

MATERIAŁY POMOCNICZE DO WYKŁADU Z BIO- i HYDROAKUSTYKI

4. Ultradźwiękowe przetworniki szerokopasmowe

S2. Sposoby poszerzania pasma przetworników ultradźwiękowych

- 1) piezoceramika o małej impedancji akustycznej,
- 2) zastosowanie tylnej warstwy tłumiącej,
- 3) zastosowanie jednej, dwóch lub wielu przednich warstw dopasowujących impedancję akustyczną przetwornika do impedancji akustycznej ośrodka,
- 4) konstrukcje kompozytowe,
- 5) przetworniki z folii PVDF.

S3. Dobroć mechaniczna ośrodka

$$-\frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{\partial I(x)}{\partial x} = \frac{\lambda \cdot \alpha}{\pi} \cdot I_o \cdot e^{-2\alpha x} \quad Q = \frac{\pi}{\lambda \cdot \alpha} = \frac{\omega}{2 \cdot c \cdot \alpha}$$

S4. Dobroć układu rezonansowego

$$Q = \frac{f_r}{\Delta f} \quad Q = \frac{\pi}{2} \frac{Z_{\text{przetwornika}}}{Z_{\text{ośrodek}}} \eta_{ma}$$

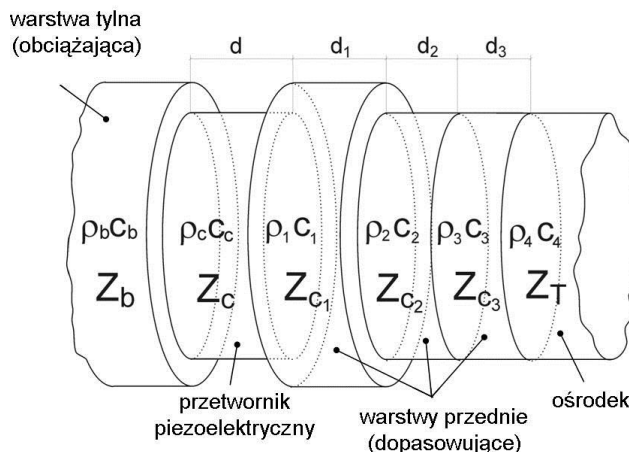
$$s(t) = A_o e^{-\delta \tau} \sin(\omega t) \quad \tau = nT \quad \delta = \frac{\omega}{2Q} \quad s(t) = A_o e^{-\frac{\pi n}{Q}} \sin(\omega t)$$

$$\text{Dla } e^{-\frac{\pi n}{Q}} = 0.1 \text{ uzyskujemy } Q \approx 1.364n$$

S5. Tylne warstwy tłumiące

$$Q = \frac{\pi}{2} \frac{Z_{prz}}{k_1 Z_1 + k_2 Z_2} \quad \text{dla } \eta_{ma} \approx 1$$

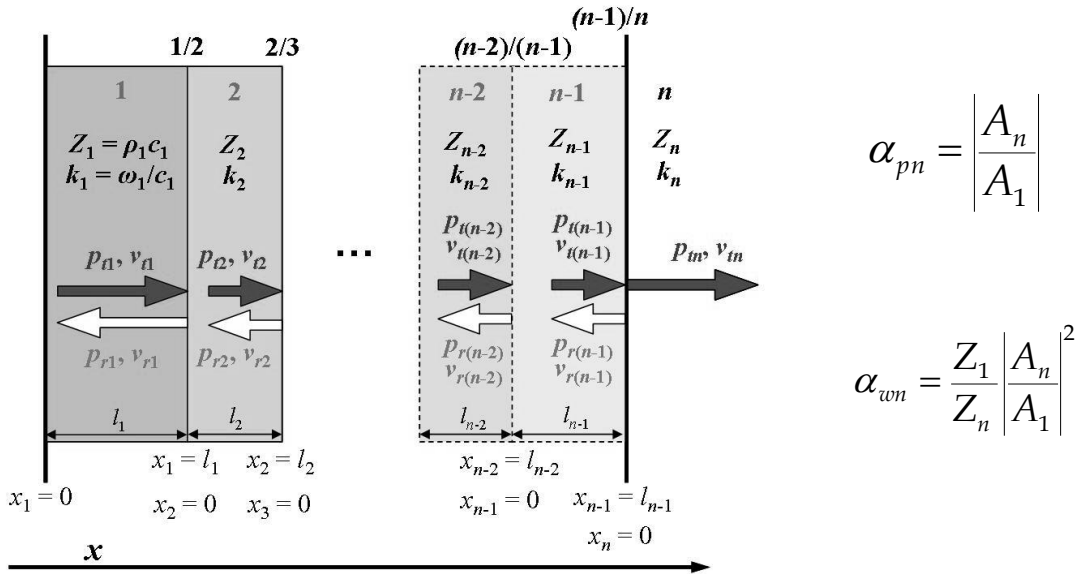
S6. Zastosowanie jednej, dwóch lub wielu przednich warstw dopasowujących



