

Wincenty Pajewski  
C H A R A K T E R Y S T Y K A  
S K U T E C Z N O Ś C I M I K R O F O N U  
P I E Z O E L E K T R Y C Z N E G O  
P Ł A S K I E G O

14/1967



WARSZAWA



Do użytku wewnętrznego

Na prawach rękopisu

---

ZAKŁAD BADAŃIA DRGANIÓW IPPT PAN  
Nakład 120 egz. Arkuszy wyd. 0,45. Arkuszy druk. 1,00. Oddano  
do drukarni we wrześniu 1967 r. Wydrukowano w październiku  
1967 r. Nr zam. 865/0 67

---

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, ul. Śniadeckich 8

CHARAKTERYSTYKA SKUTECZNOŚCI MIKROFONU  
PIEZOELEKTRYCZNEGO PŁASKIEGO

1. Wstęp

Mikrofon cylindryczny i kulisty mają ograniczony zakres częstotliwości, w którym mogą być używane do pomiaru natężenia ultradźwięków. Wynika to z trudności skonstruowania dostatecznie małego, w stosunku do długości fali w ośrodku, elementu piezoelektrycznego w kształcie kuli lub cylindra, a niezbędnego dla uzyskania płaskiej charakterystyki skuteczności tego rodzaju mikrofonów.

Praktycznie jako górną granicę częstotliwości dla mikrofonów cylindrycznego lub kulistego należy przyjąć częstotliwość 2 MHz. Odpowiada ona długości fali w wodzie 0,75 mm i maksymalnej średnicy mikrofonu 0,5 mm /ka = 2/ <sup>/1/</sup>.

W literaturze przedmiotu spotyka się czasem [4] konstrukcje mikrofonów piezoelektrycznych, które mają jakoby płaską charakterystykę skuteczności aż do 10 MHz przy średniej kuli 0,2 mm.

---

/1/  $ka = \frac{2\pi a}{\lambda}$  , gdzie  $\lambda$  oznacza długość fali w ośrodku akustycznym, zaś  $a$  jest promieniem kuli.

W świetle analizy charakterystyki skuteczności mikrofonów kulistych, przeprowadzonej przez autora [2], wydaje się że jest to nieosiągalne przy tych wymiarach mikrofonu. Główną przyczyną rozbieżności w ocenie charakterystyki skuteczności mikrofonów miniaturowych jak się zdaje, są trudności jej pomiaru w zakresie częstotliwości wyższych od 1 MHz.

Przekroczenie granicy częstotliwości 2 MHz w pomiarach natężenia pola mikrofonem piezoelektrycznym, jest możliwe tylko w przypadku mikrofonu piezoelektrycznego płaskiego, którego konstrukcja pozwala na dalsze zmniejszenie wymiarów elementu piezoelektrycznego w kierunku rozchodzenia się fali.

Wykonanie cienkiej płytki piezoelektrycznej o grubości 0,1 mm nie przedstawia większych trudności technicznych, a pozwala na kilkakrotne rozszerzenie pasma częstotliwości mikrofonu płaskiego w stosunku do mikrofonu kulistego. Co więcej, możliwe jest dalsze rozszerzenie zakresu częstotliwości mikrofonu płaskiego, przez izolację akustyczną krawędzi płytki, która eliminuje różnicę faz występującą na bokach elementu piezoelektrycznego podczas przejścia fali w ośrodku otaczającym mikrofon. Ciśnienie wywołane przejściem fali, działa wówczas tylko na powierzchnię czołową elementu i jest na całym jego obszarze w tej samej fazie. W tym przypadku charakterystyka skuteczności mikrofonu jest zależna tylko od stosunku długości fali, rozchodzącej się w elemencie piezoelektrycznym, do jego grubości.

Długość fali sprężystej w materiale piezoelektrycznym jest kilkakrotnie większa od długości fali w wodzie, a więc zakres częstotliwości mikrofonu znacznie się rozszerza.

Wadą mikrofonu płaskiego jest to, że zakłóca on pole akustyczne i że jego charakterystyka kierunkowa jest bardzo krytyczna, co ma pewne ujemne skutki przy pomiarach natężenia ultradźwięków przy fali ciągłej w pobliżu źródła promieniowania i wymaga bardzo dokładnego ustawienia mikrofonu.

Mikrofon płaski ze względu na płaską charakterystykę skuteczności w szerokim zakresie częstotliwości dobrze nadaje się do pomiaru krótkich impulsów ultradźwiękowych w cieczach i w ciałach stałych. Bliższa analiza pracy takiego mikrofonu pozwoli nam na wyciągnięcie wniosków dotyczących prawidłowej jego konstrukcji oraz właściwego posługiwania się nim podczas pomiaru natężenia ultradźwięków.

## 2. Działanie mikrofonu piezoelektrycznego płaskiego

Głównym elementem płaskiego mikrofonu piezoelektrycznego jest płytka piezoelektryczna pokryta elektrodami, którą w czasie pomiaru ustawia się prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali (rys. 1). Płytką taką podlega jednostronnemu działaniu ciśnienia, będącego wynikiem ciśnienia akustycznego, w rezultacie na elektrodach płytki pojawia się napięcie zmienne proporcjonalne do ciśnienia akustycznego.

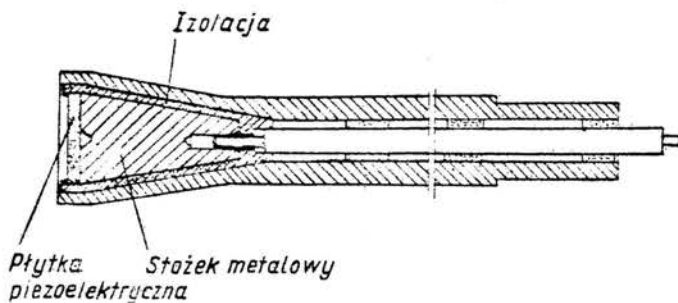
### STRESZCZENIE

W artykule rozważono działanie mikrofonu piezoelektrycznego płaskiego w oparciu o teorię mikrofonu kulistego, którego czynny element akustyczny stanowi wycinek kuli.

