

MATERIAŁY POMOCNICZE DO WYKŁADU Z PODSTAW ZASTOSOWAŃ ULTRADŹWIĘKÓW W MEDYCYNIE

(wyłącznie do celów dydaktycznych – zakaz rozpowszechniania)

7. Przetworniki stosowane w medycynie: typu „sandwich”, kompozytowe, elektrostatyczne. Ogniskowanie i koncentrowanie energii: statyczne i dynamiczne. Transformatory akustyczne.

S3. Przetworniki do pracy falą impulsową i ciągłą

(Talarczyk E. Podstawy techniki ultradźwięków, Wrocław, 1990: rys.5.25 i rys.5.22)

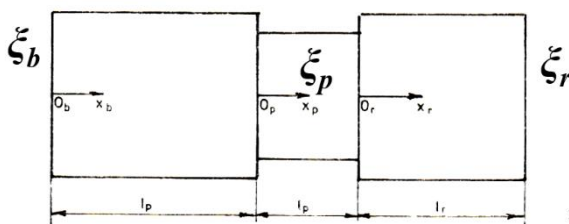
S4. Przetworniki złożone (typu „sandwich”)

(Talarczyk E. Podstawy techniki ultradźwięków, Wrocław, 1990)

Przetwornik „sandwich” rozważa się jako układ o stałych rozłożonych albo układ o stałych skupionych.

S5. Przetworniki złożone (typu „sandwich”): układ o stałych rozłożonych

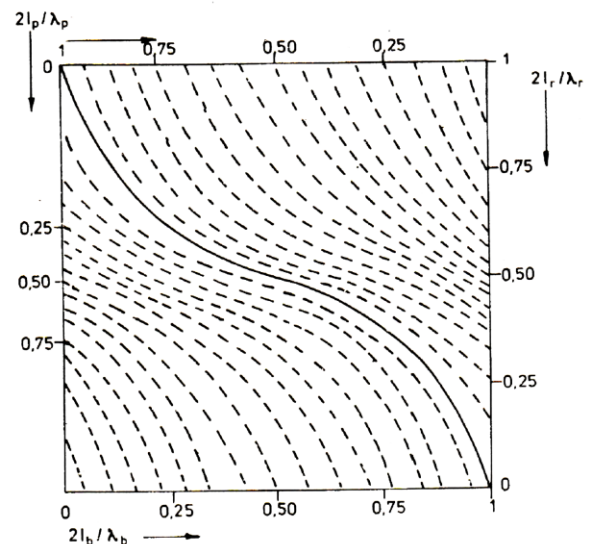
(Talarczyk E. Podstawy techniki ultradźwięków, Wrocław, 1990)



$$G = \frac{\xi_r^2}{\xi_b^2} = \frac{1 + (Z_{bp}^2 - 1) \sin^2(\beta_b l_b)}{1 + (Z_{rp}^2 - 1) \sin^2(\beta_r l_r)}$$

$$G = 1 \text{ dla } Z_{bp} = Z_{rp} = 1 \rightarrow Z_b = Z_p \text{ oraz } Z_r = Z_p$$

$$G_{max} \text{ dla } Z_{bp} > 1 \text{ i } Z_{rp} < 1$$

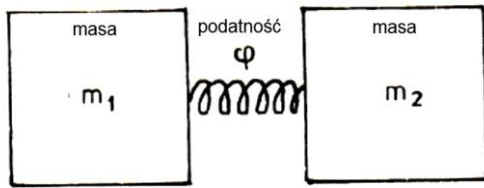


Graficzne przedstawienie równania
ogólnego przetwornika typu „sandwich”
z materiałów: stal, PZT-4,
duraluminium.

Założenie: ciągłość sił działających w miejscach połączeń → takie same powierzchnie!

S6. Przetworniki złożone (typu „sandwich”): układ o stałych skupionych

(Talarczyk E. Podstawy techniki ultradźwięków, Wrocław, 1990)

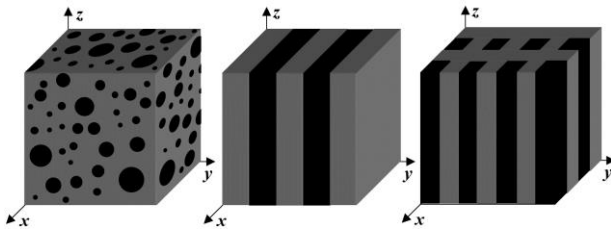


$$\omega = \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} \frac{1}{\varphi}} \quad \varphi = \frac{\varphi_p \varphi_s}{\varphi_p + \varphi_s}$$

