

Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik

# Technologieentwicklung für Hochtemperatur-Drucksensoren auf Glassubstraten

Philip Knoch

# Kontakt



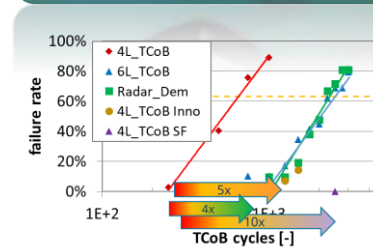
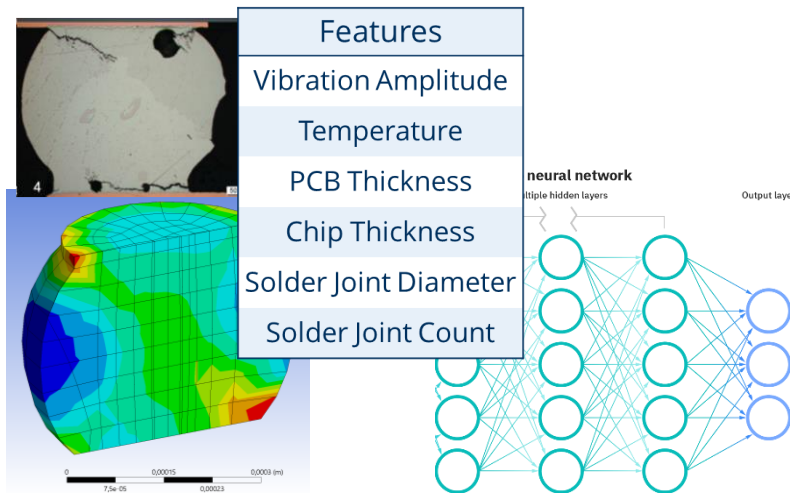
**Philip Knoch**

(0351) 463 43772

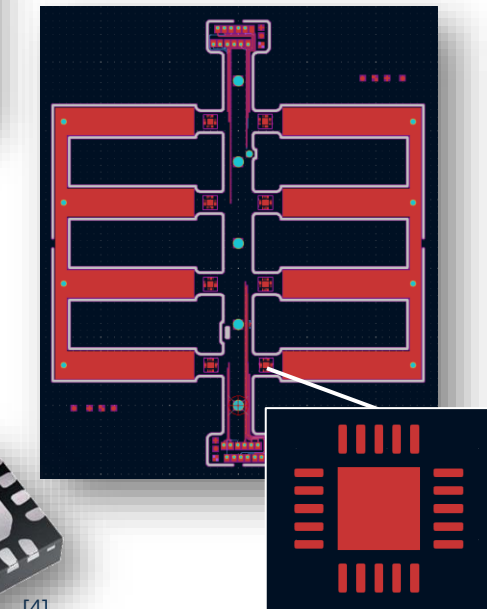
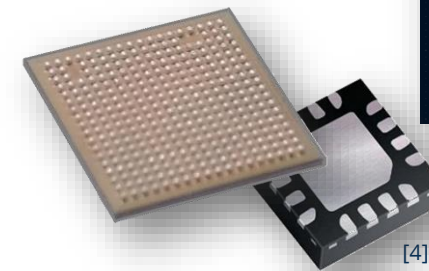
[philip.knoch@tu-dresden.de](mailto:philip.knoch@tu-dresden.de)

# Package/Board Level Reliability

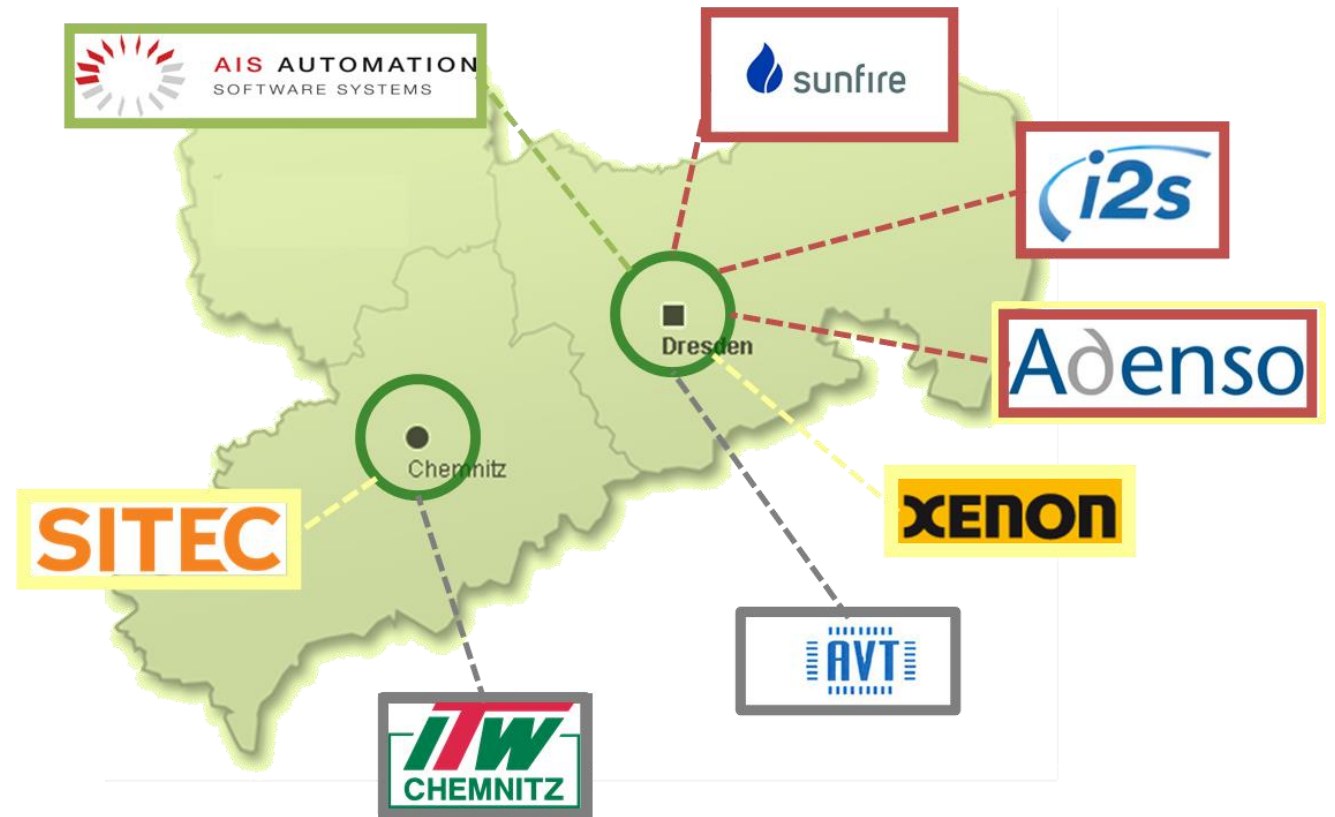
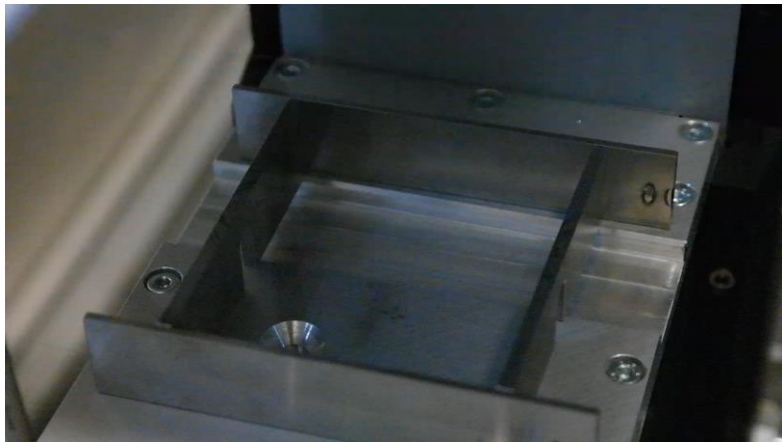
- Prüfung von harmonischen Schwingungen bei erhöhten Temperaturen unter Verwendung einer TC-Kammer in Kombination mit einem Shaker
  - -40 °C oder 125 °C
  - kombinierte Prüfung von TC und Vibration
- Weiterentwicklung des Probekörperdesigns, um die Prüfung verschiedener Komponenten zu ermöglichen, z. B. CSPs, QFN
- Entwicklung und Prüfung für Advanced Packaging



