
ENTWICKLUNG ANWENDUNGSSPEZIFISCHER ULTRASCHALLSENSOREN FÜR DIE MATERIALDIAGNOSTIK

Dr. Thomas Herzog



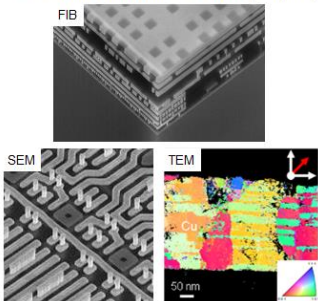
**Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme –
Institutsteil Material Diagnostik, IKTS-MD**

63. Treffen des Sächsischen Arbeitskreises Elektronik-Technologie

Materialdiagnostik am IKTS-MD

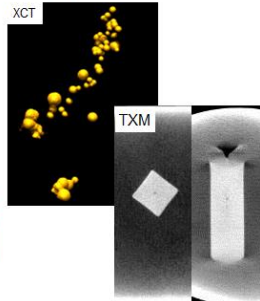
High-Resolution electron and ion microscopy

- Transmission Electron Microscopy
- Scanning Electron Microscopy (SEM)
- Focused Ion Beam technique (FIB)



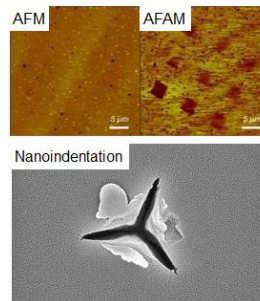
High-Resolution X-ray Techniques

- Nano Transmission X-Ray Microscopy (TXM)
- Nano X-Ray Tomography (XCT)



Highly-Resolved Mechanical Properties

- Nanoindentation
- Atomic Force (Acoustic) Microscopy (AFAM / AFM)



New Technologies: Nano Sensors in Cancer Diagnosis

Objectives

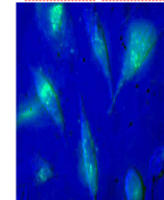
- Development of a system for fast biopsy »*Point-of-Care-Pathology*« in prostate cancer diagnosis
- Application of *nanodiamond particles* for medical diagnosis and therapy

Results

- Prototype based on time resolved *Fluorescence Spectroscopy*, applied in clinical tests for contactless determination of the dignity of the tissue (normal/Tumor)
- Application of biologically activated *nanodiamond particle (BaNDiT)* to mark cancer cells and address cell organelles at very low cell toxicity



Measurement of time resolved fluorescence

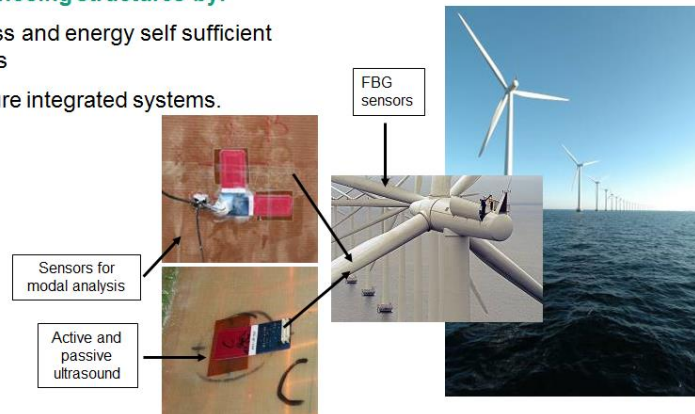


Fluorescent nanodiamonds mark cancer cells.

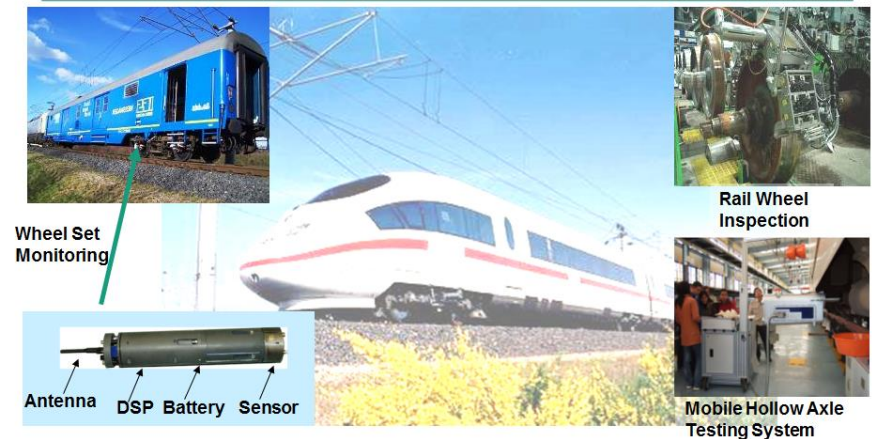
Environmental and Energy Technologies SHM for Wind Energy

Self diagnosing structures by:

- Wireless and energy self sufficient sensors
- Structure integrated systems.