$$K_{C(n-1)}(j\omega) = \frac{V_{C(n-1)}(j\omega)}{I(j\omega)}$$

$$K_{C(n-1)}(j\omega) = f(\omega, h, Z_C, Z_{C1}, Z_{C2}, \dots, Z_{Cn}, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n, R_b, R_{C1}, R_{C2}, \dots, R_{Cn})$$

S7. Zastosowanie jednej, dwóch lub wielu przednich warstw dopasowujących



S8. Zastosowanie jednej, dwóch lub wielu przednich warstw dopasowujących

$$\begin{cases} p_k(x_k) = A_k e^{j\omega \left(t - \frac{x_k}{c_k} \right)} + B_k e^{j\omega \left(t + \frac{x_k}{c_k} \right)} \\ v_k(x_k) = \frac{A_k}{Z_k} e^{j\omega \left(t - \frac{x_k}{c_k} \right)} - \frac{B_k}{Z_k} e^{j\omega \left(t + \frac{x_k}{c_k} \right)} \end{cases} \quad \begin{bmatrix} p_k(x_k) \\ v_k(x_k) \end{bmatrix} = e^{j\omega t} \begin{bmatrix} e^{-j\frac{\omega x_k}{c_k}} & e^{j\frac{\omega x_k}{c_k}} \\ \frac{1}{Z_k} e^{-j\frac{\omega x_k}{c_k}} & -\frac{1}{Z_k} e^{j\frac{\omega x_k}{c_k}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_k \\ B_k \end{bmatrix}$$

$$[T_k] = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{\omega l_k}{c_k}\right) & -jZ_k \sin\left(\frac{\omega l_k}{c_k}\right) \\ -\frac{j}{Z_k} \sin\left(\frac{\omega l_k}{c_k}\right) & \cos\left(\frac{\omega l_k}{c_k}\right) \end{bmatrix} \quad \text{dla } (1 < k < n)$$

$$\begin{bmatrix} A_n \\ B_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{1}{Z_n} & \frac{1}{Z_n} \end{bmatrix}^{-1} [T_{n-1}] [T_{n-2}] \cdots [T_3] [T_2] \begin{bmatrix} e^{-j\frac{\omega l_1}{c_1}} & e^{j\frac{\omega l_1}{c_1}} \\ \frac{1}{Z_1} e^{-j\frac{\omega l_1}{c_1}} & -\frac{1}{Z_1} e^{j\frac{\omega l_1}{c_1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ B_1 \end{bmatrix}$$