AiP



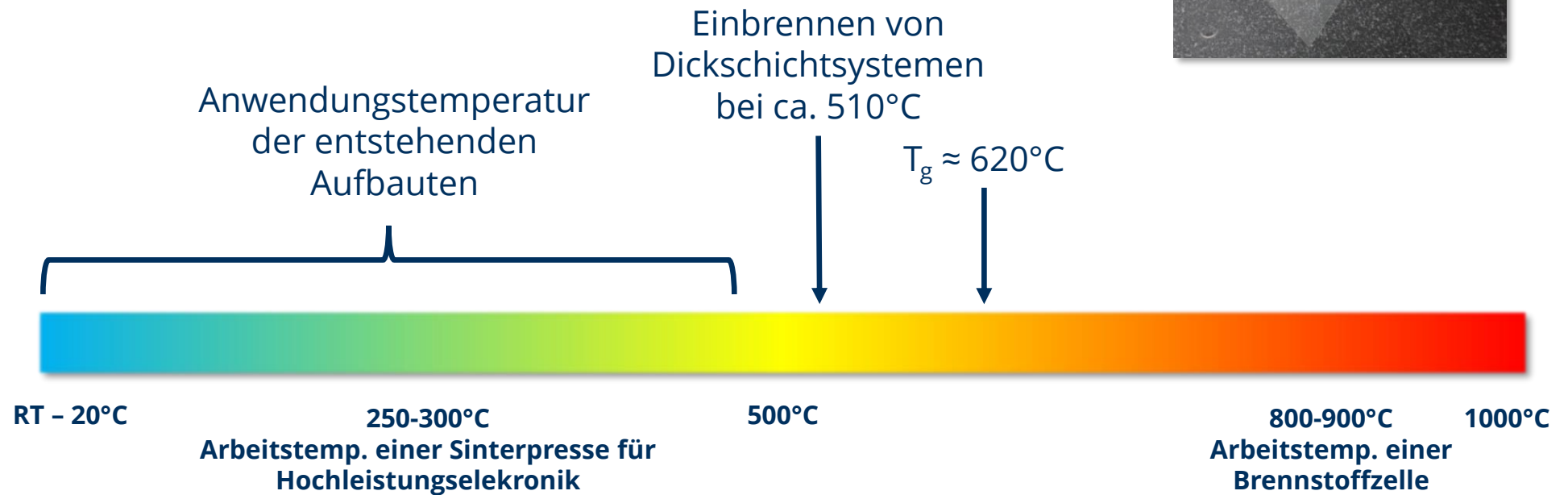
# BMBF – Wachstumskern AllMeSa



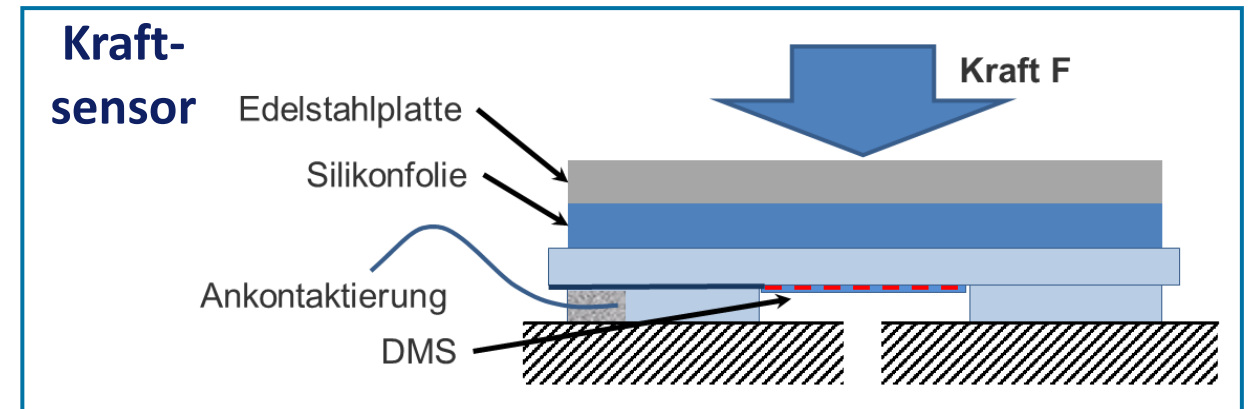
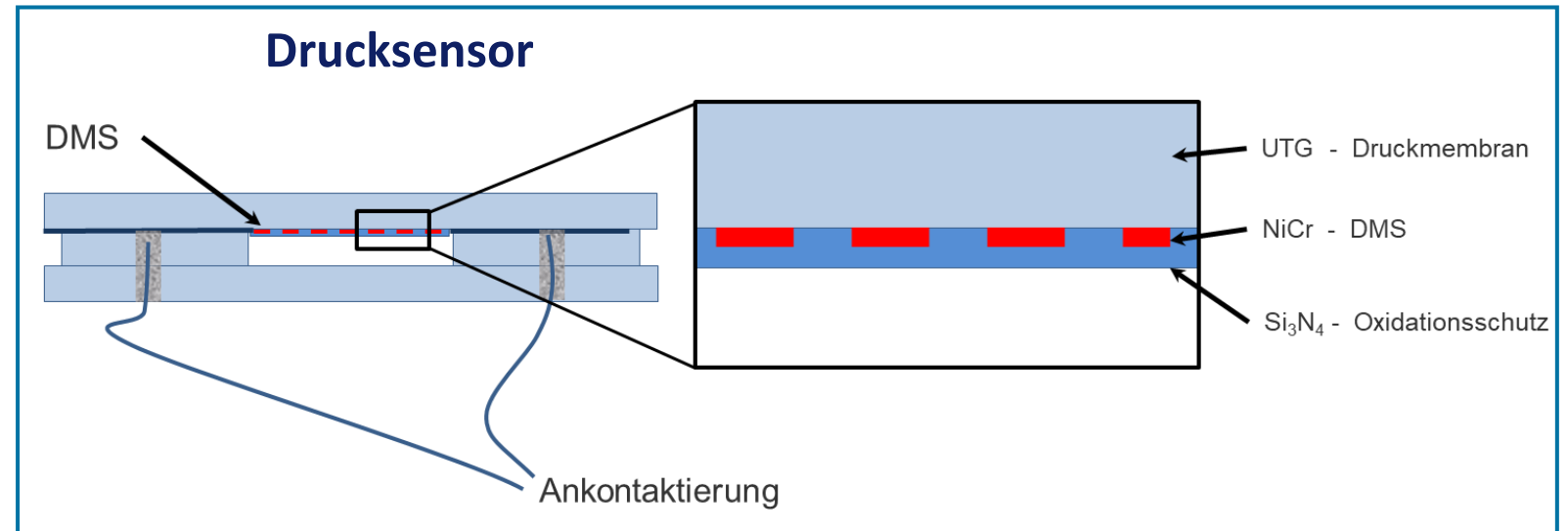
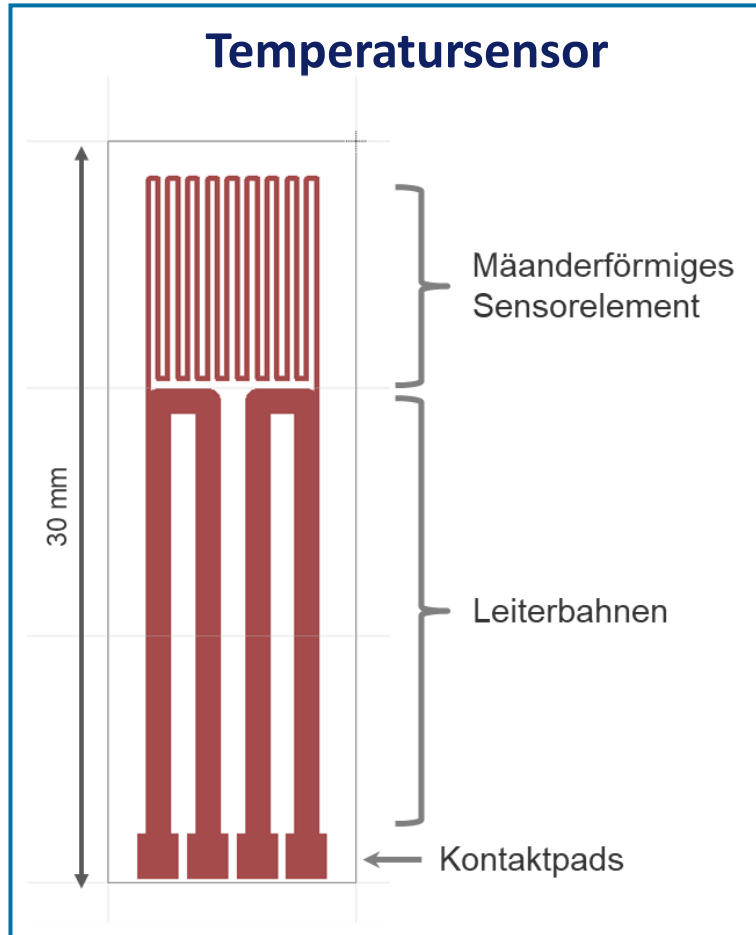
# Glas als Substratmaterial

## Wesentliche Eigenschaften verfügbarer UTGs

- Glasdicken: 30-210  $\mu\text{m}$
- CTE:  $3,8 - 8,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
- Mechanisch flexibel (R2R kompatibel)
- $T_g$ : 550-720°C



# Sensorkonzept

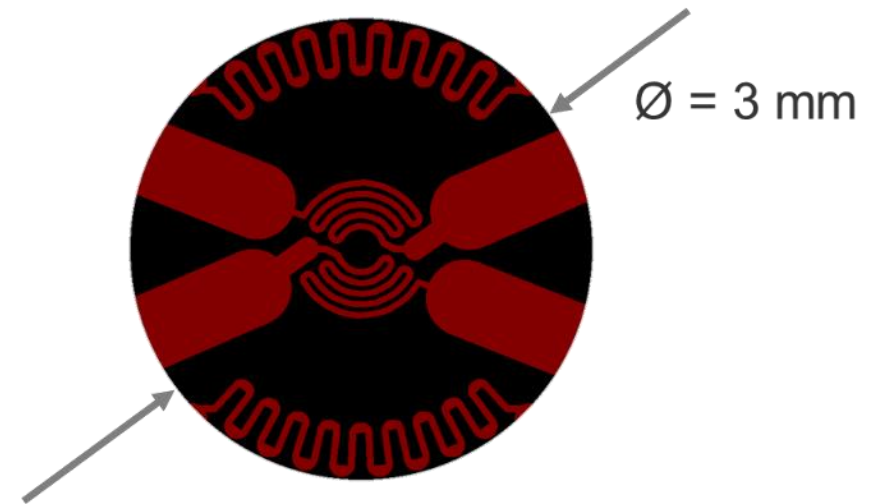
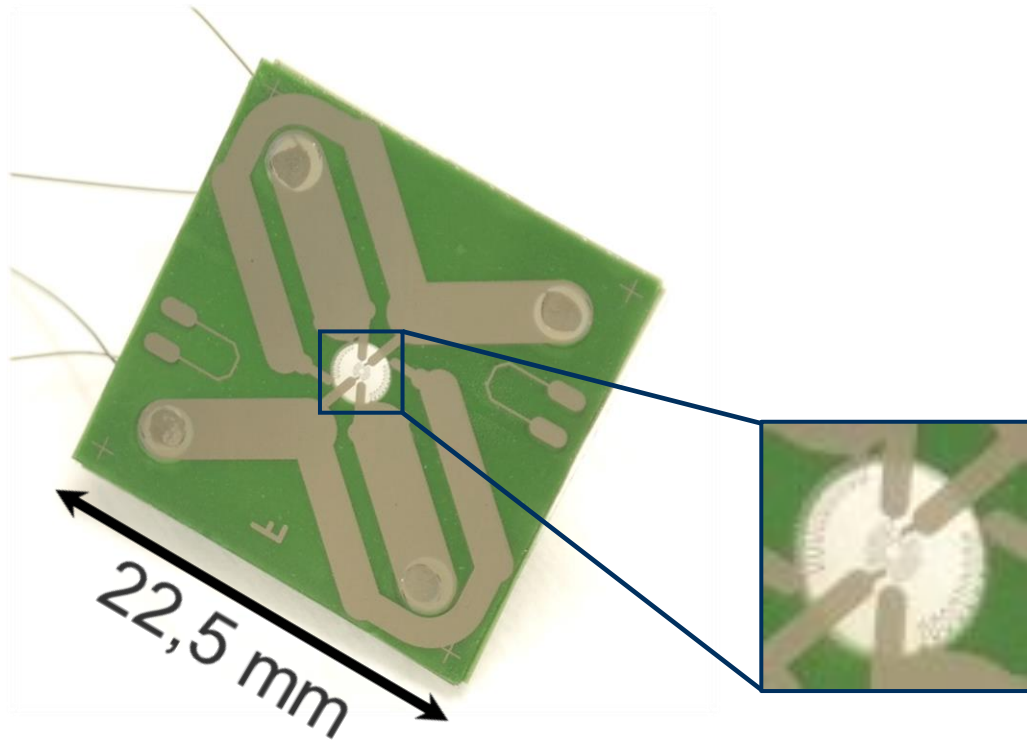




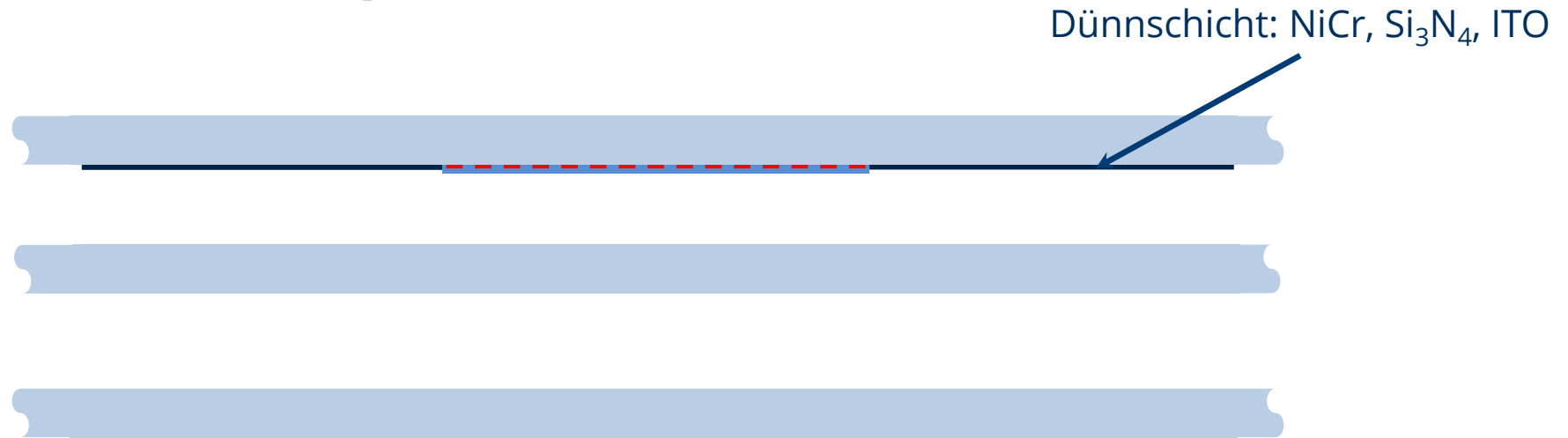
# Sensorkonzept - Drucksensor

## Ziel

→ Aufbau und Test eines Demonstrators in Form eines Drucksensors



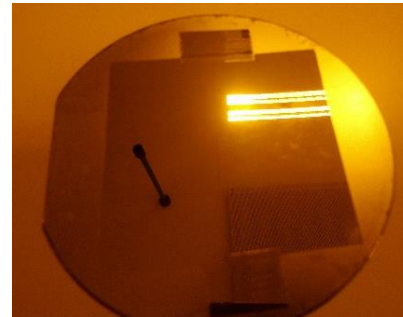
# Umsetzung Sensorkonzept



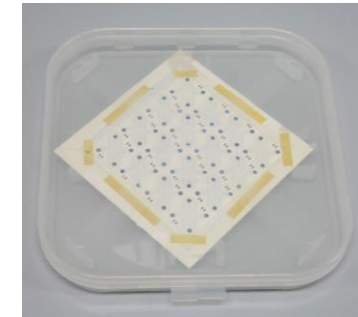
## Arbeitsschritt 1

### ➤ Abscheidung Funktionsschichten

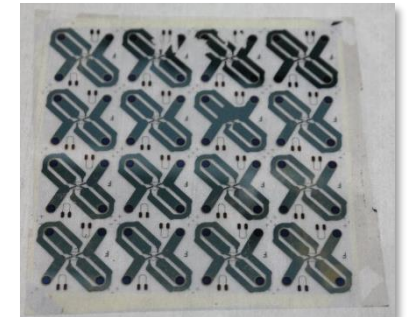
- ✓ NiCr (Liftoff)
- ✓ Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (Liftoff)
- ✓ ITO (Schattenmaske)