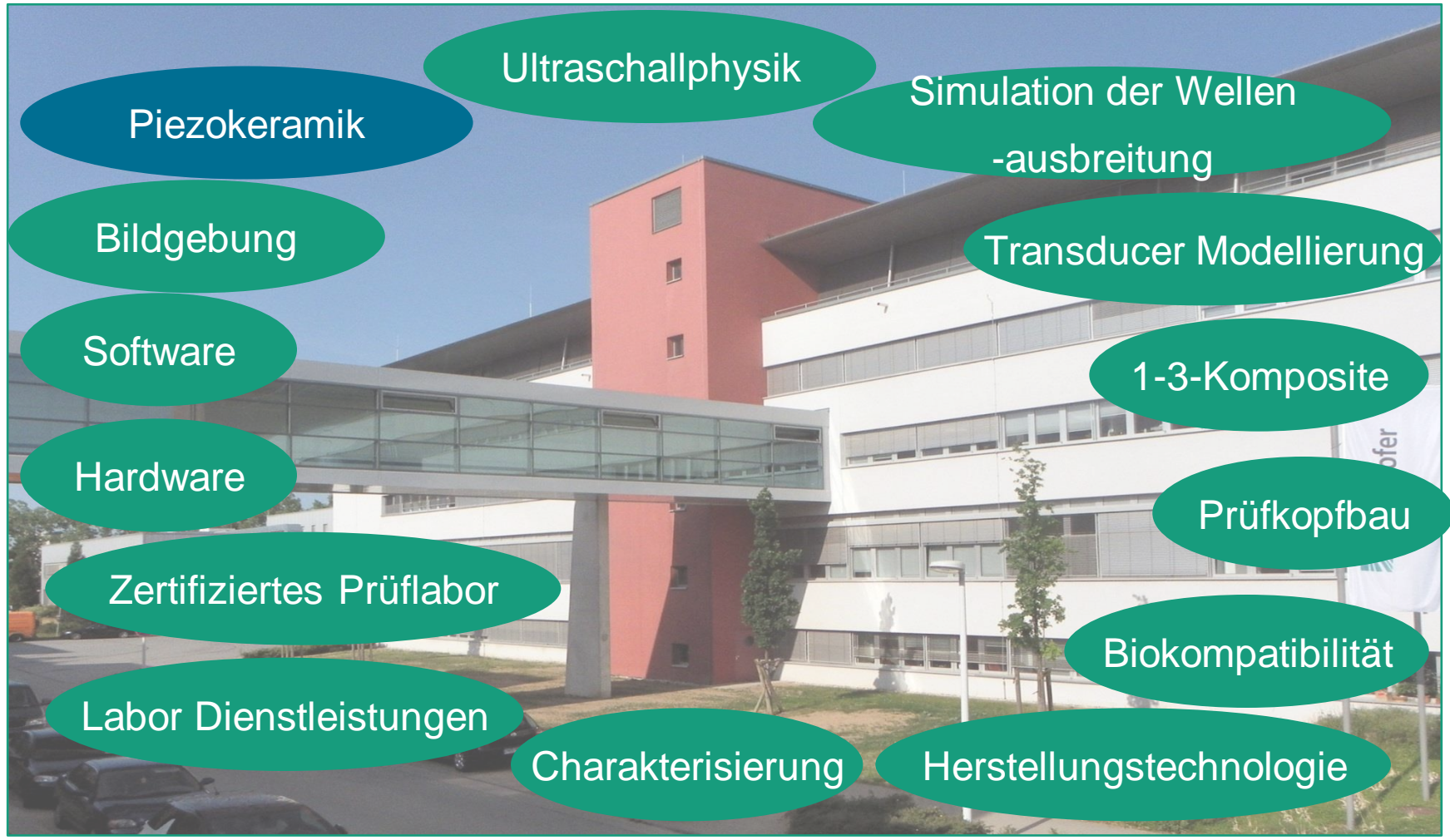


Applied Electronics: Railroad



Seit 01.01.2014 IZFP-D -> IKTS-MD

Ultraschallsensoren -von der Piezokeramik bis zum zertifizierten Sensorsystem

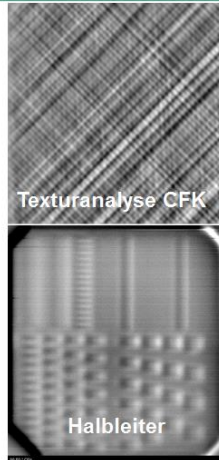
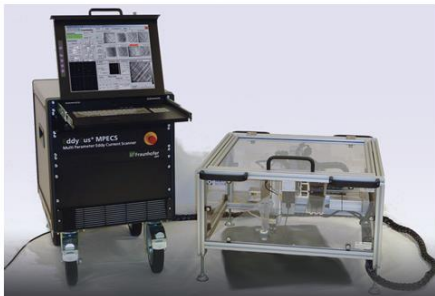


Überblick

Abteilung Sensoren & Sensorsysteme

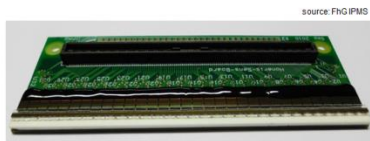
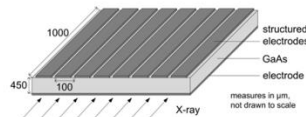
Abbildende Hochfrequenz Wirbelstromverfahren bis 100 MHz zur Prüfung gering leitfähiger Objekte und Strukturen

- Messelektronik
- Sensoren
- Laborsoftware
- Scanner
- Applikationen



Direktkonvertierende, zählende Röntgendetektoren

- direct converting X-ray line detector based on GaAs
- 100 μm pixel size \times 1024 pixel per sensor module
→ 102.4 mm module length
- fast, read out being free of dead time via gigabit-ethernet
- 32 channels on a die (100 μm pitch)
- 2 Mcps per channel
- 2 analogue thresholds → energy sensitivity
- 20 bit counting width per threshold
- serial bus interface → cascable

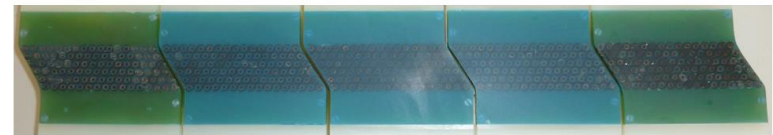


source: FHG IPMS

Entwicklung von HF Wirbelstrom Sensoren

Inline-Integration von Hochauflösenden Wirbelstromsensoren

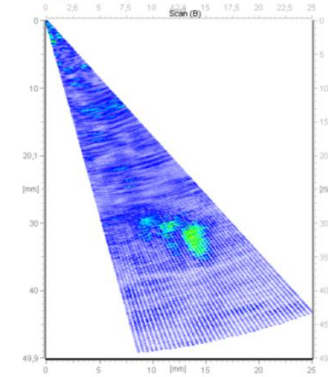
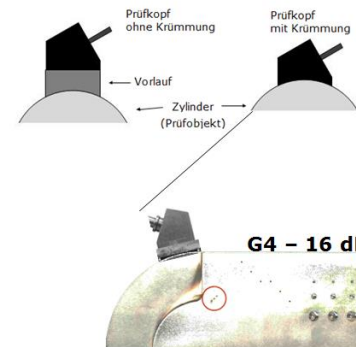
- Absolut und HT Sensoren bis 100 MHz
- Array Sensoren bis ~35 MHz
- Fehlpixelfrei reihbare Sensormodule
(je Modul 5,5 cm Spurbreite mit 98 Spulen)
- 800 μm Pitch in Bewegungsrichtung