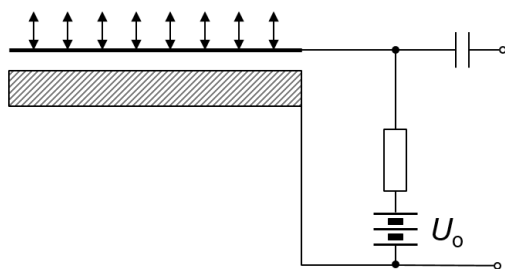
Współczynnik sprzężenia elektromechanicznego przetwornika typu „sandwich” k_s ma wartość bliską współczynnika sprzężenia k piezoceramiki (podatność śrub \gg podatności piezoceramiki).

Przetworniki typu „sandwich” \rightarrow doskonałe źródła ultradźwięków dla małych częstotliwości (20 – 30 kHz); w tym zakresie ich sprawność osiąga 80 – 90 %.

S7-10. Przetworniki kompozytowe: geometria, mody poprzeczne i periodyczne



S11. Przetworniki elektrostatyczne



- pole elektryczne \rightarrow napięcie stałe z zewnętrznego źródła (obca polaryzacja);
- zastosowanie elektretowej okładziny ruchomej na której są złożone ładunki w sposób trwały (własna polaryzacja);

Przetworniki te pracują w zakresie do 200 MHz, grubość folii $\sim 20 \mu\text{m}$.

Zalety: duża czułość, wysoka wierność przetwarzania. Mała wrażliwość na wstrząsy i vibracje, mała pojemność cieplna, prosta konstrukcja.

S12-13. Przetworniki elektrostatyczne: hydrofony

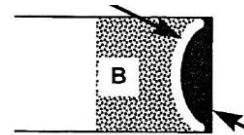
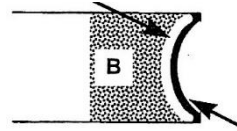
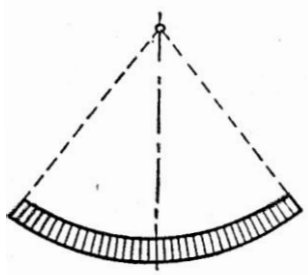
Folia PVDF – polifluorek winylidenu; stosowany głównie w hydrofonach;
 element aktywny: dysk o grubości 9 μm i średnicy 400 μm ;
 element aktywny hydrofonu pracuje w modzie subrezonansowym;

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

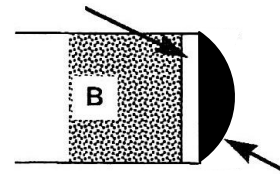
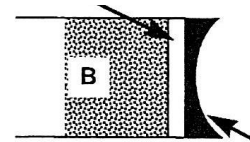
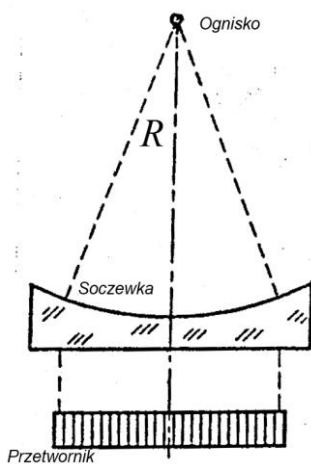
S15-17. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: przetworniki wklęsłe

Przetworniki wklęsłe: cylindryczne ($K = 5 - 20$), sferyczne ($K = 50 - 150$).

Współczynnik koncentracji energii $K =$

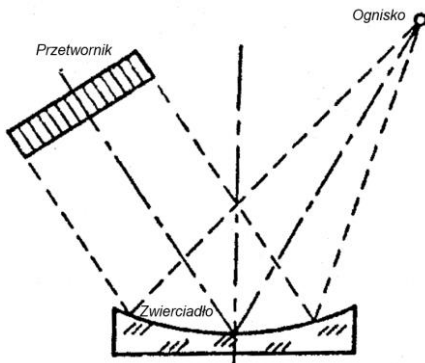


S18. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: soczewki akustyczne



Soczewka akustyczna jest przyklejana do powierzchni przetwornika lub sprzęgana półfalową warstwą wody.