S10. Wyznaczanie impedancji akustycznej warstw dopasowujących

$$Z_2^{(3),Ch} = \sqrt{Z_1 \cdot Z_3}$$

$$Z_v^{(\mu),Ch} = \sqrt{Z_{v-1}^{(\mu-1),Ch} \cdot Z_v^{(\mu-1),Ch}}$$

$$Z_2^{(3),Des} = \sqrt[3]{Z_1 \cdot (Z_3)^2}$$

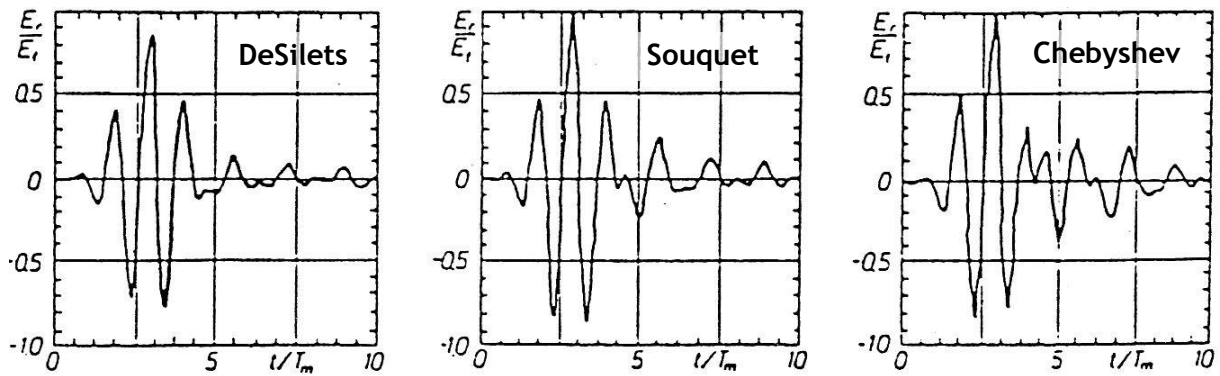
$$Z_v^{(\mu),Des} = \sqrt[3]{Z_{v-1}^{(\mu-1),Des} \cdot (Z_v^{(\mu-1),Des})^2}$$

$$Z_2^{(3),Sou} = \sqrt[3]{2 \cdot Z_1 \cdot (Z_3)^2}$$

$$Z_v^{(\mu),Sou} = \sqrt[3]{2 \cdot Z_{v-1}^{(\mu-1),Sou} \cdot (Z_v^{(\mu-1),Sou})^2}$$

$$l_k = m \frac{\lambda_k}{4}$$

S16. Wpływ kryteriów wyznaczania impedancji warstw na kształt impulsu



1 ćwierćfalowa warstwa dopasowująca + warstwa tylna (medium: woda)

S18. Przetworniki kompozytowe

Główne zastosowania ultradźwiękowych przetworników kompozytowych:

- sonary okrętowe,
- przetworniki ze sprzężeniem wodnym do badań nieniszczących NDE (*NonDestructive Evaluation*),
- zobrazowanie medyczne.

S19. Przetworniki kompozytowe

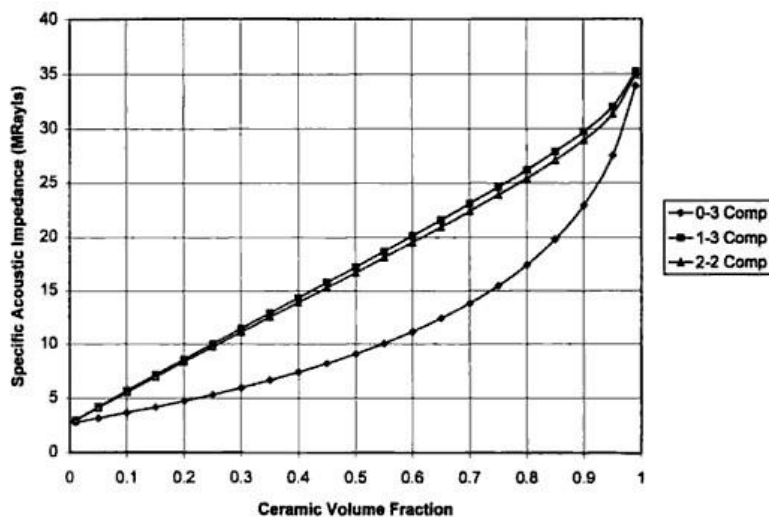
PARAMETRY:

- stała sprzężenia elektromechanicznego,
- akustyczna impedancja właściwa,
- przenikalność materiału piezoelektrycznego,
- impedancja elektryczna.