NiCr-Abscheidung



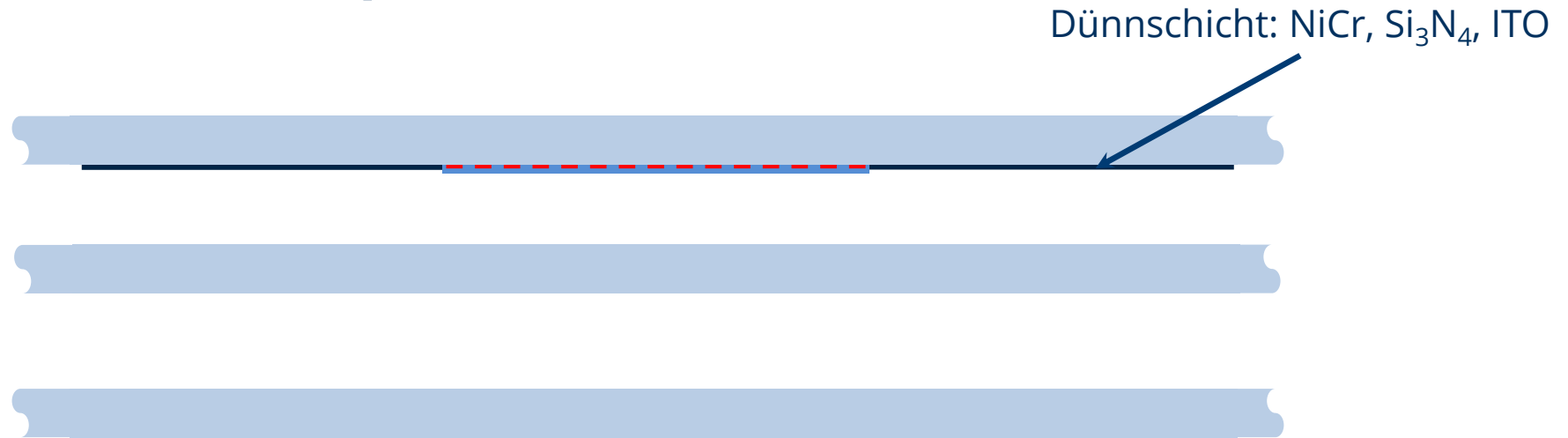
ITO-Abscheidung



NiCr + Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> + ITO



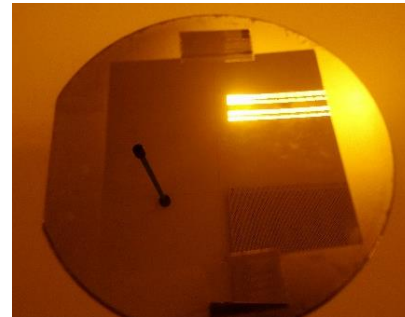
# Umsetzung Sensorkonzept



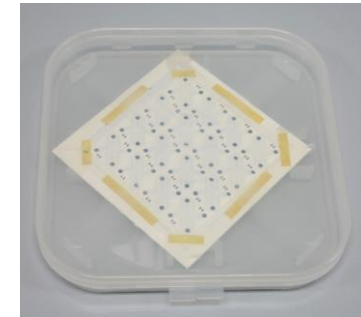
## Arbeitsschritt 1

### ➤ Abscheidung Funktionsschichten

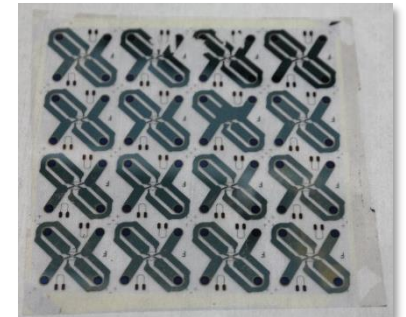
- ✓ NiCr (Liftoff)
- ✓ Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (Liftoff)
- ✓ ITO (Schattenmaske)



**NiCr-Abscheidung**

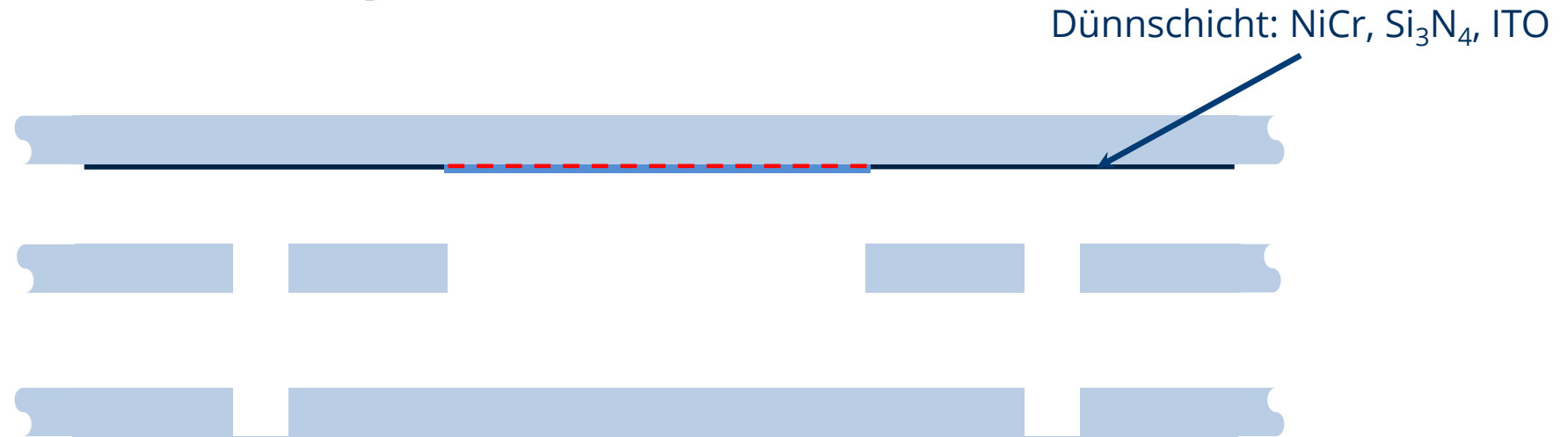


**ITO-Abscheidung**



**NiCr + Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> + ITO**

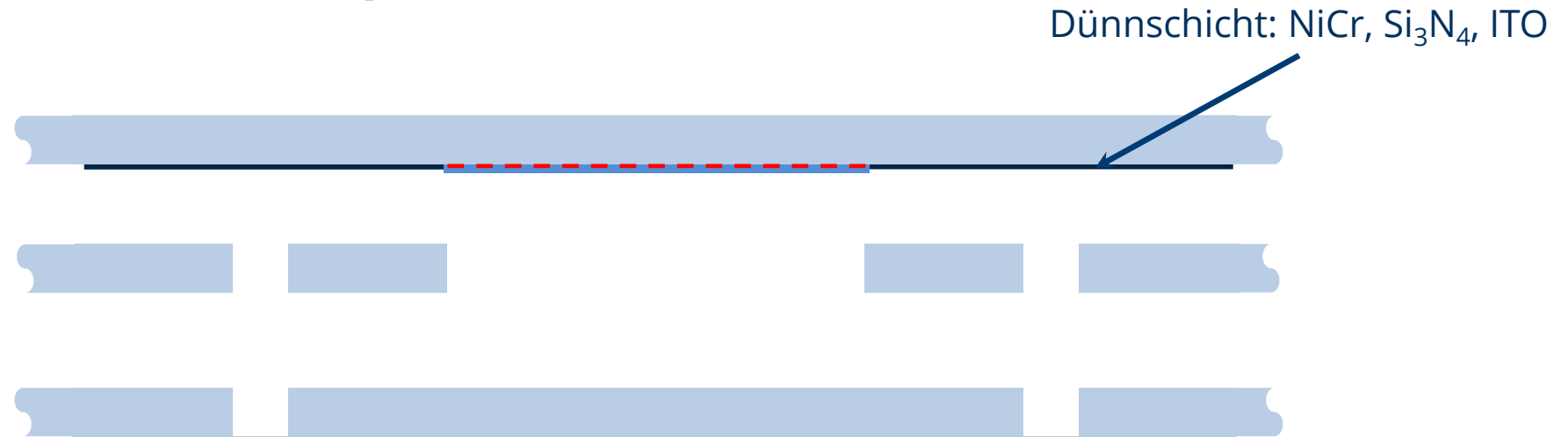
# Umsetzung Sensorkonzept



## Arbeitsschritt 2

- Vorkonfektionierung Gläser  
(Lochherstellung mittels Laser)

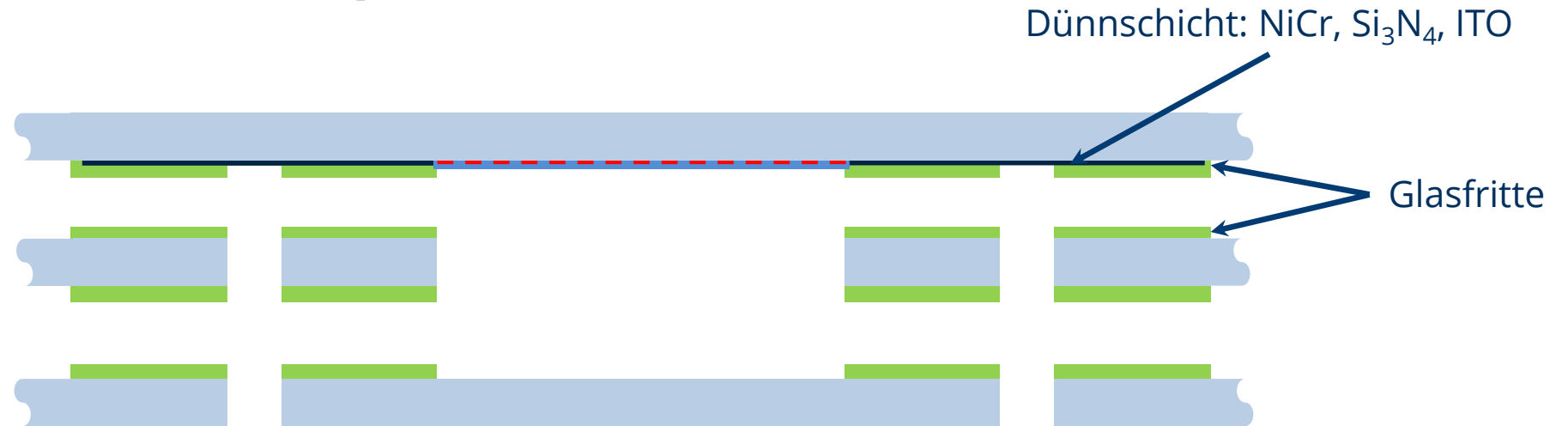
# Umsetzung Sensorkonzept



## Arbeitsschritt 2

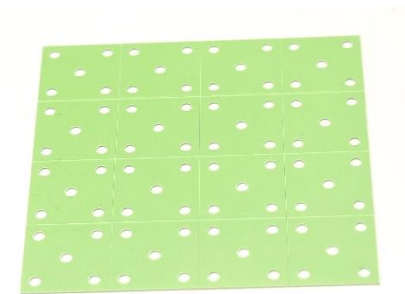
- Vorkonfektionierung Gläser  
(Lochherstellung mittels Laser)