Technologie für gekrümmte Ultraschallsensoren

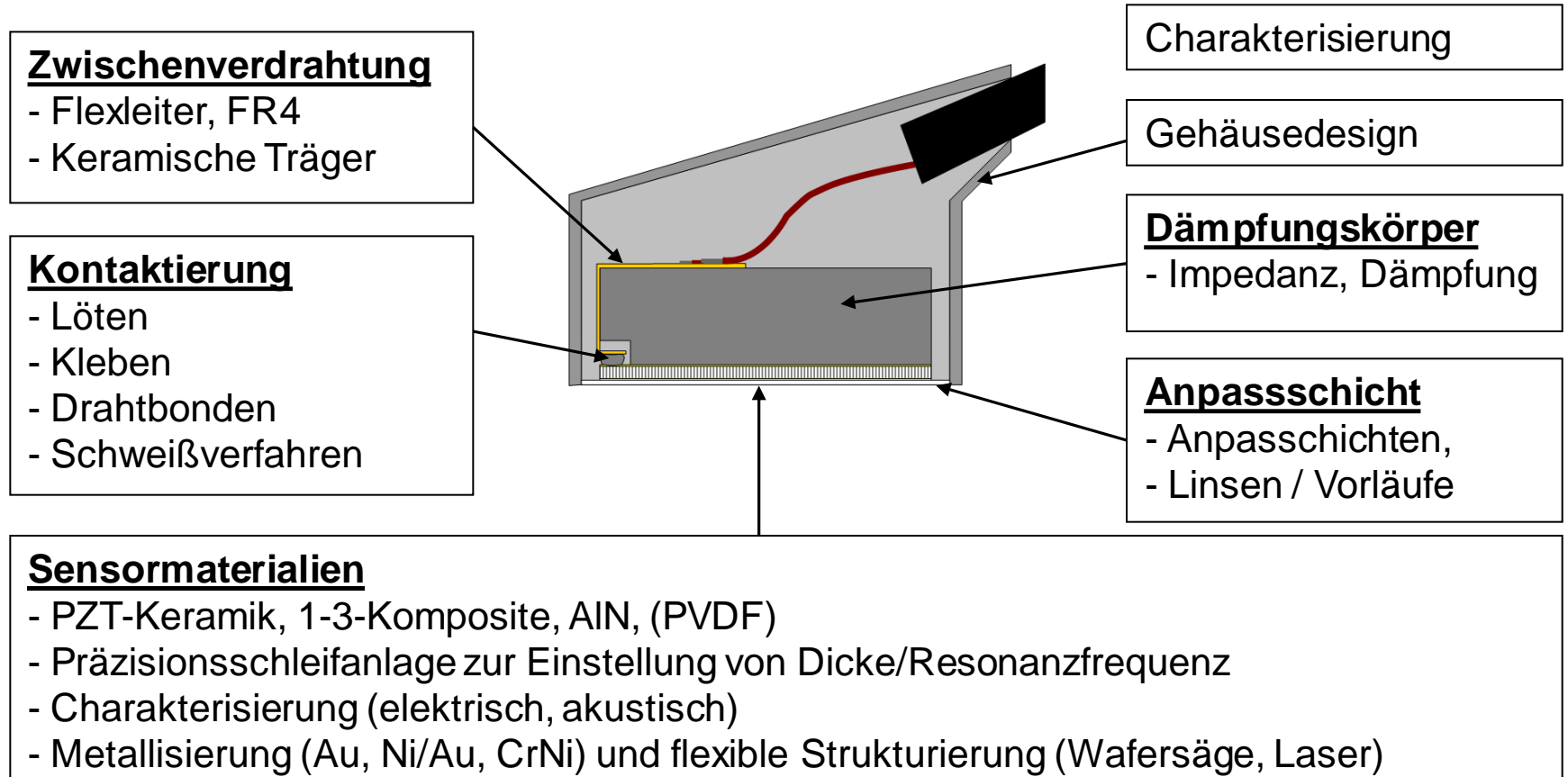
Anpassung an konkave und konvexe Geometrien

5 MHz, 100 mm PZT Radius (PAUT)



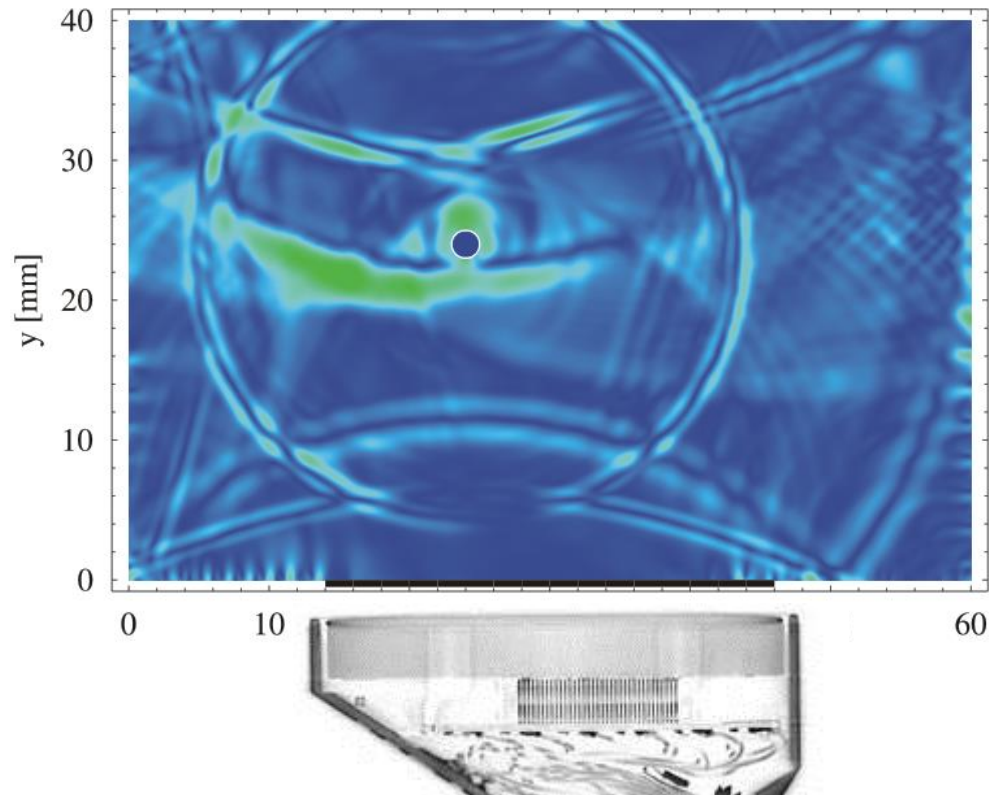
Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik

- Aufbauschema Ultraschallprüfkopf



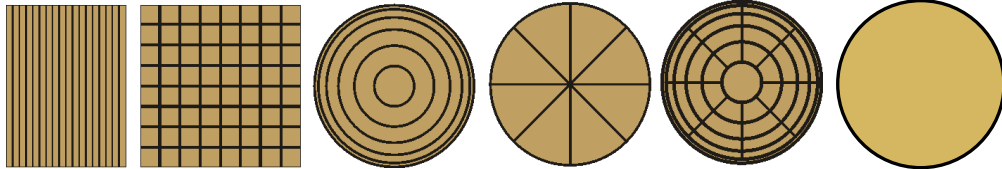
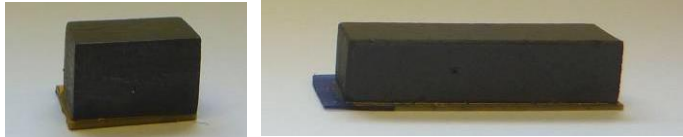

Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik - Auslegung durch Berechnung & Simulation

- IKTS-MD Simulation Platform
 - Sensor material calculations for 1-3 composites
 - Transducer simulation (1D)
 - Wave propagation simulation (2D and 3D) for phased array and sampling phased array



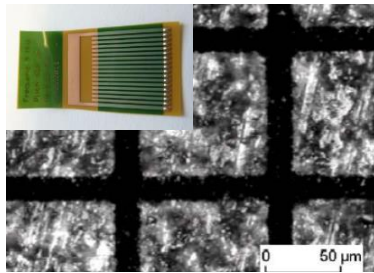
16 channel phased array

Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik - Überblick – 1. Plattform Piezokomposite

Piezoelektrische 1-3-Komposite	Anwendungsspezifisches Sensormaterial für Frequenzen zwischen 2 MHz und 20 MHz
Strukturierte Sensoren	Sensormaterial mit Elektrodenstrukturierung 
Stacks	Sensor mit Anpassschicht, Dämpfungskörper und Kontaktierung 
Transducer	Montierter Sensor mit Gehäuse und Kabel 

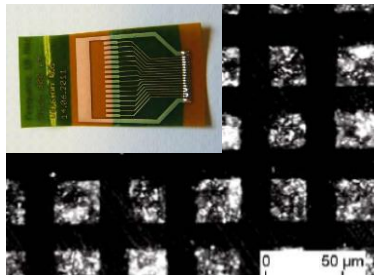
Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik - Piezoelektrische 1-3-Komposite -

■ Dice-and-Fill Prozess



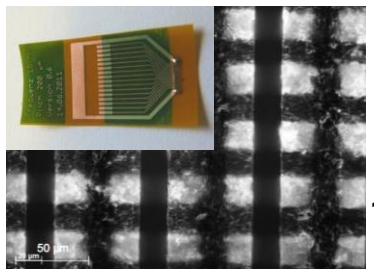
($\geq 800 \mu\text{m}$ pitch)

5 MHz (30 μm kerf)



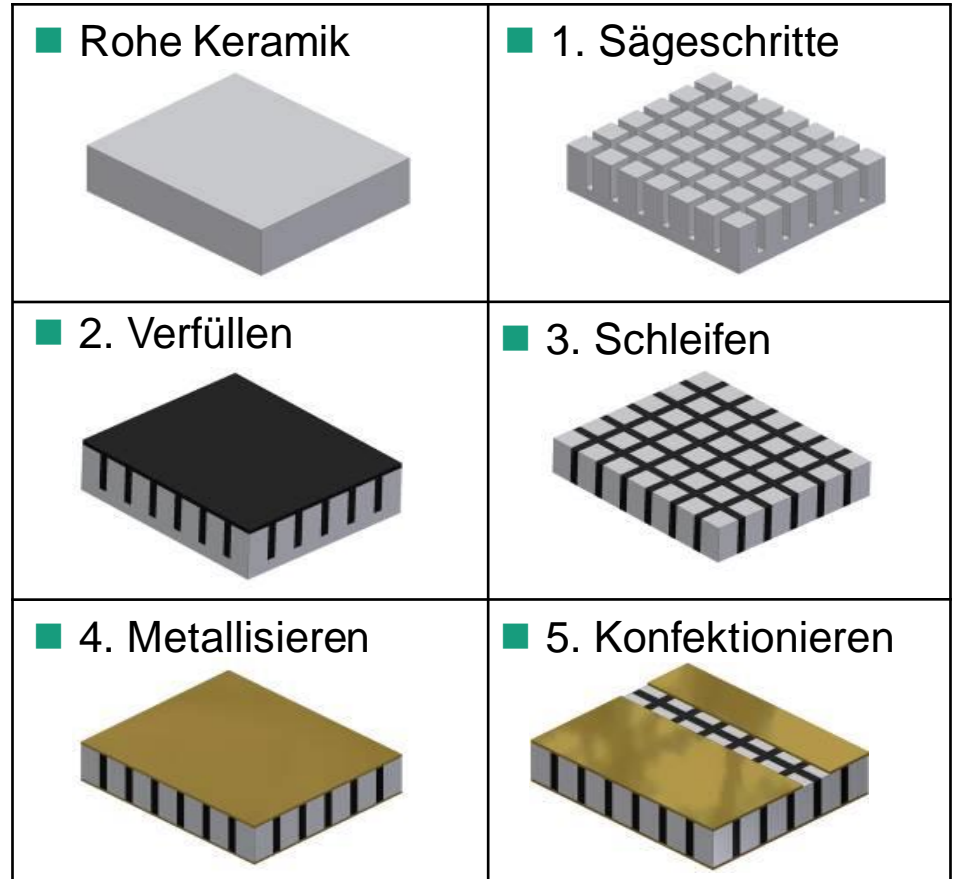
($\geq 500 \mu\text{m}$ pitch)