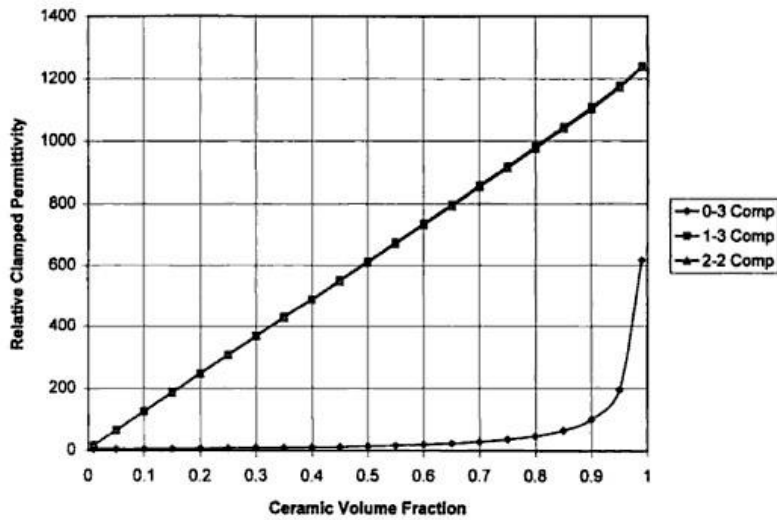
S20. Geometria kompozytów

Sposób połączenia – *connectivity* (przejścia) składnika A – piezoceramiki, składnika B – matrycy polimerowej.

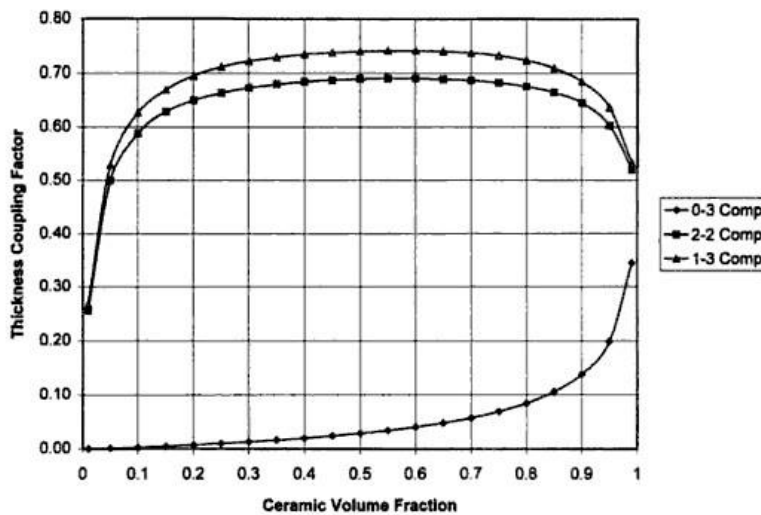
S21. Właściwości akustyczne kompozytów (impedancja akustyczna właściwa)



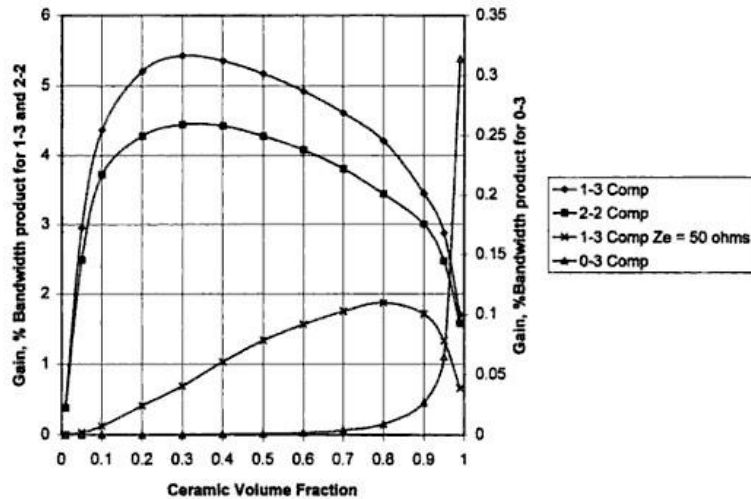
S22. Właściwości dielektryczne kompozytów (stała dielektryczna)