# Umsetzung Sensorkonzept



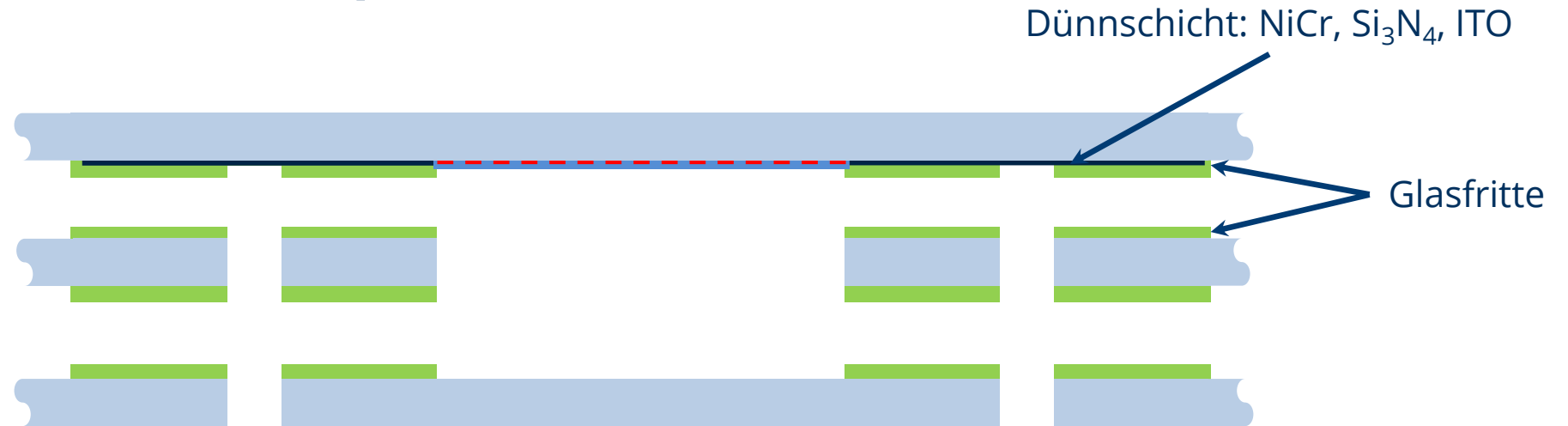
## Arbeitsschritt 3

- Druck von Glasfritte



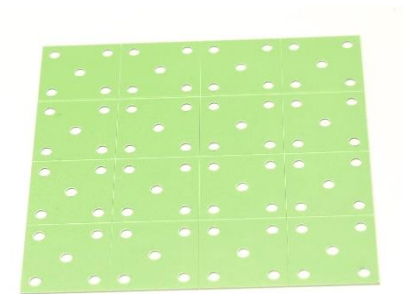
**Substrat mit Glasfritte**

# Umsetzung Sensorkonzept



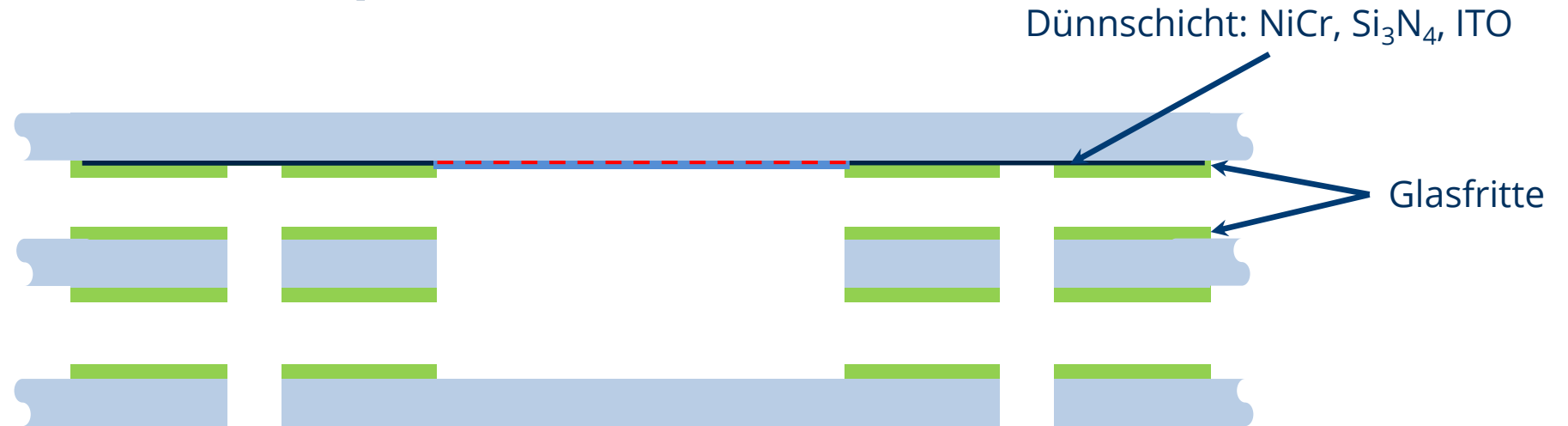
## Arbeitsschritt 3

- Druck von Glasfritte



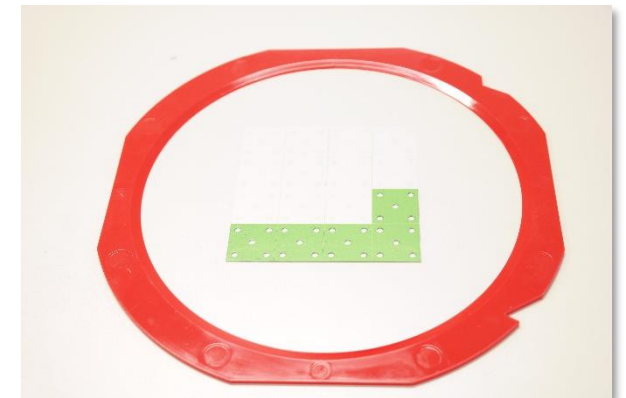
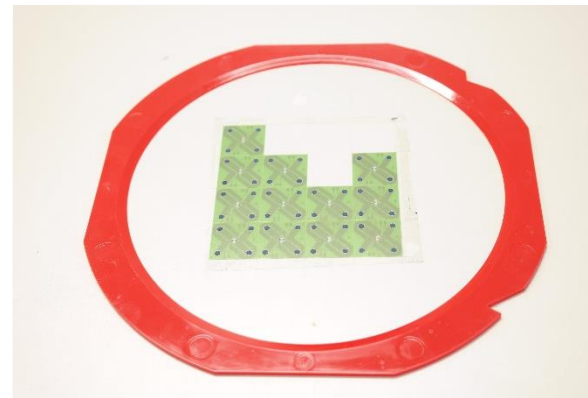
Substrat mit Glasfritte

# Umsetzung Sensorkonzept



## Arbeitsschritt 4

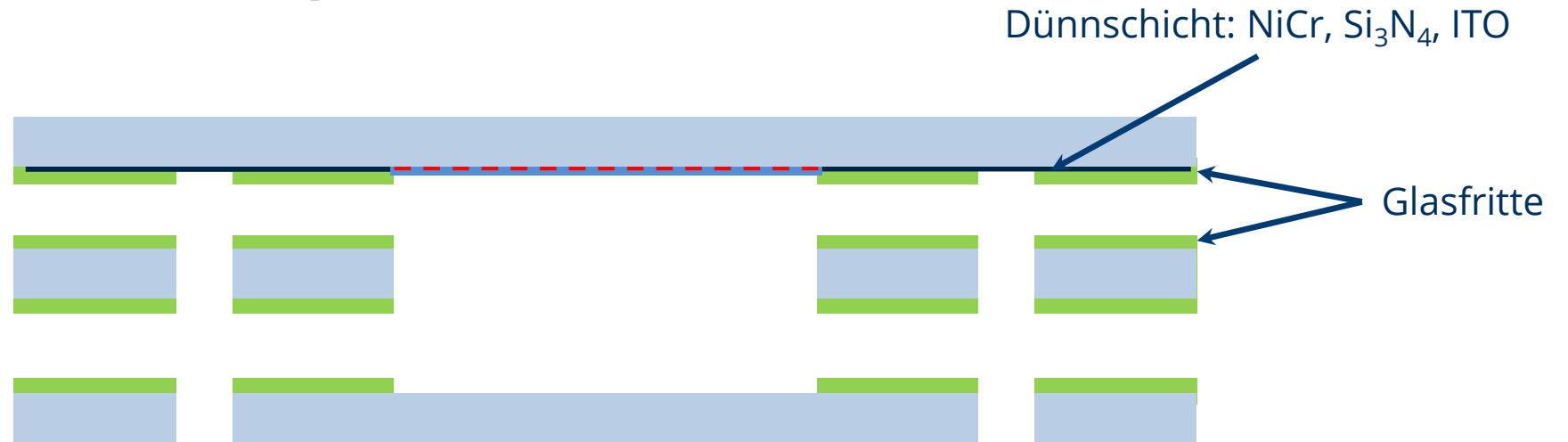
- Konfektionierung auf Zielgröße



**Konfektioniert Substrate in Sägerahmen**

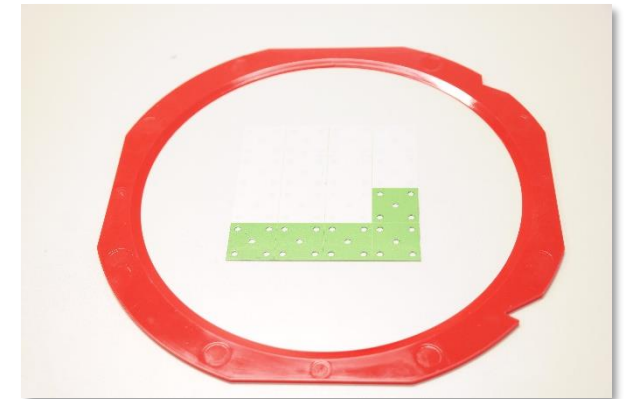
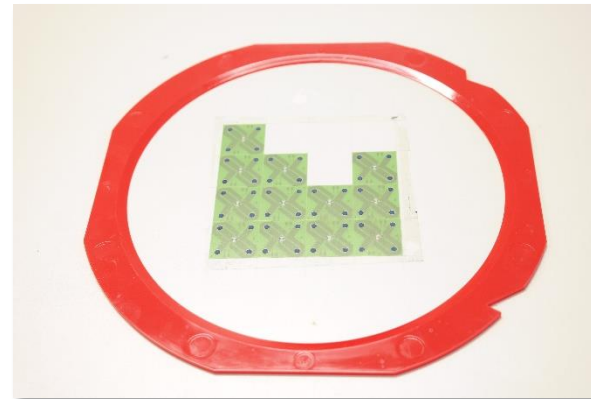


