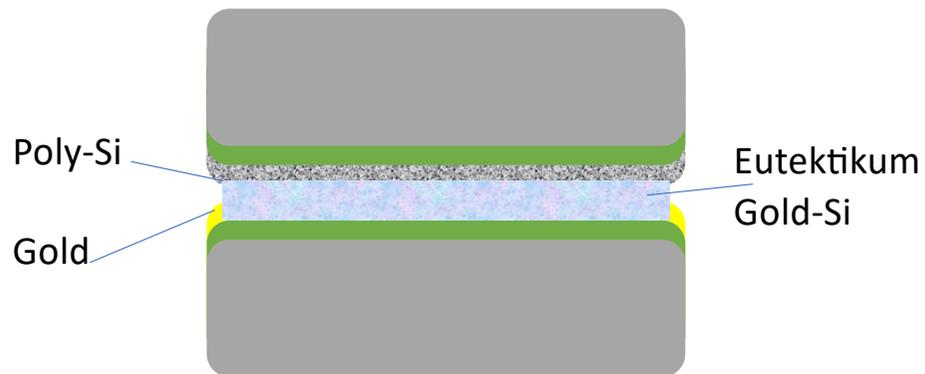
Paste ID	Lead-free	Bonding Temperature	Bonding Results	Remarks
FX11-036		430°C		very good wetting at 430°C - bonding face too high - glass fit structures lost shape due to glass flow
AP4290D1		430°C		very good wetting at 430°C - bonding face slightly too high - glass fit structures with some shape loss due to glass flow - nearly perfect bonding process
TNS-062	X	340°C		good wetting, low viscosity already at 340°C with strong shape loss on left side - force is high at this position, whereas it should be perfect on right side - process (temperature and force) difficult to control
AP411AB	X	490°C		good bonding process with good wetting - all structures in shape temperature and force pressure a little too low

Paste ID	Lead-free	360 °C	400 °C	420 °C	440 °C
FX11-036					
AP4290D1					
TNS-062	X				
AP411AB	X				

Untersuchungen anodisches Bonden von Glaswafern



Eutektisches Bonden mit Gold-Silizium

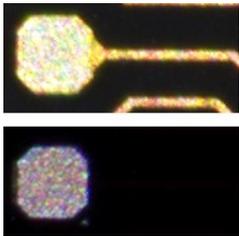


Au-Ni-Cu under bump Metallisierungen

Schichtsystem

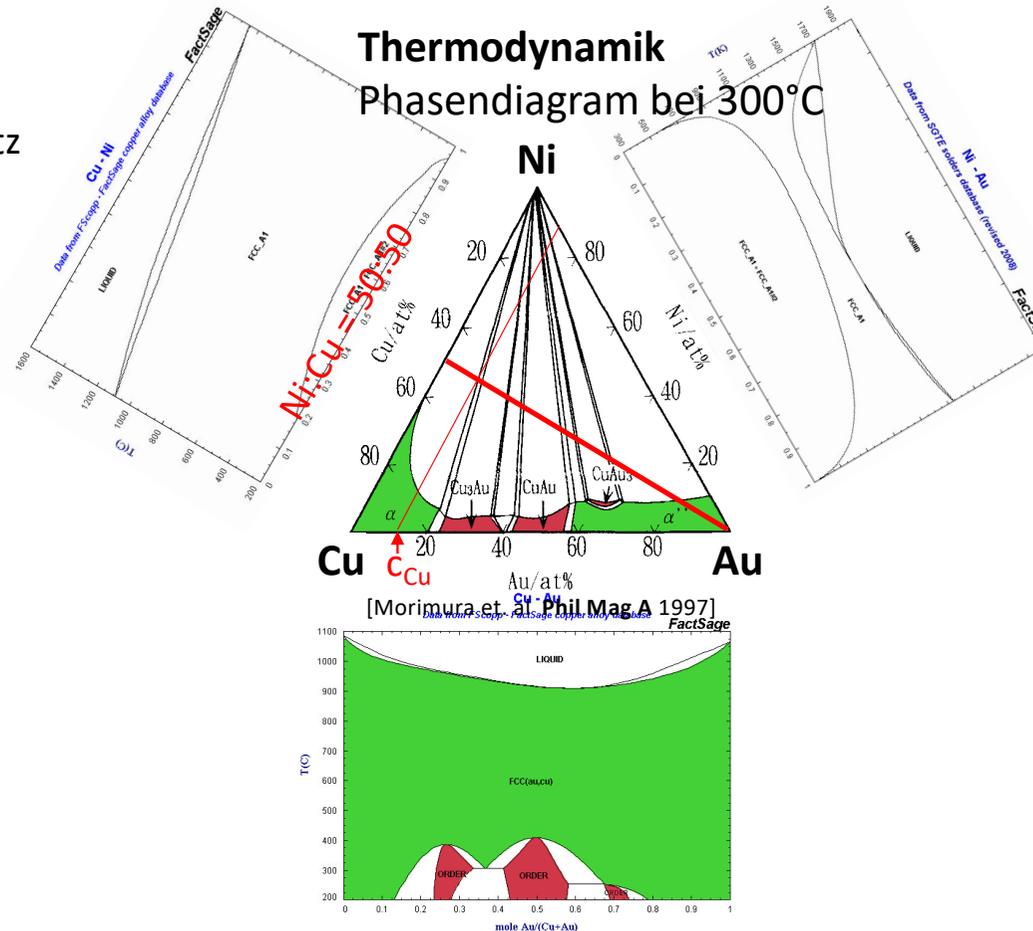
(Au)	Oxidationsschutz
(Ni)	Barriere
(Cu)	Metallisierung