S23. Właściwości elektro-mechaniczne kompozytów (wsp. sprzężenia dla drgań grubościowych)



S24. Szerokość pasma przenoszenia kompozytów (iloczyn wzmocnienia i szerokości pasma)

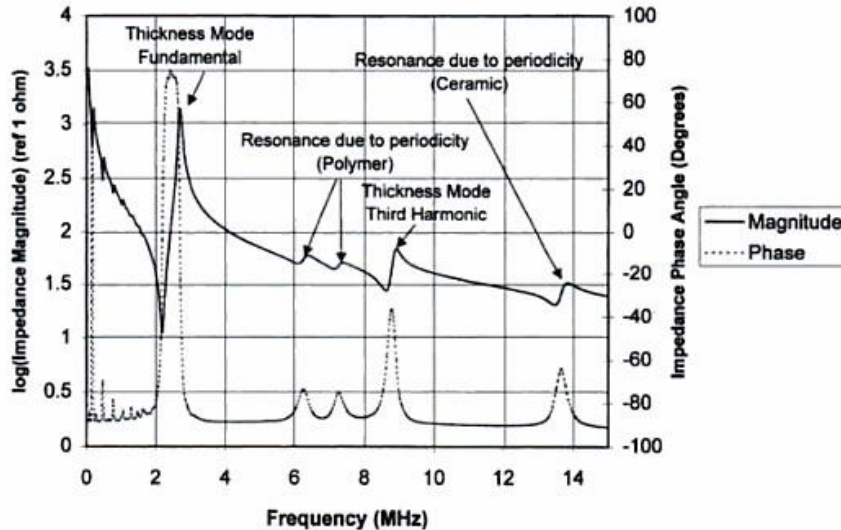


S25. Mody poprzeczne w kompozytach (impedancja elektryczna)

Rezonanse poprzeczne (10 razy mniejsza częstotliwość, nachodzą nawet na rezonans grubościowy), a w przypadku kompozytu – wytłumiają się.

S26. Mody poprzeczne w kompozytach (impedancja elektryczna)

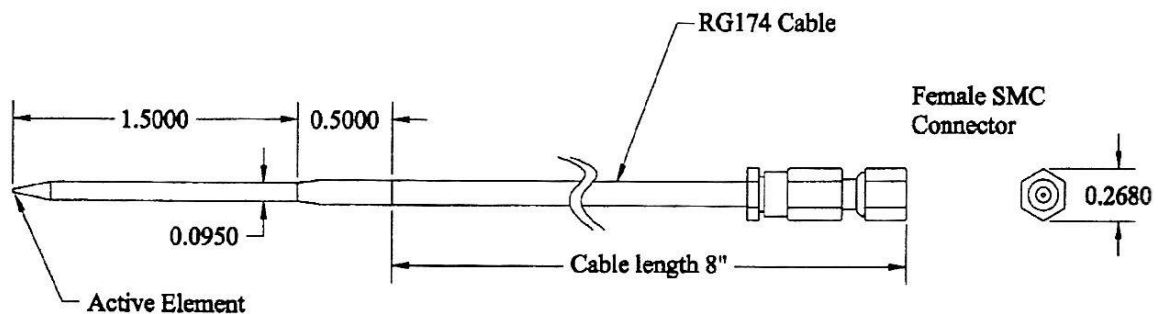
Rezonanse związane z „okresowością” struktury materiału (odbicia wewnętrzne). Można je zminimalizować poprzez odpowiednie rozmieszczenie ceramiki i jej grubość.



plytka z kompozytu 2-2 o rozmiarach 10 razy większych od grubości

S31. Przetworniki PDF

PVDF – *polyvinylidenedifloride* – polifluorek winylidenu; stosowany głównie w hydrofonach; element aktywny: dysk o grubości 9 μm i średnicy 400 μm ; element aktywny hydrofonu pracuje w modzie subrezonansowym;

**S32. Hydrofony**

$$d = \frac{\lambda}{8a} \sqrt{(l^2 + a^2)}$$

S33. Parametry hydrofonów

Konieczny przedwzmacniacz (pojemnościowy, więc zasilanie „fantomowe”).