# Umsetzung Sensorkonzept



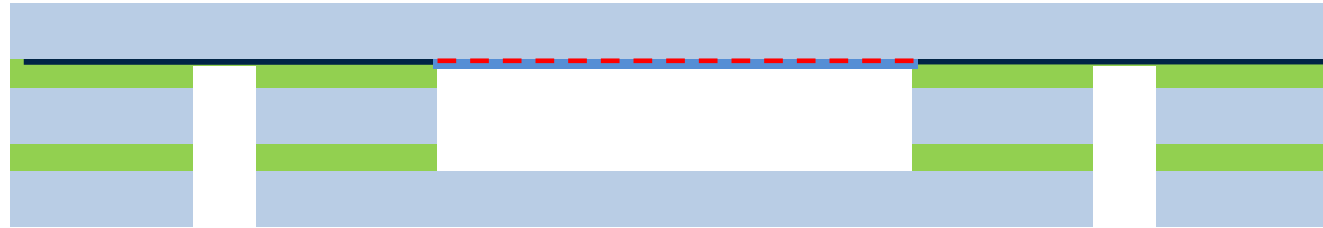
## Arbeitsschritt 4

- Konfektionierung auf Zielgröße



**Konfektioniert Substrate in Sägerahmen**

# Umsetzung Sensorkonzept

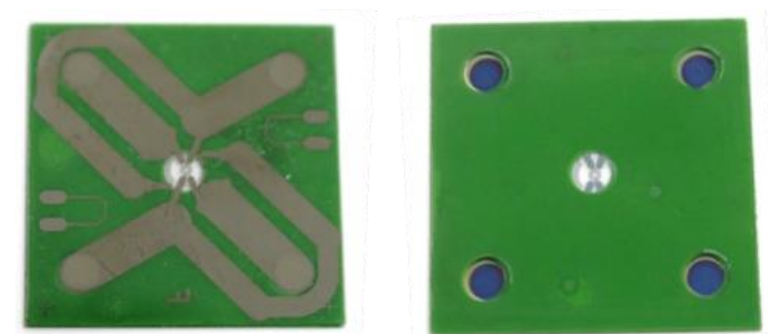


## Arbeitsschritt 5

- Fügen der Substrate

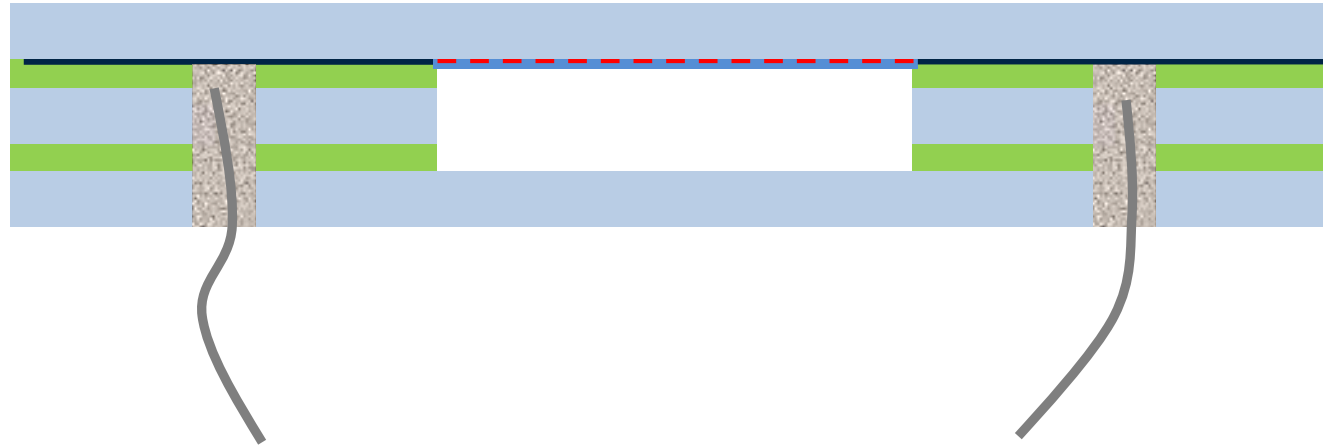


**NiCr + Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> + ITO**



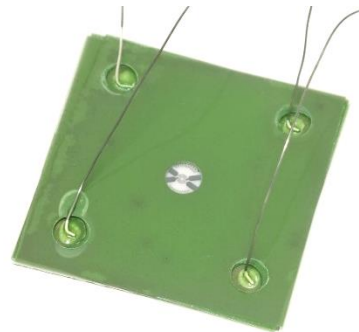
**Gefügte Substrate**

# Umsetzung Sensorkonzept

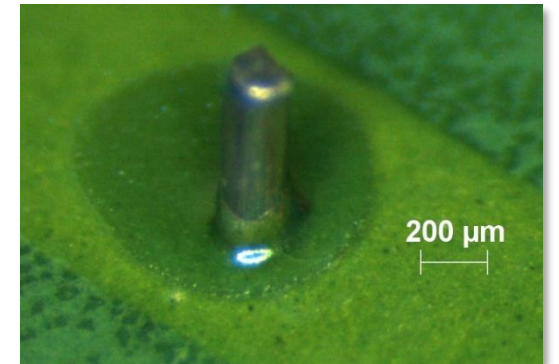


## Arbeitsschritt 6

- Elektrische Kontaktierung



Kontaktierung an Pad



Kontaktierung in Via

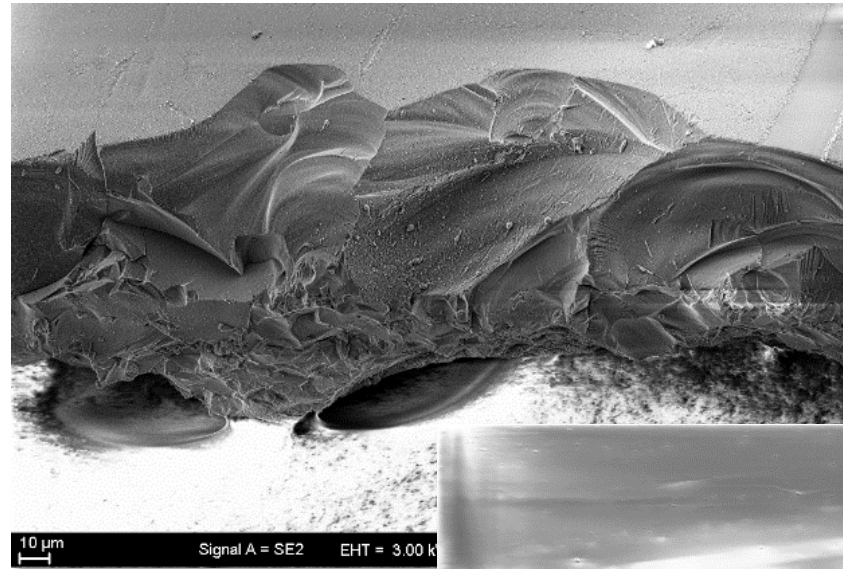
# Bearbeitung von UTG

## Ziele

- Erreichen von rissfreien Kanten

## Bearbeitung von UTG

- Ritzen + Brechen
- Mechanisch Spannen + Brechen
- Wafersäge
- Laserbearbeitung
  - Laservorbehandlung + Ätzen (©LPKF)
  - Schneiden mittels Femtosekundenlaser
  - Schneiden mittels Nanosekundenlaser



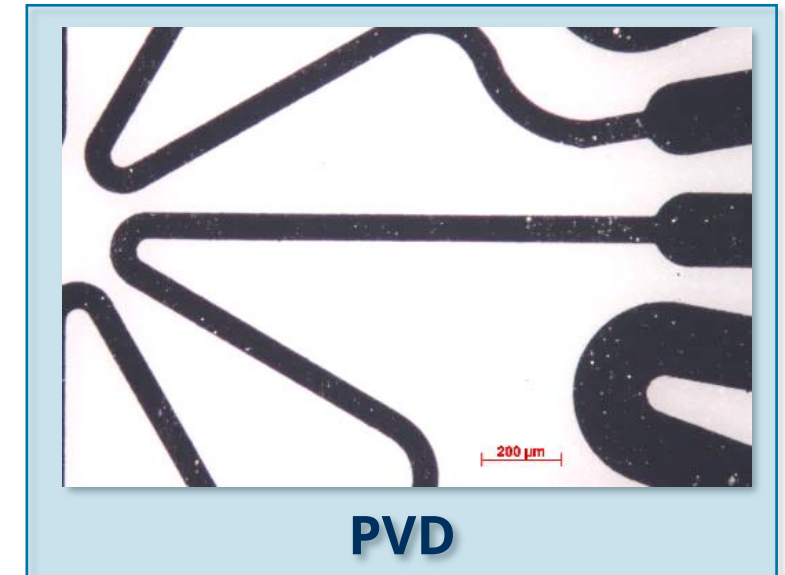
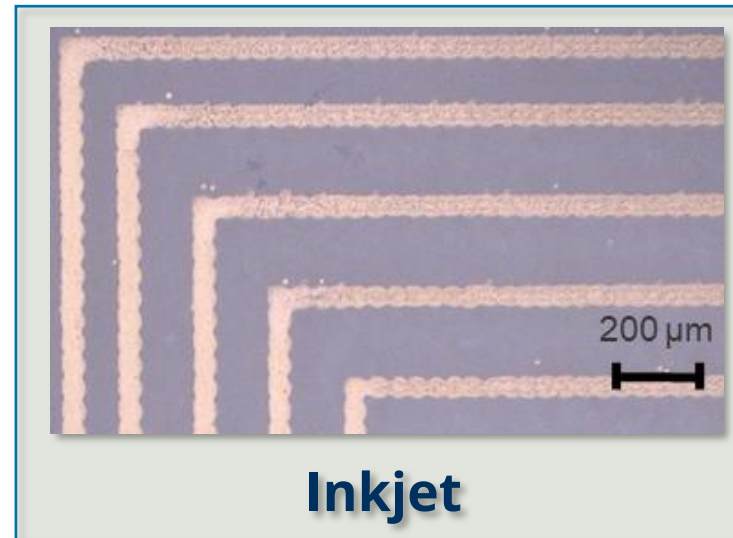
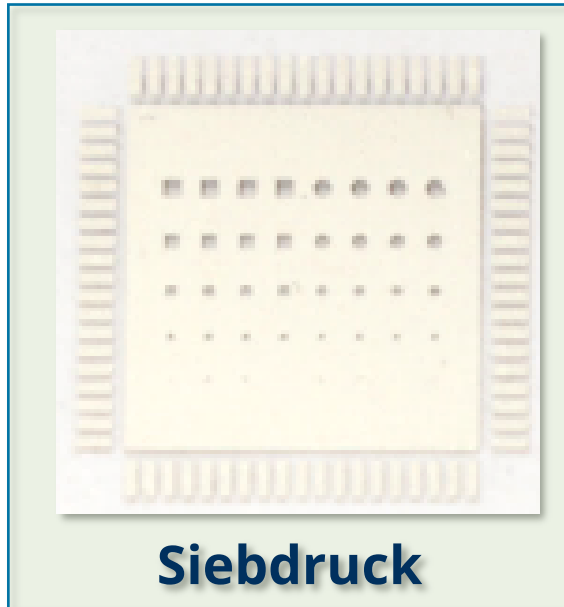
**Bild 1**  
„grober“ Laserschnitt



**Bild 2** „freier“ Glasbruch

# Schichtabscheidung auf UTG

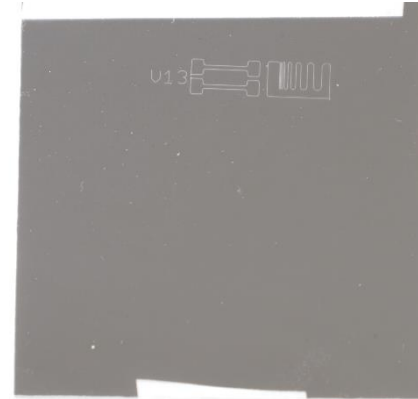
## Herstellung funktioneller Strukturen – potentiell geeignete Technologien:



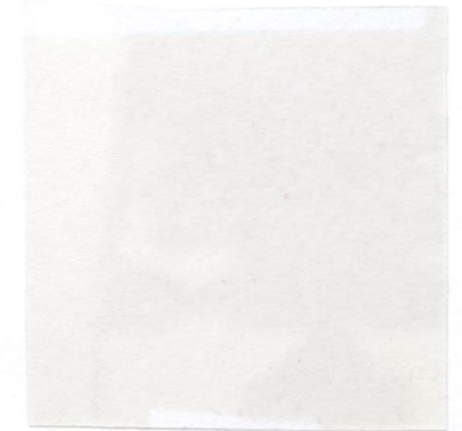
# Schichtabscheidung auf UTG – Dünnschichttechnik