10 MHz (15 μm kerf)



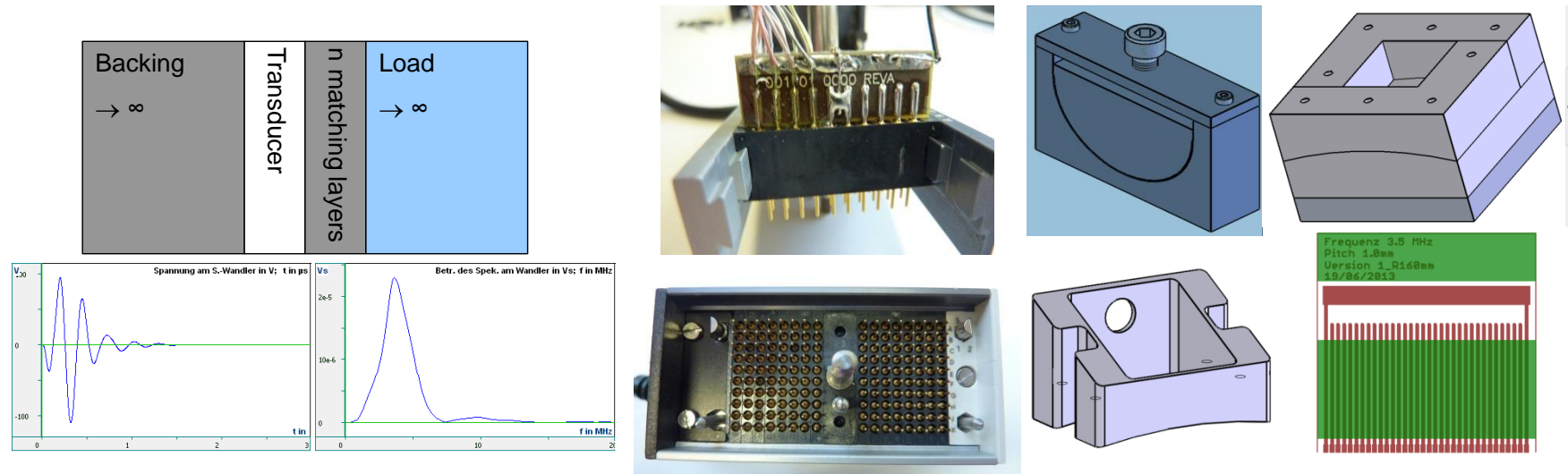
($\geq 200 \mu\text{m}$ pitch)

15 MHz (10 μm kerf)



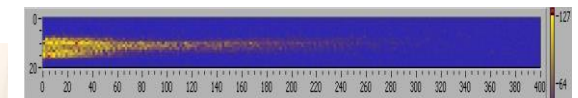
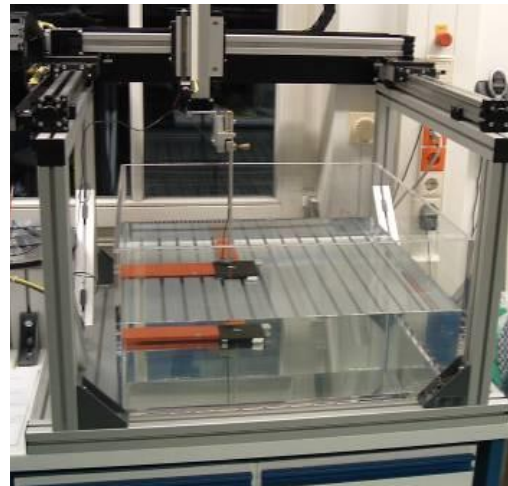
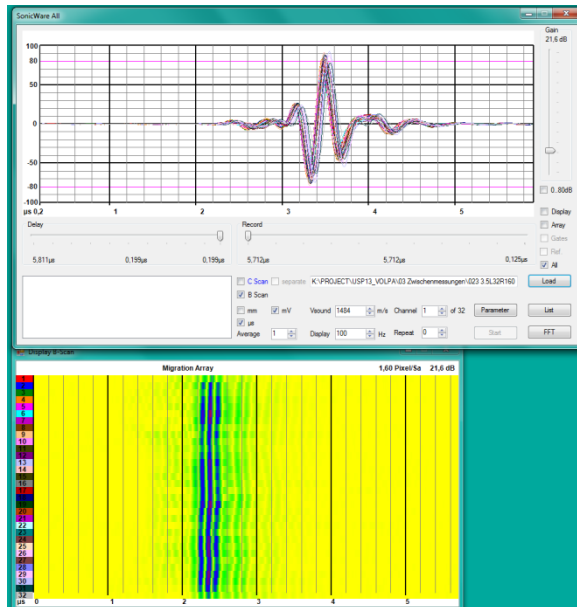
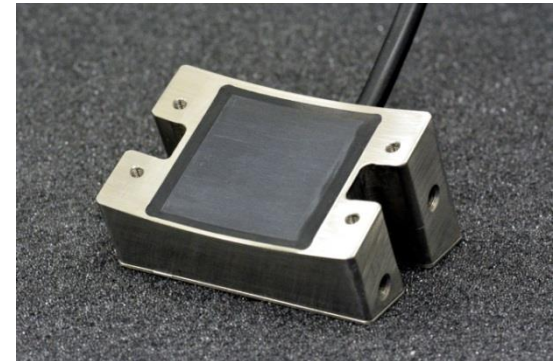
Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik – Teilkomponenten & Hilfsmittel