Ausgangszustand



6Tage @ 200°C

Thermodynamik Phasendiagramm bei 300°C

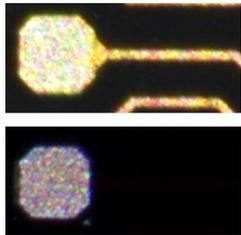


- Intermetall. Phasen in Au-Cu! (Au_3Cu)
- Mischungslücken in Au-Ni und Ni-Cu
- Gegenwart von Ni verschiebt sich Stabilität von Au_3Cu zu geringeren Cu-Konzentrationen

Schichtsystem



Ausgangszustand



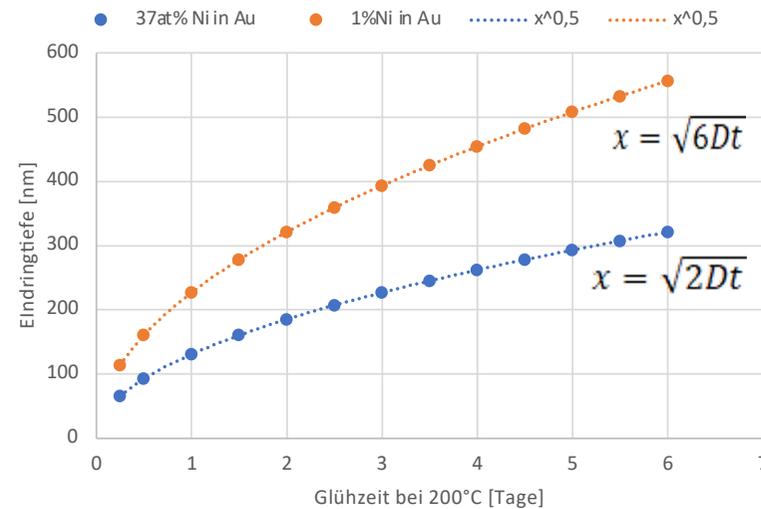
6Tage @ 200°C

Kinetik

Diffusionsreichtweiten bei 200°C

Eindringtiefe der Diffusionsfront
von Ni in Cu

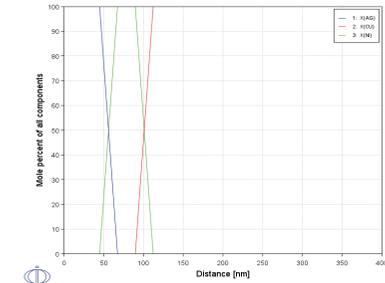
[Swartz et al. Thin Solid Films 1984]