## Herausforderung:

- Beständigkeit der abgeschiedenen Schichten



Auslagerung für  
>100h  
bei 450°C  
unter Atmosphäre





# Schichtabscheidung auf UTG – Dünnschichttechnik

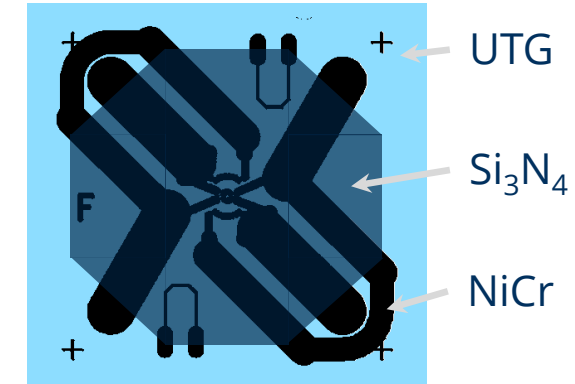
## Herausforderung:

- Beständigkeit der abgeschiedenen Schichten

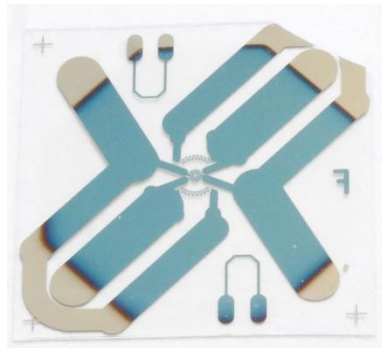
## Lösung

- Nutzung von  $\text{Si}_3\text{N}_4$  als Schutzschicht

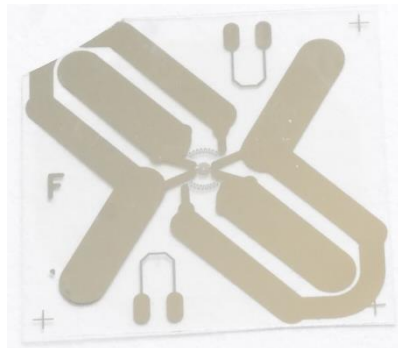
Probenaufbau



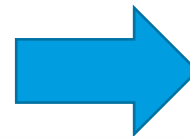
Oberseite



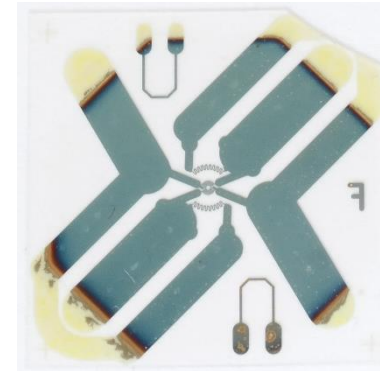
Rückseite



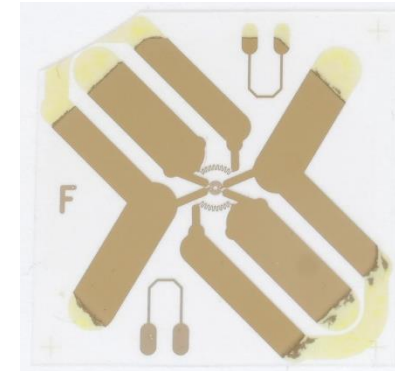
>100h @ 450°C  
unter Atmosphäre



Oberseite



Rückseite



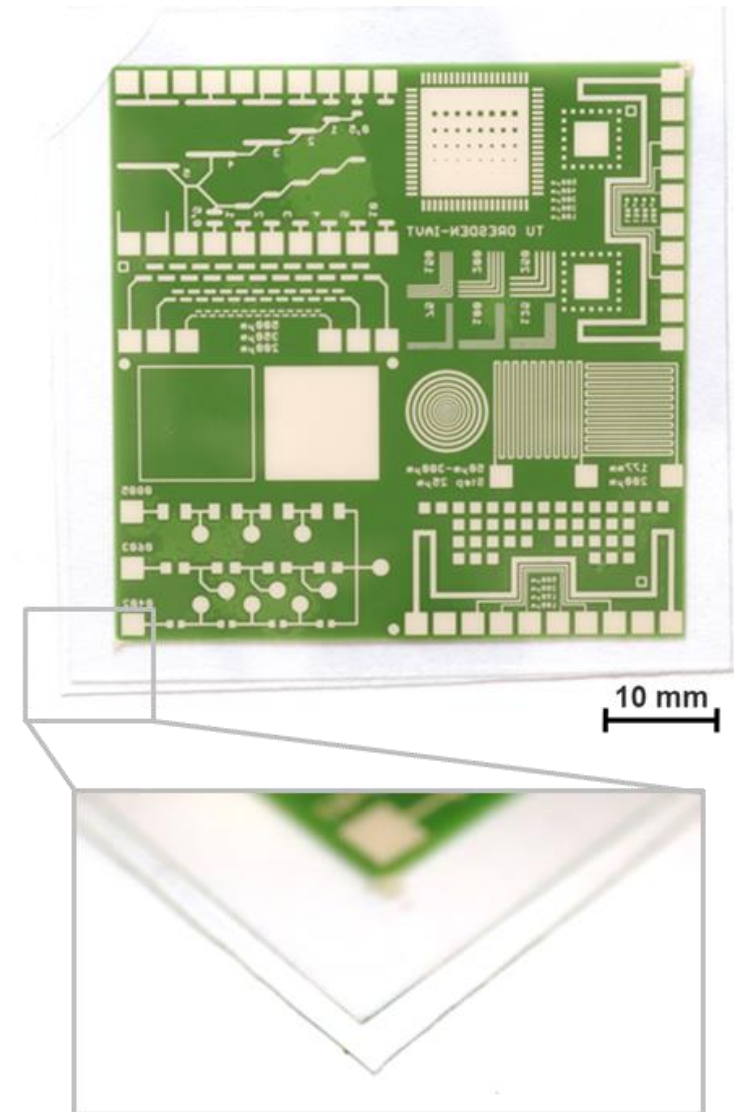
# Fügen von UTG

## Fügeprozess:

- Dickschichtpaste Heraeus IP9025ST
- Parameter:
  - Anpressdruck: 0,03 MPa
  - Temperatur: 560°C
  - Sinterzeit: 10 min

## Verbindungseigenschaften:

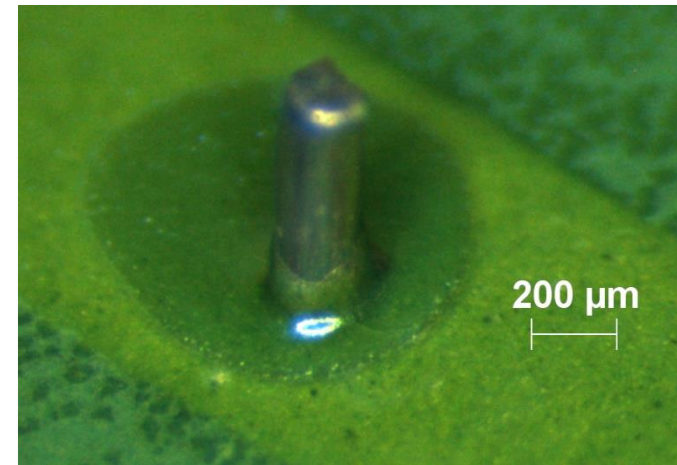
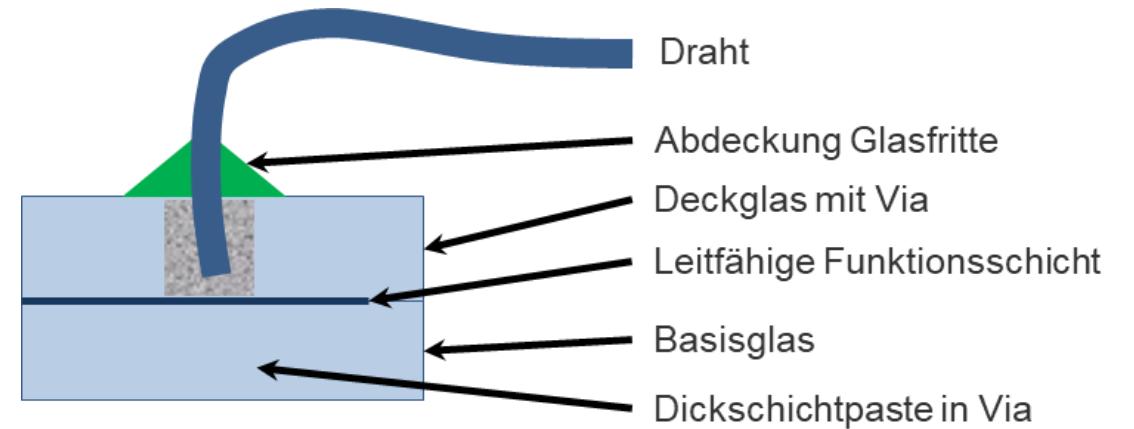
- Schichtdicke ca. 28  $\mu\text{m}$
- Sehr gute Haftung an der Glasoberfläche



# Elektrische Kontaktierung

## Methode

- Dickschichtintern von Drähten
- Silberpaste und nach Bedarf Abdeckung mit Glasfritte



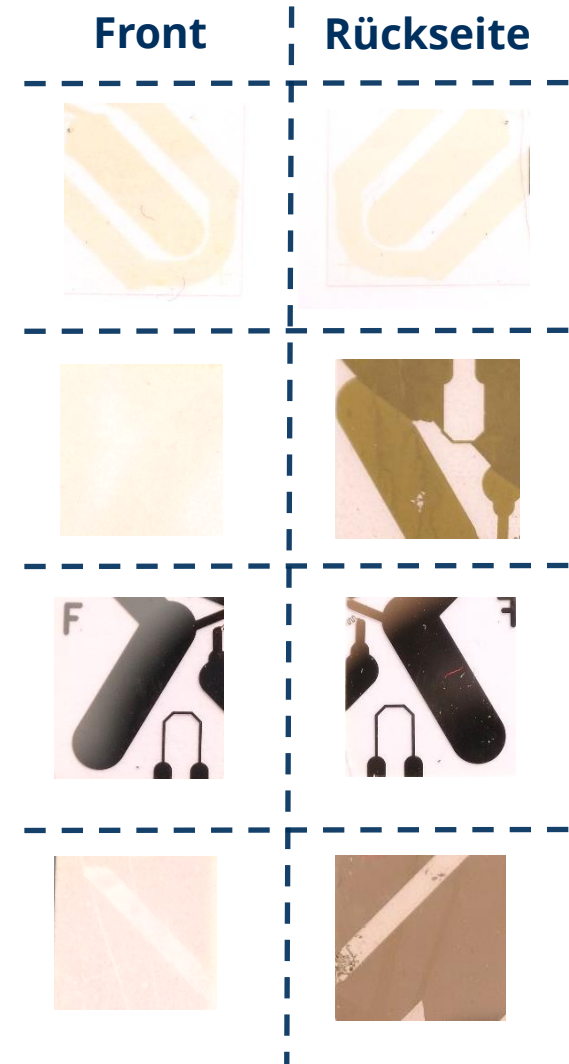
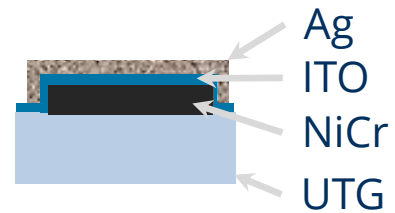
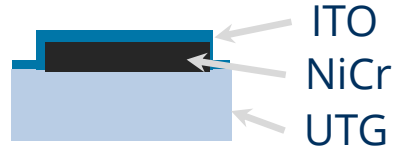
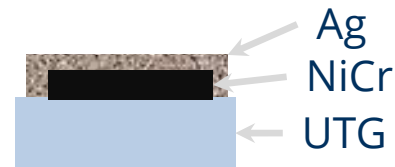
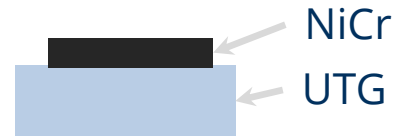
# Elektrisch leitfähige Schutzschicht

## Herausforderung:

- Beobachtung von intensiven Wechselwirkungen von Dickschichtsilber auf NiCr (70nm dick)

