

Untersuchungen zum Einsatz von PP-Schaumfoliensensoren für die berührungslose Ultraschallprüfung mit Ankopplung über Luft

J. BARTUSCH*, J. DÖRING*, M. GAAL*, W. HILLGER**

* BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

** DLR-FA und Ingenieurbüro Dr. Hillger, Braunschweig

Kurzfassung. Die relativ preiswerten, kommerziell erhältlichen PP-Schaumfolien sind hervorragend als Wandlermaterial für Ultraschall mit Ankopplung über Luft geeignet, weil deren akustische Impedanz wegen ihrer Porosität der von Luft sehr nahe kommt und dadurch kritisch zu fertigende Anpassschichten entfallen können. Außerdem versprechen sie höhere Bandbreiten als bisherige Wandler und damit bessere axiale Auflösung.

Untersuchungen mit sehr hohen elektrischen Feldstärken haben gezeigt, dass die Folien eine hohe Durchschlagfestigkeit aufweisen und ein gesteigerter Signalgewinn durch Erhöhen der Sendespannung erzielt wird.

Die spezifischen elektrischen Parameter der PP-Schaumfolien erfordern eine Anpassung an die kommerziell verfügbare Messtechnik USPC 4000 AirTech:

- Erhöhung der Sendespannung durch Integration eines Hochspannungs-Pulsers,
- ultra-rauscharme Vorverstärkung mit Anpassung an die hohe elektrische Impedanz der Folien,
- Anpassung der Filtertechnik

Um Vorgaben zum Bau von Luft-Ultraschallwandlern zu erhalten, wird im Rahmen eines gemeinsamen Projektes u. a. das Schwingverhalten der Folien mit praxisrelevanten Randbedingungen unter Berücksichtigung von Elektroden, Halterung, Abmessungen usw. modelliert und vermessen.

Für den Prüfkopfbau ist die Konstruktion von hochspannungsfesten Gehäusen mit geringen parasitären Kapazitäten bei guter elektromagnetischer Schirmung erforderlich.

Der Bericht stellt erste Ergebnisse von vergleichenden Messungen mit kommerziell erhältlichen Luft-Ultraschallwandlern vor.

Untersuchungen zum Einsatz von PP-Schaumfoliensensoren für die berührungslose Ultraschallprüfung mit Ankopplung über Luft

J. Bartusch, J. Döring, M. Gaal, BAM - Berlin
W.Hillger, DLR-FA und Ingenieurbüro Dr. Hillger, Braunschweig

Einleitung

Die relativ preiswerten, kommerziell erhältlichen piezoelektrischen porösen PP-Folien (pPP) sind hervorragend als Wandlmaterial für Ultraschall mit Ankopplung über Luft geeignet, weil deren akustische Impedanz wegen ihrer Porosität der von Luft sehr nahe kommt und dadurch kritisch zu fertigende $\lambda/4$ -Anpassschichten entfallen können.

Untersuchungen mit sehr hohen elektrischen Feldstärken haben gezeigt, dass diese Folien eine hohe Durchschlagfestigkeit aufweisen und ein gesteigerter Signalgewinn durch Erhöhen der Sendespannung erzielt wird.

Außerdem versprechen sie höhere Bandbreiten als bisherige Wandler mit $\lambda/4$ -Anpassschichten und damit eine bessere axiale Auflösung.

Aufgabenstellung

Die elektrische Impedanz der pPP-Folien ist um Größenordnungen höher als bei herkömmlichen UT-Wandlern (PZT).

pPP-Folien: ($C_p // R_p$), mit C_p : 40 ... 70 pF und R_p : 1,5 ... 10 MOhm >> PZT: 10 - 100 Ohm-Bereich

Um Vorgaben zum Bau von Luftultraschallwandlern zu erhalten, wird im Rahmen eines gemeinsamen Projektes u.a. das Schwingverhalten der Folien mit praxisrelevanten Randbedingungen unter Berücksichtigung von Elektroden, Halterung, Abmessungen usw. modelliert und vermessen. Die Konstruktion geeigneter Sensor-Gehäuse und eine Anpassung an die kommerziell verfügbare Messtechnik

USPC 4000 AirTech (Dr. Hillger) waren erforderlich:

- Erhöhung der Sendespannung,
- ultra-rauscharme Vorverstärkung mit Anpassung an die hohe elektrische Impedanz,
- Anpassung der Filtertechnik.

Sensorkonstruktion

Das Sensor-Gehäuse inkl. Elektroden- und Kontaktierungslayout wurde auf Hochspannungsfestigkeit und minimale parasitäre Kapazitäten $\ll C_p$ optimiert.