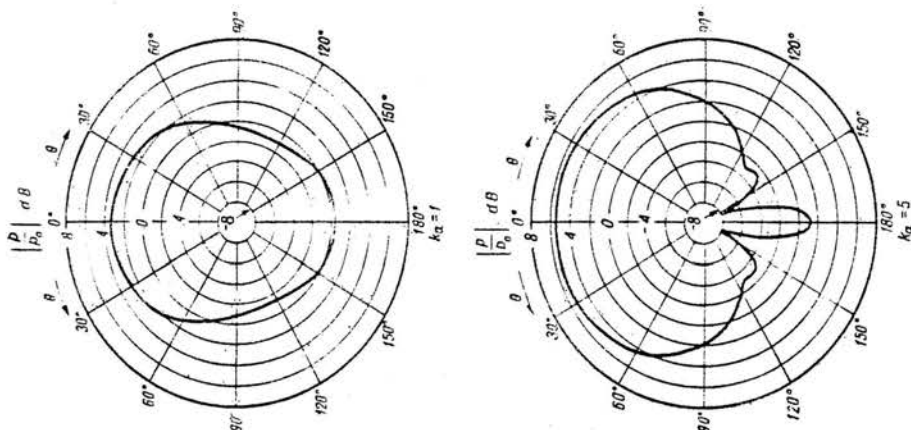
Taki mikrofon ma skuteczność niezależną od częstotliwości gdy średnica elementu piezoelektrycznego jest kilkakrotnie większa od długości fali w ośrodku.

Uwzględnienie jednak fali rozchodzącej się w elemencie piezoelektrycznym prowadzi do spadku skuteczności powyżej częstotliwości granicznej związanej z grubością tego elementu.

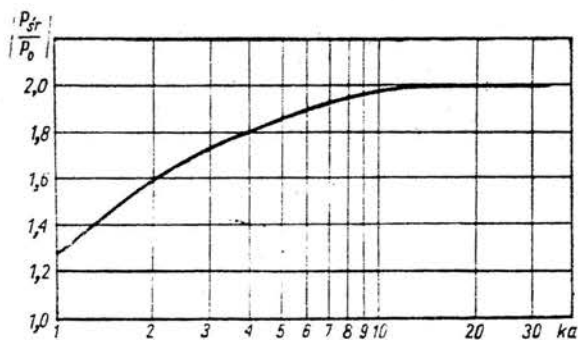
Na podstawie przebiegu napięcia na mikrofonie w czasie, wywołanego siłą skokową, obliczono jego charakterystykę skuteczności i przeanalizowano możliwości realizacji praktycznej mikrofonu o takiej charakterystyce skuteczności.



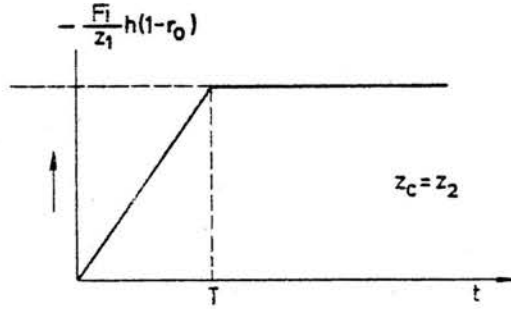
Rys. 1. Przekrój przez płaski mikrofon piezoelektryczny



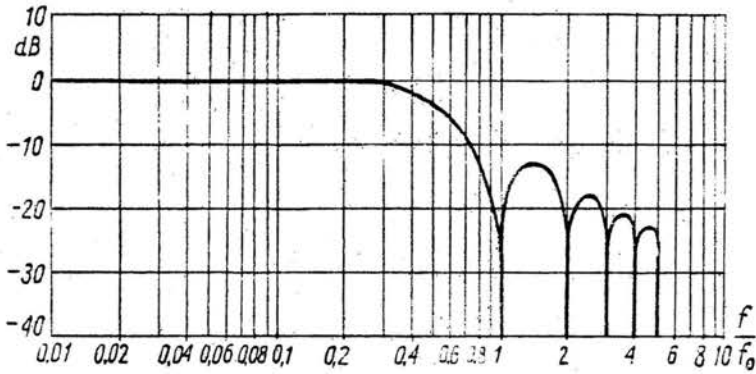
Rys. 2. Rozkład ciśnienia na powierzchni kuli w polu fali płaskiej  $ka = 1$ ,  $ka = 5$



Rys. 3. Charakterystyka skuteczności względnej mikrofonu stanowiącego wycinek kuli



Rys. 4. Przebieg czasowy napięcia na mikrofonie płaskim wywołany skokiem ciśnienia



Rys. 5. Charakterystyka skuteczności względnej mikrofonu płaskiego



Rys. 6. Mikrofon płaski kierunkowy w wykonaniu praktycznym



#### WYKAZ LITERATURY

1. Morse P. M.: Vibration and Sound. New York 1948.
2. Pajewski W.: Zagadnienia charakterystyki skuteczności mikrofonu piezoelektrycznego kulistego. Archiwum akustyki (w druku) - 1968.
3. Redwood M.: Transient performance of a piezoelectric transducer. JASA, t. 33, nr 4, 1961, s. 527.
4. Romanienko E. B.: Miniaturnyje piezoelektriczieskije ultrazwukowyje priomiki. Akust. Z. 1957, t. 3, nr 4, s. 342.