## Lösung

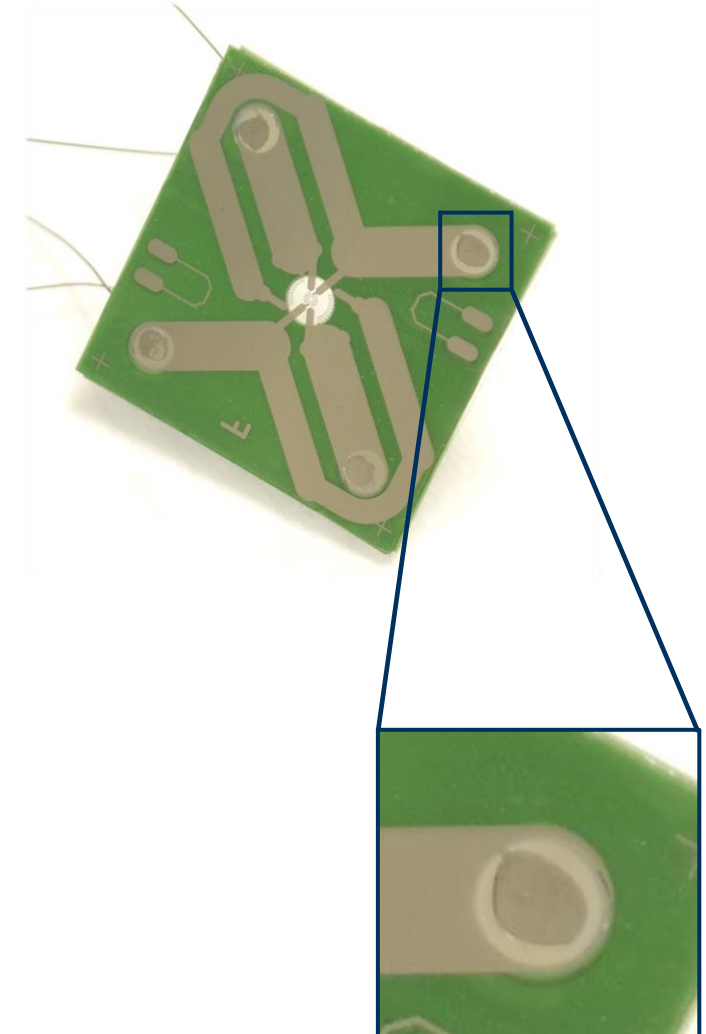
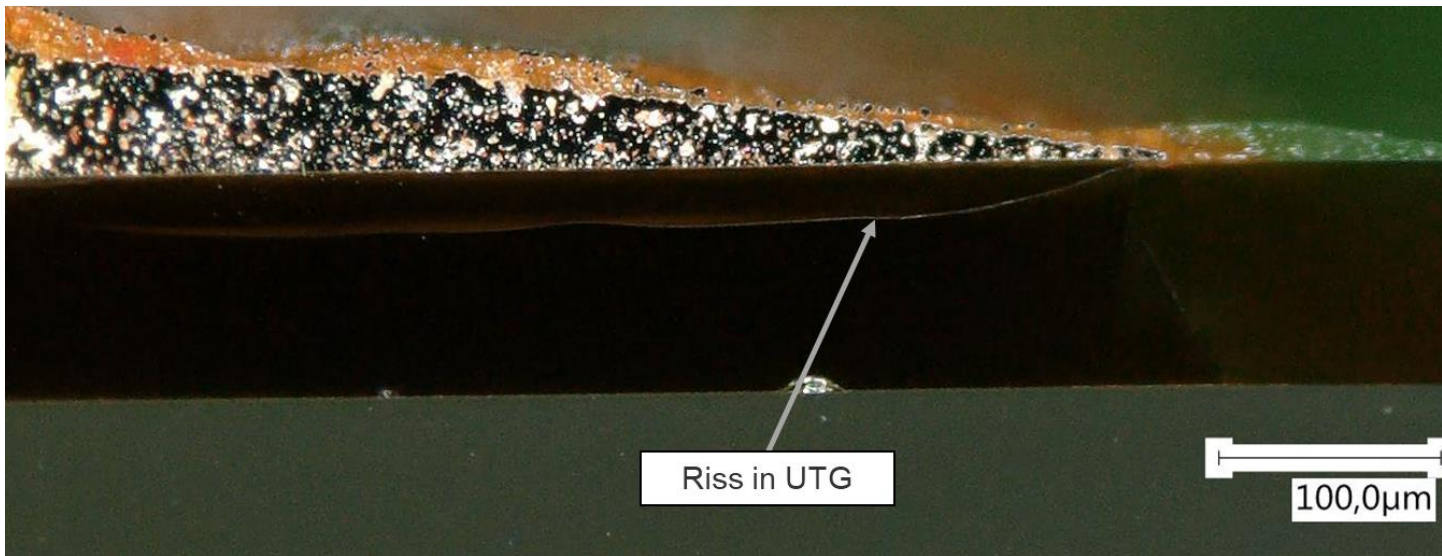
- Nutzung von Indiumzinnoxid (ITO) als Schutzschicht



# Elektrische Kontaktierung

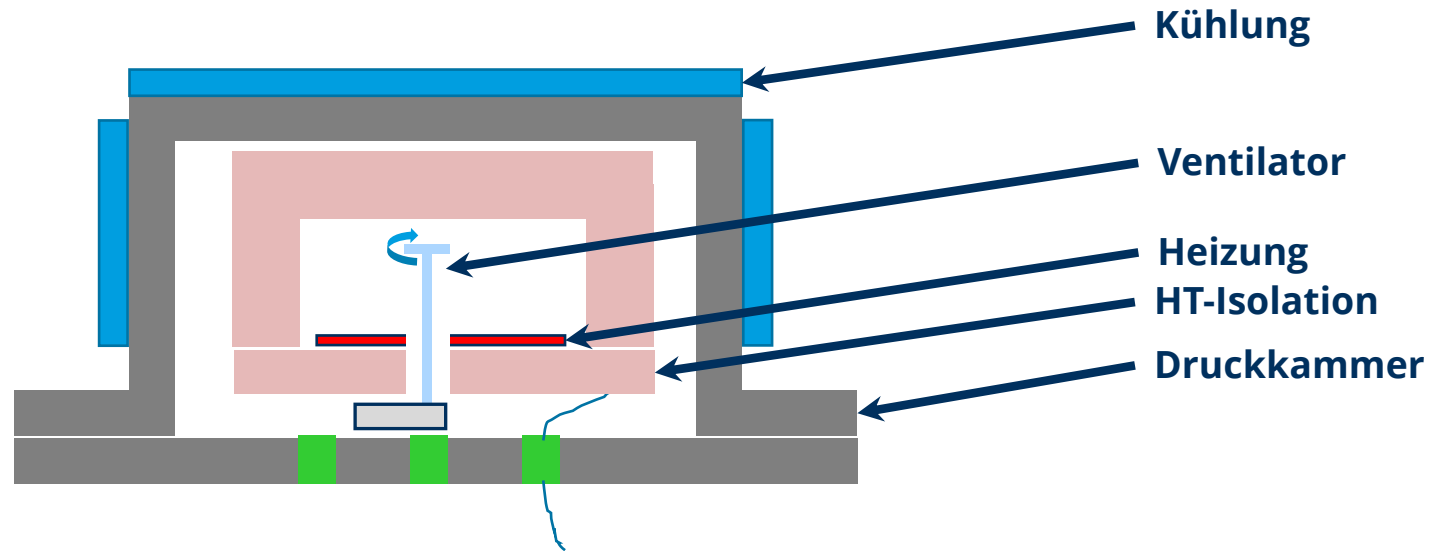
## Bestehende Herausforderungen

- CTE-Mismatch führt zu Rissen im Glas
- Schützende Layer werden aufgebrochen
  - Schädigung der NiCr-Schicht





# Unter- und Überdruckkammer mit Muffelofen



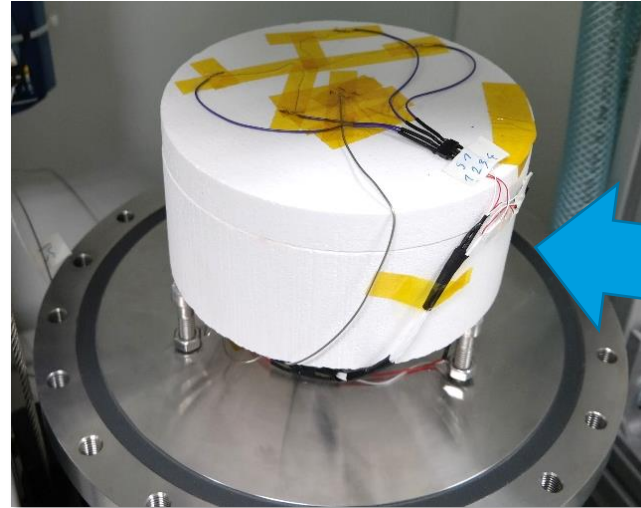
## Anlagenspezifikation

- Druckbereich: 0,05 – 9 bar (absolut)
- Max. Temperatur: 450°C
- Gase: CA, N<sub>2</sub>
- Druckeinstellung: manuell
- Druckmessung: digital





# Unter- und Überdruckkammer mit Muffelofen



# Versuche DMS-Sensoren

## Kurzzeitversuch

### Herstellung

- Aufbau: Siehe Konzept
- Sensordicke: 390µm

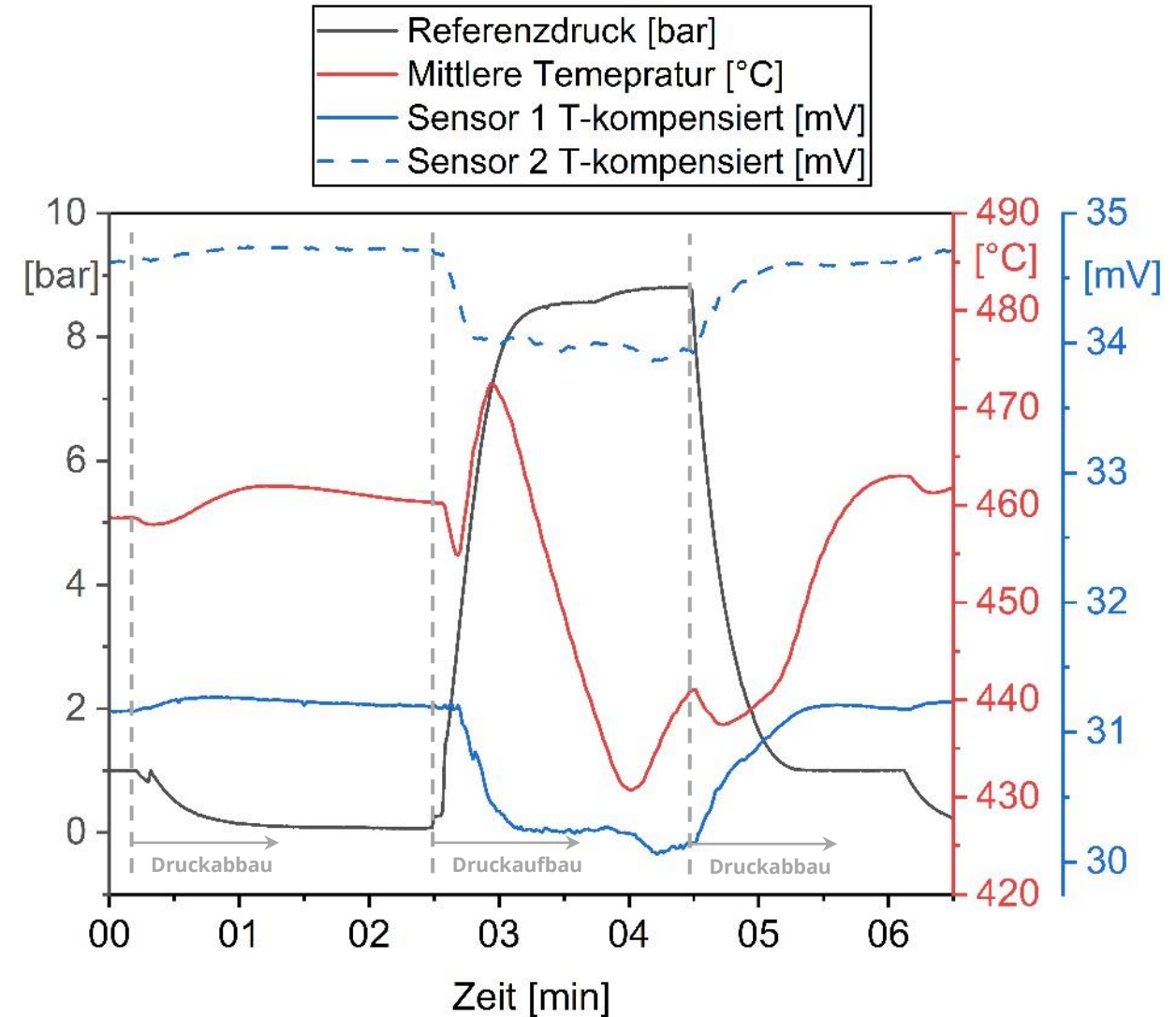


### Ziele der Versuche

- Überprüfung der Funktionalität des Sensors
- Untersuchung Sensorantwort bei Druckbeaufschlagung
- Charakterisierung Temperaturverhalten