Das Metallgehäuse und die äußere Elektrode liegen auf Massepotential, womit eine gute elektromagnetische Schirmung erzielt wird.

$U_{max} = 10$ kV,
Cross talking < -140 dB,
 $D_{aktiv} = 20$ mm.

Sender-Gehäuse mit HV-Anschluss, Empfänger-Gehäuse mit eingebautem Preamp. (keine Kabel- und Leitungskapazitäten), Ausgang BNC-Anschluss.



Gehäuse der 2. Generation

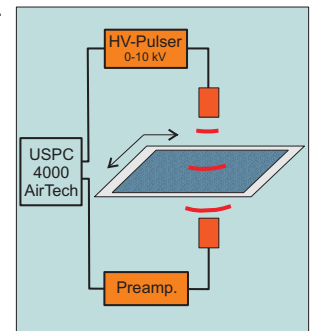
Anpassung an die Messtechnik USPC 4000 AirTech

Transmitter: externer HV-Pulser garantiert breitbandige, lastunabhängige Sendeimpulse.

Technische Daten des HV-Pulsers:
 $U_{out} = 0 \dots 10$ kV (einstellbar),
 $t_{ON} = t_{OFF} = 20$ ns,
 $Z_{out} = 200$ Ohm,
Spitzenkurzschlussstrom: ca. 55 A,
Maximaler mittlerer Strom: 300 μ A bei 10 kV,
Maximale mittlere Leistung: 3 W, sicher.

Receiver: ultra low noise Preamp., Vorverstärker mit FET-Eingang im Empfangssensor eingebaut.

Technische Daten des Vorverstärkers:
Gain/Load: 60 dB/1 MOhm,
3 dB-low-cut-freq.: 10 kHz,
3 dB-high-cut-freq.: 1,5 MHz,
 $Z_{in} = 80$ MOhm // 20 pF.



Messaufbau angepasst

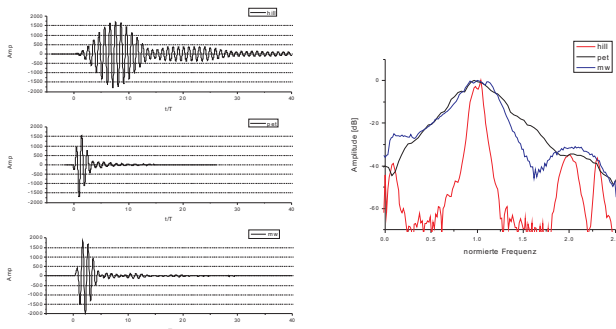
Erste Messergebnisse

Vergleich Signal-Rausch-Verhältnis:

Bei vergleichender Durchschallung einer Al-Platte mit $d = 3$ mm:

Beste PZT-Sensoren mit $\lambda/4$ -Anpassschichten: **9 dB**,
Aktuelle pPP-Sensoren (BAM, 240 kHz): **21 dB**.

Bandbreitenvergleich:



Vergleich von A-Bild und Bandbreite unterschiedlicher Sensoren
hill: PZT-Sensor mit $\lambda/4$ -Anpassschichten (Dr. Hillger)
pet: pPP-Folie mit PET laminiert (EMFIT)
mw: pPP-Folie empfindlichkeitsoptimiert (IAP)

Ultraschalluntersuchungen an einer CFK-Sandwich-Probe mit pPP-Sensoren (BAM 1.Generation)

1. Prüfgegenstand:
CFK-Sandwich-Bauteil mit Honigwaben (DLR-FA, Braunschweig)
Dicke 17 mm, davon 15 mm Wabe
Impact: 5 Joule
2. Prüfsystem:
USPC 4000 AirTech für Ankopplung über Luft
Ingenieurbüro Dr. Hillger
HV-Pulser: BAM, Sendespannung: 2,5 kV
Vorverstärker: BAM 60 dB
3. Prüfköpfe:
pPP-Prüfköpfe der BAM, 240 kHz,
Schwingerdurchmesser: 20 mm
4. Prüfbefunde:
Bild 1, Bild 2: C-Bilder mit linearer Amplitudenmessung
Bild 3: Amplitudenprofil horizontal durch den Impact

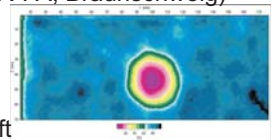


Bild 1

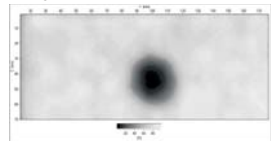


Bild 2

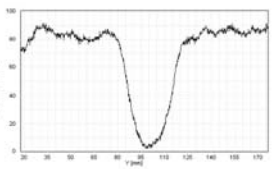


Bild 3