S19. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: zwierciadła wklęsłe ze skośnym odbiciem

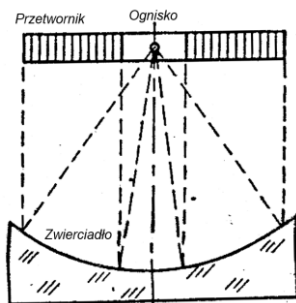


ZALETY:

WADA:

Naczynia napełnione powietrzem z powierzchnia odbijającą wykonaną z folii metalowej lub cienkiej blaszki.

S20. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: zwierciadła wklęsłe bez skośnego odbicia

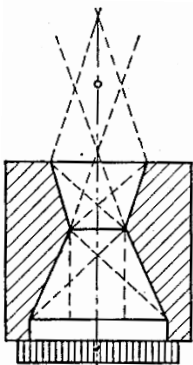


ZALETY:

WADA:

Zwierciadło odbija i skupia (koncentruje) ultradźwięki w otworze.

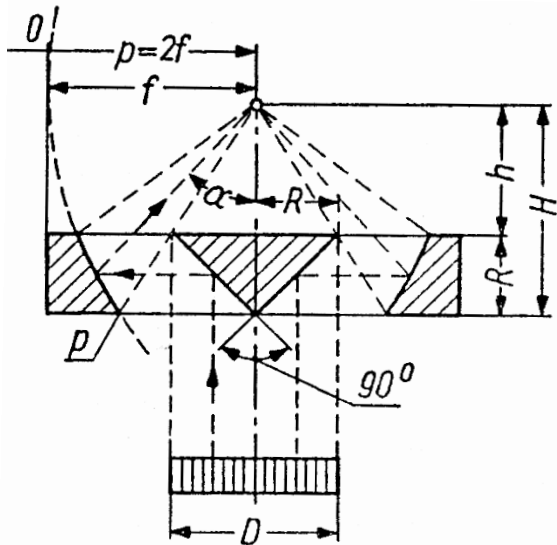
S21. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: ultradźwiękowy koncentrator dwustożkowy



ULTRADŹWIEKI:

- ze środka przetwornika → wypromieniowane bezpośrednio,
- z brzegu przetwornika → skupiony przez podwójny stożek o ognisku f ,
- energia wypromieniowana bezpośrednio i skupiona sumują się.

S22. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: ultradźwiękowy koncentrator stożkowo-paraboidalny



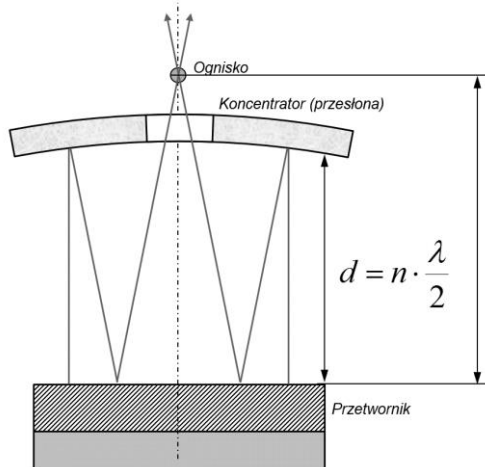
$$y^2 = 2p \cdot x$$

$$p = \frac{H \cdot R}{h} \pm \frac{H}{2} \sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2}}$$

Koncentracja jest tym silniejsza im:

- mniejszy kąt α ,
- większe H lub h .

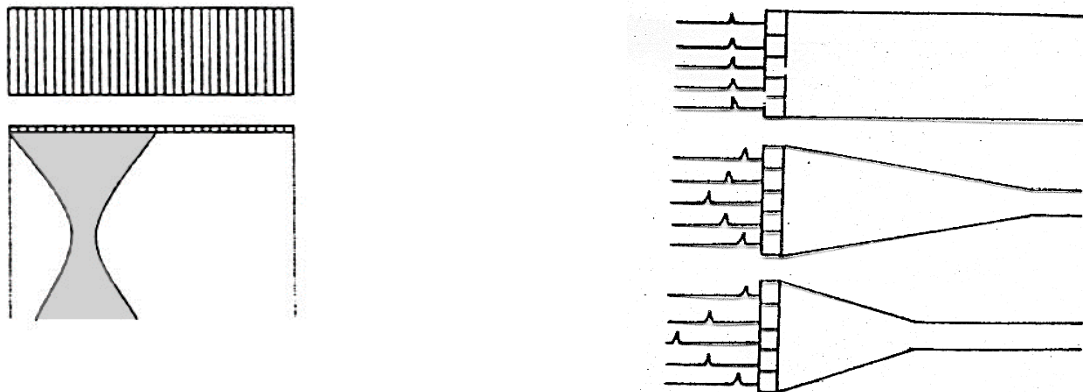
S23. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: ultradźwiękowy koncentrator sferyczny z otworem