S34. Parametry hydrofonów (czułość)

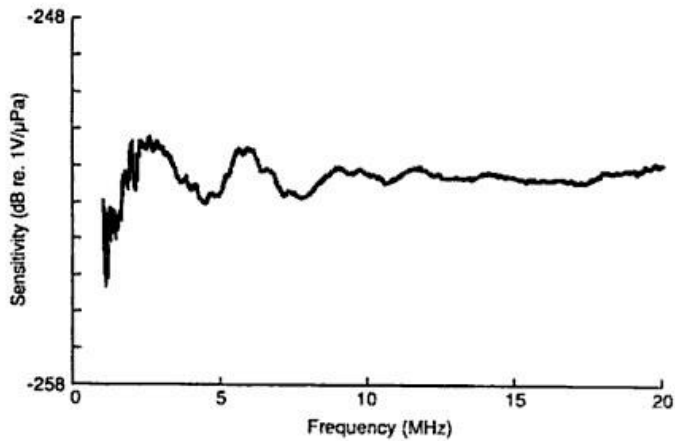
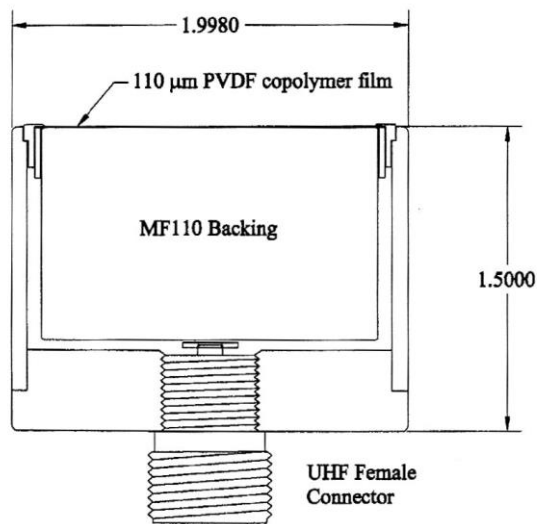


FIG. 41. Measured frequency response of a needle-type hydrophone.

S35. Szerokopasmowe źródła fali ultradźwiękowej (BBS)

Potrzebne do kalibracji hydrofonów i mają wiele innych zastosowań (charakteryzowanie mikropęcherzyków w cieczy, określanie rozmiarów, rozkładu i koncentracji zawiesin w cieczach).



S36. Szerokopasmowe źródła fali ultradźwiękowej (BBS)

Ch-ka zmierzona dla pary przetworników.

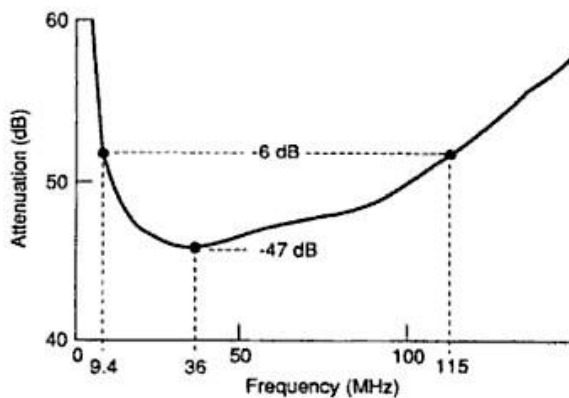


FIG. 44. Actual two-way transfer function measured on a pair of high-frequency BBSs.