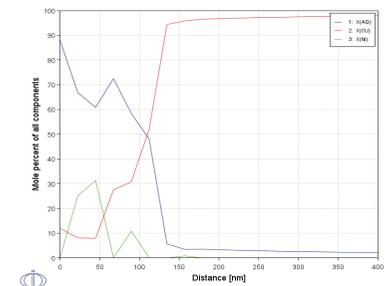
→ Optimierung der Schichtdicken

Diffusionssimulation mit Dictra

Ausgangszustand



6Tage @ 200°C

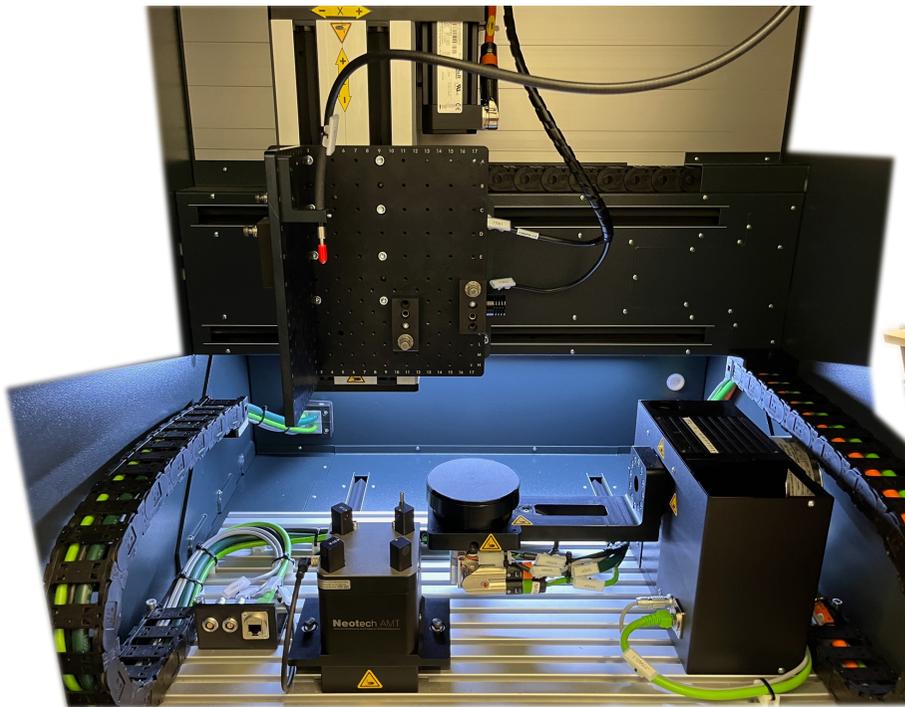


Drucktechnologien für die Elektronikfertigung



**Kofinanziert von der
Europäischen Union**

im Rahmen des Förderprogramms Richtlinie zur Förderung der Forschung FTI Thüringen Forschung, Vorhabens-Nr. 2022 FGI 0019