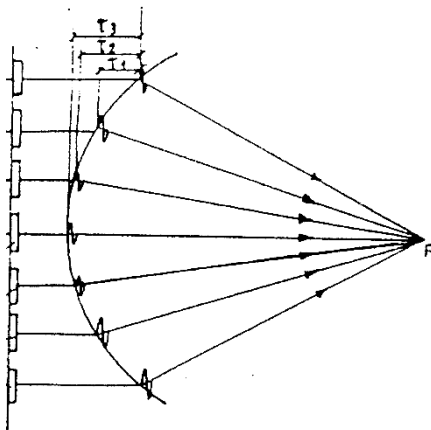
S24. Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: zwiększenie natężenia dźwięku przetworników piezoelektrycznych

Ograniczenie powierzchni sprzężonej z ośrodkiem: wykorzystywane w inhalatorach ultradźwiękowych.

S25-26. Dynamiczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: ogniskowanie i przesuwanie wiązki – głowica liniowa



S27. Dynamiczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: ogniskowanie wiązki – głowica pierścieniowa



S29-30. Transformatory akustyczne

Pręty o określonym kształcie; Występują w nich 3 typy drgań: podłużne, poprzeczne i skrętne.

Występuje nierównomierne rozłożenie energii ruchu drgającego wzdłuż osi koncentratora → prędkość i amplituda drgań wzrasta → maksymalna wartość w największym końcu → koncentracja energii.

Powierzchnia czołowa jest swobodna; pełni rolę:

- narzędzia skrawającego,
- służy do mocowania narzędzi specjalnych.

Materiał:

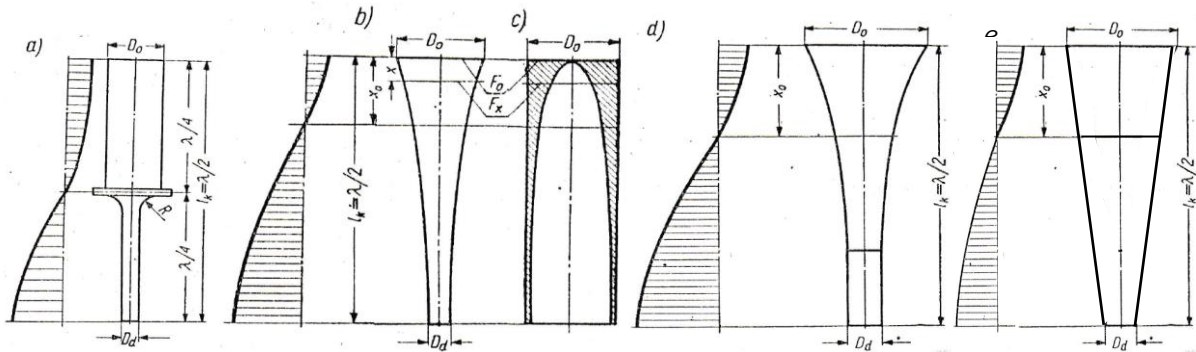
- wysoki wskaźnik wytrzymałości zmęczeniowej,
- odporny na ścieranie.

Łączenie przez lutowanie (cyna, mosiądz, miedź, srebro) lub złącza gwintowe.

Koncentrator musi być dostrojony zwykle do częstotliwości własnej przetwornika ($\lambda/2$).

Stosunek powierzchni czołowej przetwornika / powierzchni koncentratora >1 !!!

S31. Transformatory akustyczne: typowe kształty



CECHY:

1. Duże naprężenia w węzłach → zaokrąglenia.
2. Często konieczne zwiększenie grubszej średnicy.

CECHY (eksponencjalne):

1. Duża amplituda drgań ale trudniejsze do wykonania.
2. Dobre własności wytrzymałościowe.

CECHY:

1. Półtorakrotne zwiększenie amplitudy drgań.

CECHY:

1. Najdłuższy
2. Najlepsze własności wytrzymałościowe
3. Najmniejsze naprężenie w strzałkach
4. Największe straty energii

CECHY (katenoidalne):

1. Duża amplituda drgań ale trudniejsze do wykonania.
2. Najmniejsza średnica D_d
3. Najmniejsze straty energii.
4. Największe amplitudy naprężeń.