- Berechnung und Auslegung Komposit; Anpassschicht und Dämpfungskörper
- Konstruktion & Fertigung der Hilfsmittel (Gussformen und Halterungen)
- Konstruktion & Fertigung Werkzeuge (Vorrichtung zum Biegen der Komposite etc.) Gehäuseteile/ Prüfadapter
- Entwurf & Fertigung Leiterplatten, Kontaktierung Stecker & Kabel, etc.

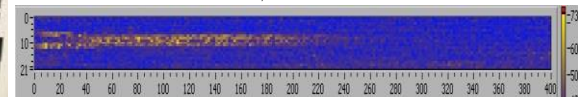


Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik – Aufbau und Charakterisierung

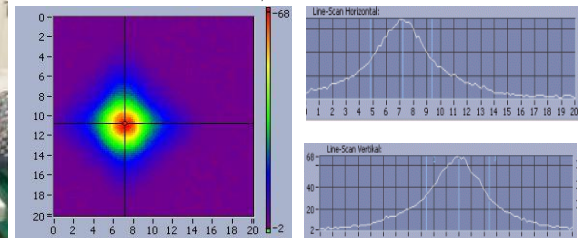
- Vermessen der Komposite & Teilkomponenten vor/nach jedem Herstellungsschritt
- Charakterisieren der Prüfköpfe im Wasserbad
- Protokollierung -> Kleinserie



Ebene ZY, Abstand 400 mm



Ebene XY, Abstand 400 mm



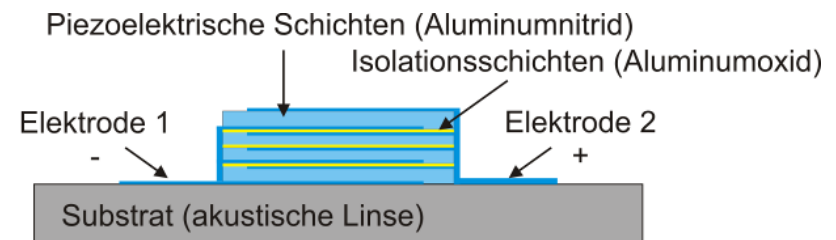
Ebene XZ, Abstand 100 mm

Hüllkurven in X/Y-Richtung

Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik

- 2. Plattform Aluminiumnitrid-Dünnschichten

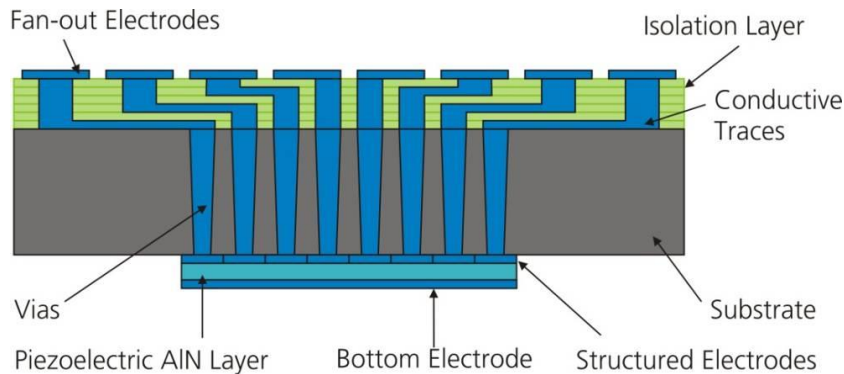
- Mit dem Double-Ring-Magnetron Sputtern können hoch ausgerichtete AlN-Schichten auf unterschiedlichen Materialien abgeschieden werden
- Prozess ist vollständig CMOS kompatibel
- Derzeit werden Einschwinger aufgebaut, Array-Sensoren sind in Planung
- Dotierung mit Scandium erhöht das d_{33} deutlich
- Ein Stapeln mehrerer AlN-Schichten bewirkt Vergrößerung der Amplitude des Sendesignals



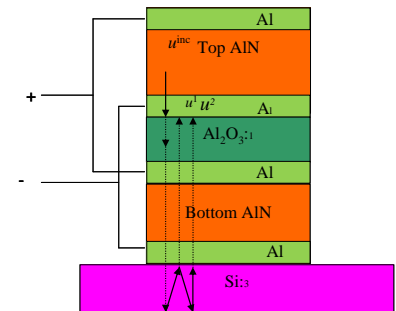
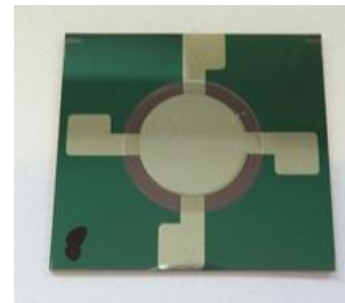
Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik

- HF Ultraschall bis 500 MHz

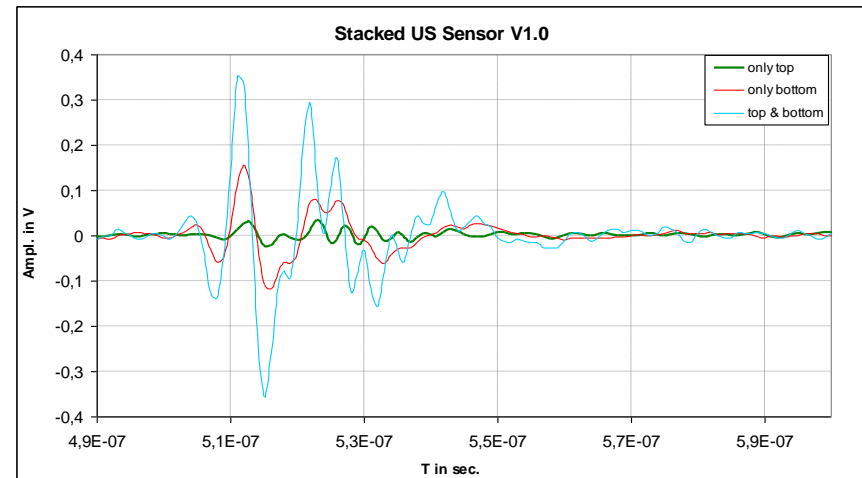
WLP-Ultraschallsensor



Zweifach-Stack AIN HF Sensor



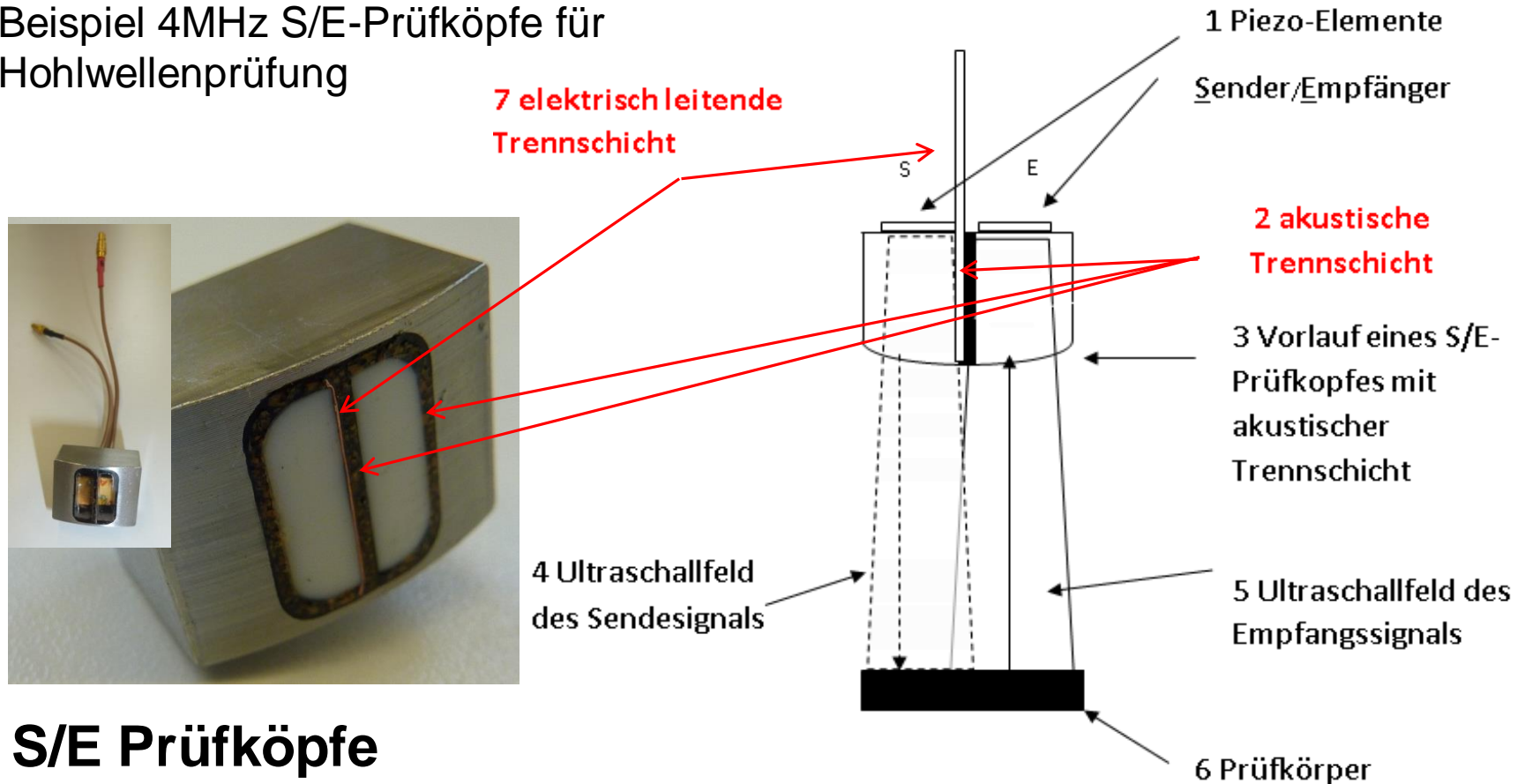
HF-Ultraschallprüfköpfe auf AIN-Basis



Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik

3. Plattform PZT-Keramik für Sonderprüfköpfe

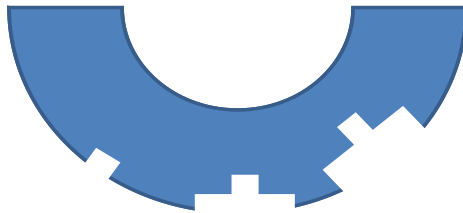
Beispiel 4MHz S/E-Prüfköpfe für
Hohlwellenprüfung



S/E Prüfköpfe

Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik– Testkörper mit Reflektoren mit unterschiedlichen Tiefen und Durchmessern