### Ergebnisse

- ✓ Funktion bei bis zu 450°C gegeben
- ✓ Druckbereich: 0,06 – 9 bar (absolut)



# Versuche an UTG-basierten Sensoren

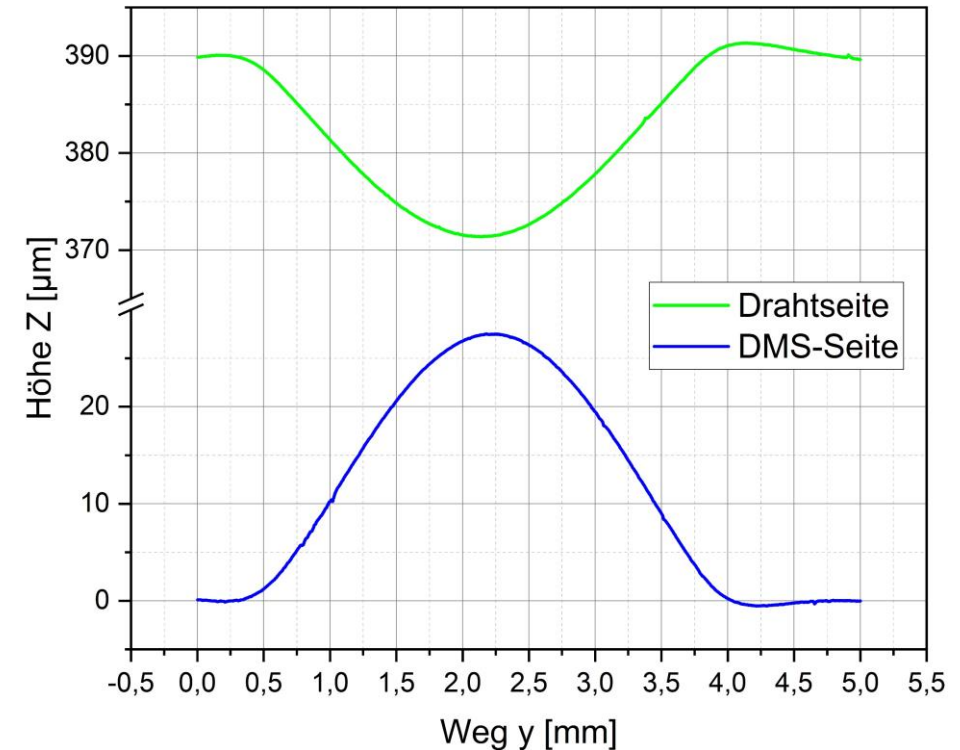
## Langzeitversuch

### Versuchsdurchführung

- Versuchsdauer: 5 Tage
- Temperatur: 450°C
- Absolutdruck: 8,5 bar

### Beobachtung

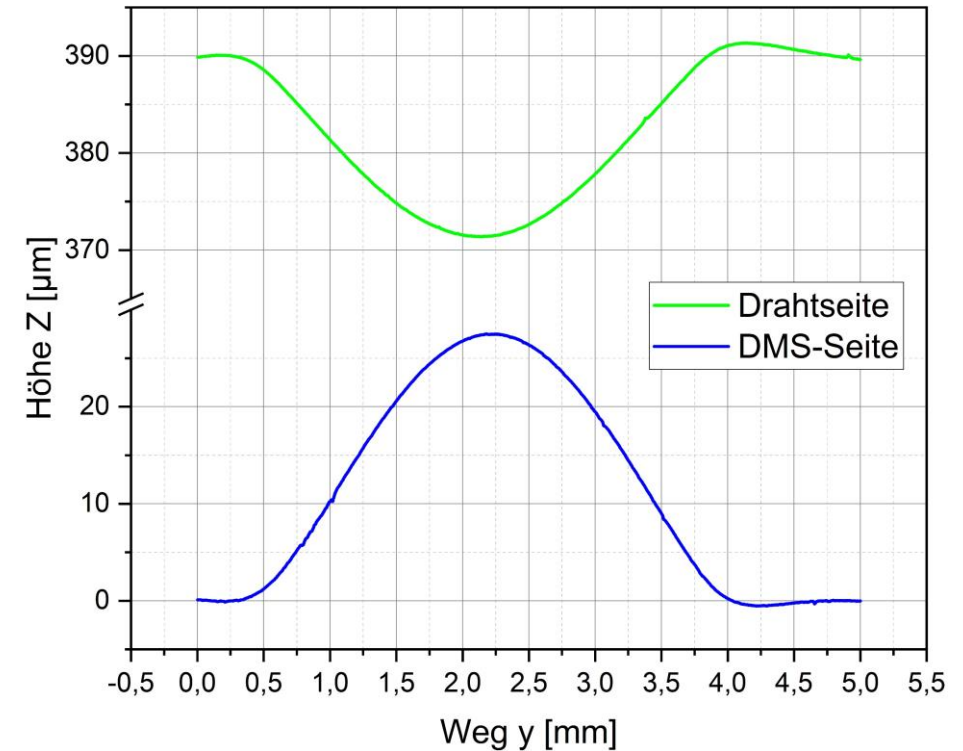
- DMS dauerhaft funktionell
- Plastische Verformung um bis zu 27,5  $\mu\text{m}$



# Versuche an UTG-basierten Sensoren

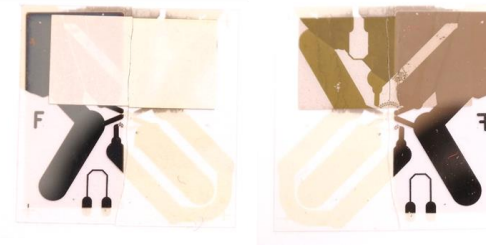
## Langzeitversuch

Parameter Auslagerung	t [d]	5	7	7
	p [bar]	8,5	8,5	8,5
	T [°C]	450	350	250
Anzahl vermessener Membranen		2	6	4
Plastische Verformung [μm]	Min	18,7	6	1,5
	Max	27,5	11,3	4,7
	Mittel	<b>23,1</b>	<b>7,8</b>	<b>3,1</b>

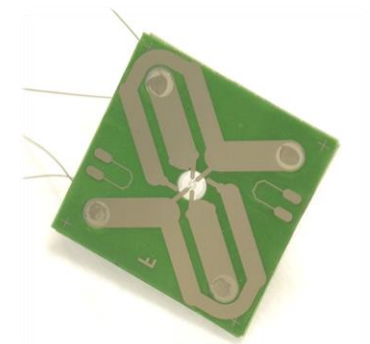
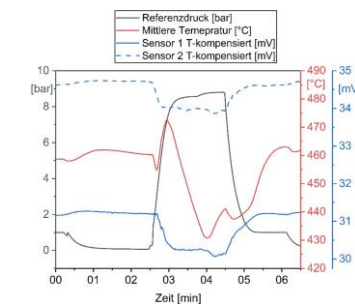
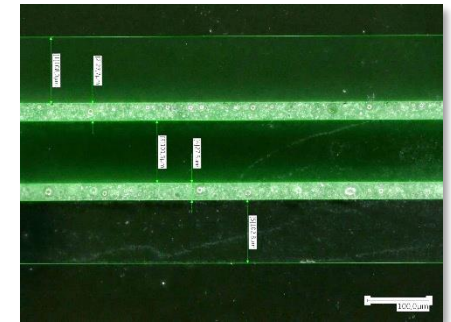




# Zusammenfassung

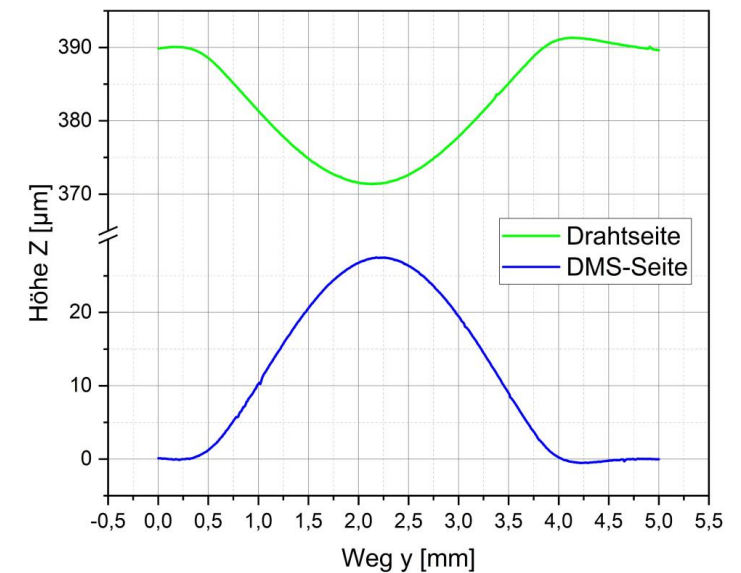
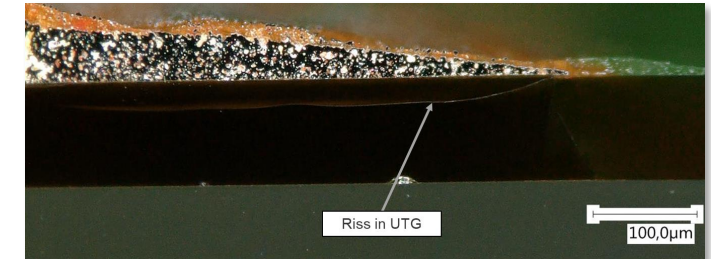


- ✓ Umsetzung hochtemperaturfähiger Dünn- und Dickschichtsysteme auf UTG
- ✓ Umsetzung hochtemperaturfähiger Hybridtechnik zur el. Kontaktierung auf UTG
- ✓ Herstellung geeigneter Fügeverbindungen
- ✓ Umsetzung und Test von DMS-basierten Sensoren

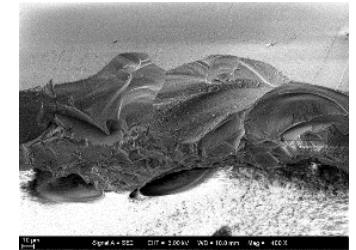
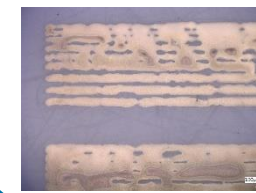
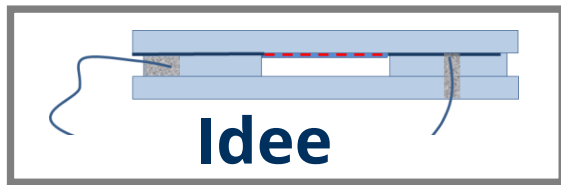


# Ausblick

- Reduzierung CTE-Mismatch zwischen UTG und Dickschicht
- Steigerung maximal möglichen Applikationstemperatur
- Untersuchung weiterer Sensorkonzepte  
Beispielsweise Sensor für Druckänderung







# Vielen Dank für ihr Aufmerksamkeit