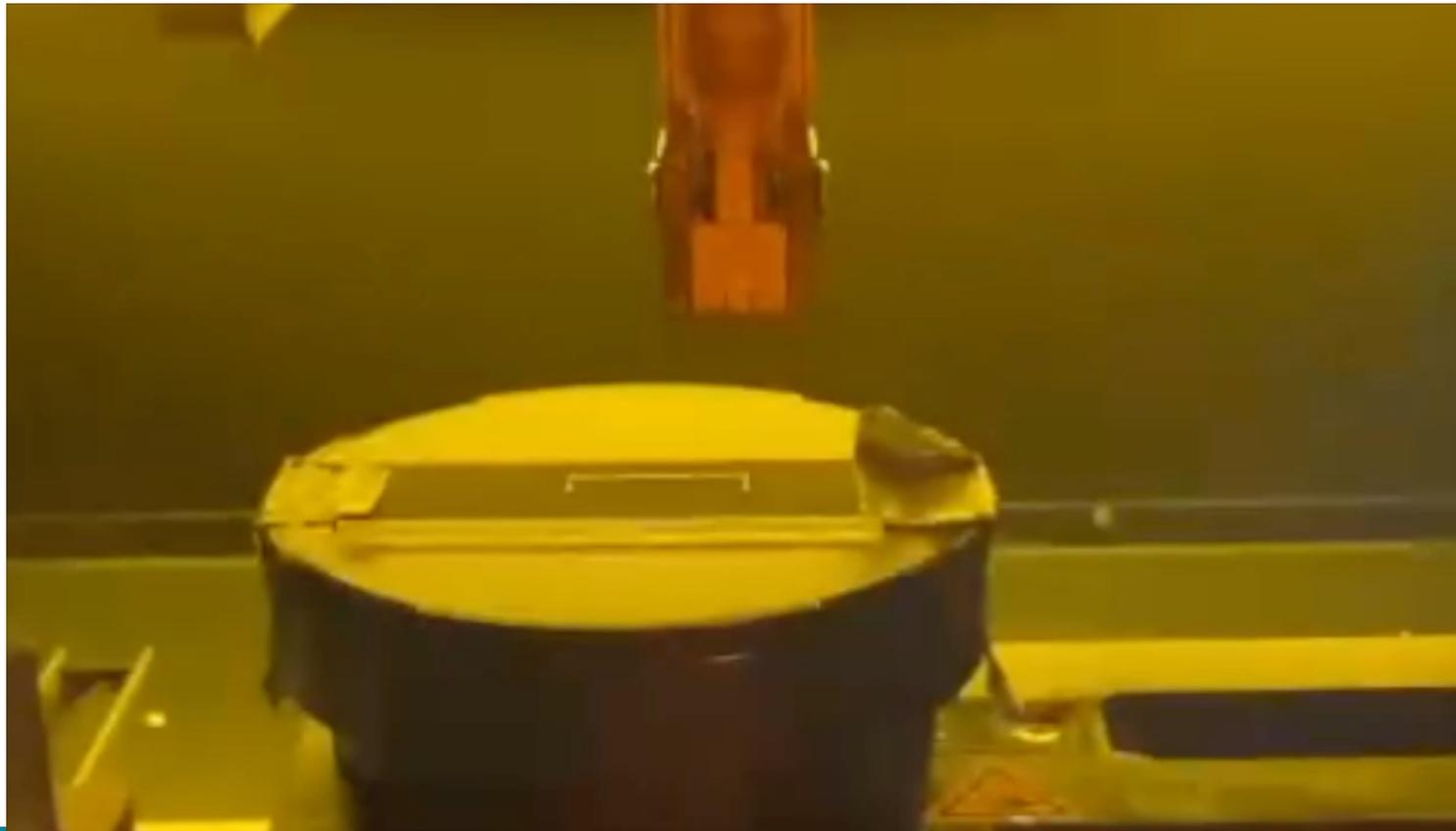


Device Level Integration



**Kofinanziert von der
Europäischen Union**

im Rahmen des Förderprogramms Richtlinie zur Förderung der Forschung FTI Thüringen Forschung, Vorhabens-Nr. 2022 FGI 0019



Zusammenfassung und Ausblick

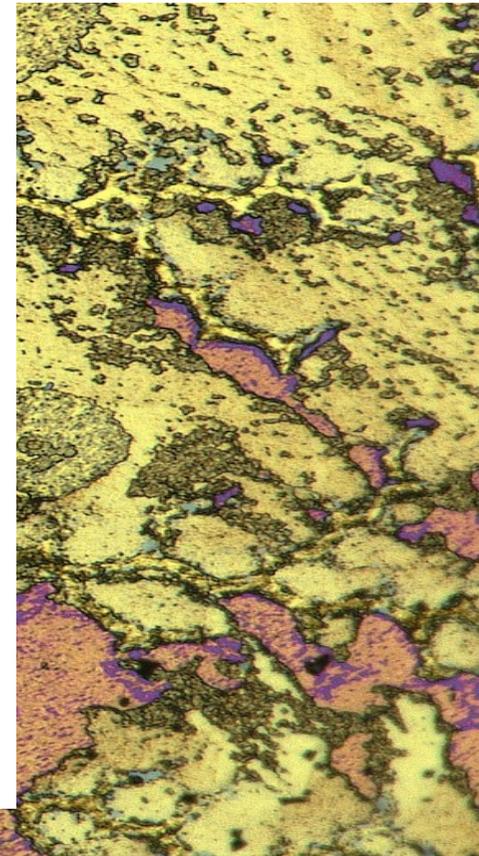
(Mikro-) Elektronik wird dreidimensional – Fit, Form, Function, Financials

Forschungsschwerpunkt 3D-Elektroniksysteme - 3D-ES adressiert dieses Gebiet im Sinne von Technologien und deren Anwendungen

Analgenbasis ist installiert, Teilschritte und Technologien sind Entwicklungen, erste Anwendungen für Sensoren in Vorbereitung, Industrie und Forschungskontakte sind etabliert

Materialien spielen eine entscheidende Rolle

Viele Möglichkeiten für interessante und relevante Forschungen in den nächsten Jahren



Many thanks to the Carl-Zeiss-Foundation for funding: **Programm CZS Transfer 2023: Nachhaltige Materialinnovationen**



—

*Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit –
ich freue mich auf
Ihre Fragen.*