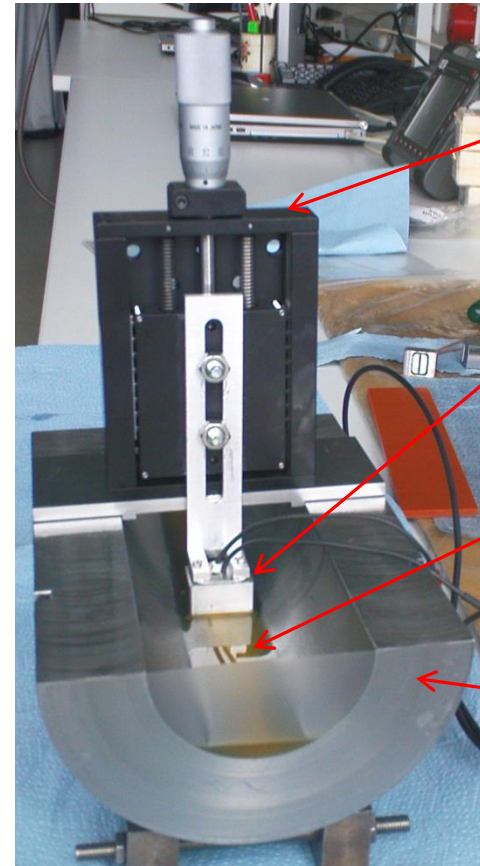
- Für die Charakterisierung von S/E-Prüfköpfen und auch für Phased-Array-Prüfköpfe in verschiedenen Konfigurationen



**KSR 2 mit unterschiedlichen
Rest-Wandstärken**



Hohlwelle Innendurchmesser Ø68



Halterung mit
Mikrometerschraube
zum einstellen des
Abstandes Hohlwelle
- PK

S/E Prüfkopf

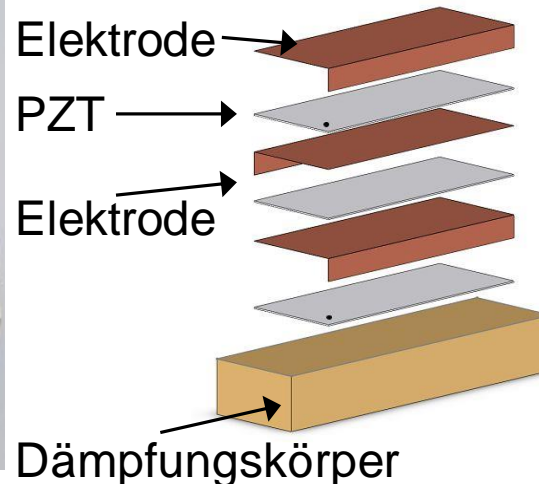
Öl

Halbzylinder mit
Abmaßen der
Hohlwelle und
eingebrachten
Fehlern

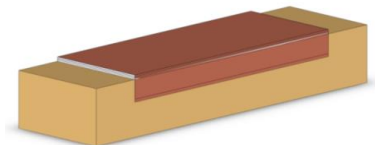
Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik

Lineararrays mit erhöhter Sendeleistung durch PZT-Stapel

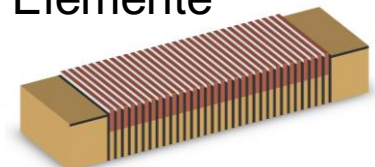
- Stack-Sensoren zur Verbesserung der Sendeintensität
- 3 Schichten ergeben eine Erhöhung der Amplitude des Sendesignals um ca. das dreifache
- Variation des verwendeten Klebstoffes kann zur gezielten Beeinflussung der Kapazität des Sensors genutzt werden



Kompletter Stapel



strukturierte Elemente



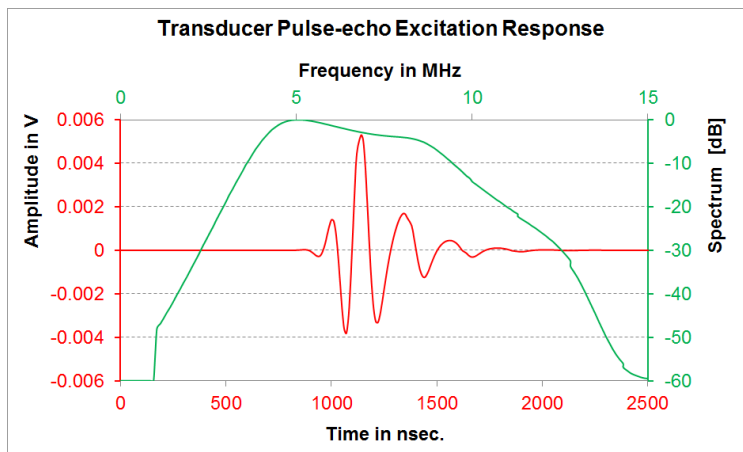
Entwicklung Anwendungsspezifischer Ultraschallsensoren für die Materialdiagnostik

Wasserdichter Prüfkopf – Scheibenprüfung Bahn

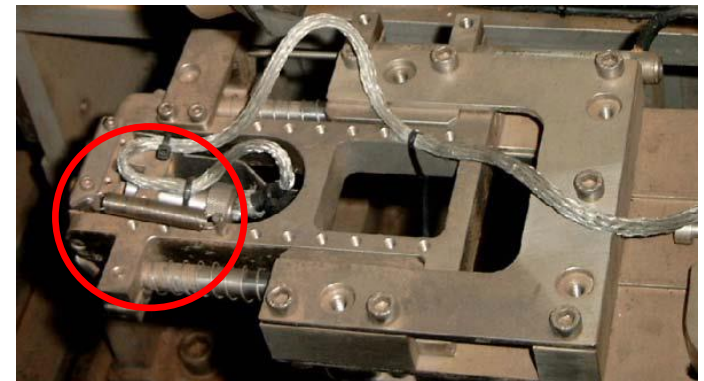
- Prüfkopftyp: runder Sensor, robust
- Außendurchmesser 16mm, Schwinger ca. 12 mm
- Kabel (9m) fest mit Prüfkopf verbunden
- Wassersäule: ca. 1,2 m
- muss Fehler Ø3mm in 5mm Abstand finden!!
- Aufbau und Test



Prüfkopf mit Anpassschicht an H₂O



Berechnungen zum Sensorverhalten



Muss in vorhandene Halterung der Bahn eingebaut werden können

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



thomas.herzog@ikts-md.fraunhofer.de