

Typy, rodzaje i charakterystyki mikrofonów

Opracowanie: Andrzej Sitek, pod kier. prof. B. Kostek

Plan prezentacji

- Wprowadzenie
- Klasyfikacja mikrofonów
- Charakterystyki mikrofonów
- Parametry mikrofonów
- Przykłady mikrofonów

Wprowadzenie

- Mikrofon – przetwornik elektroakustyczny zamieniający energię fali dźwiękowej na energię elektryczną
- Ta konwersja energii może przebiegać w różny sposób (stąd różne typy mikrofonów)
- Mikrofon jest przeważnie pierwszym elementem toru fonicznego

Klasyfikacja mikrofonów

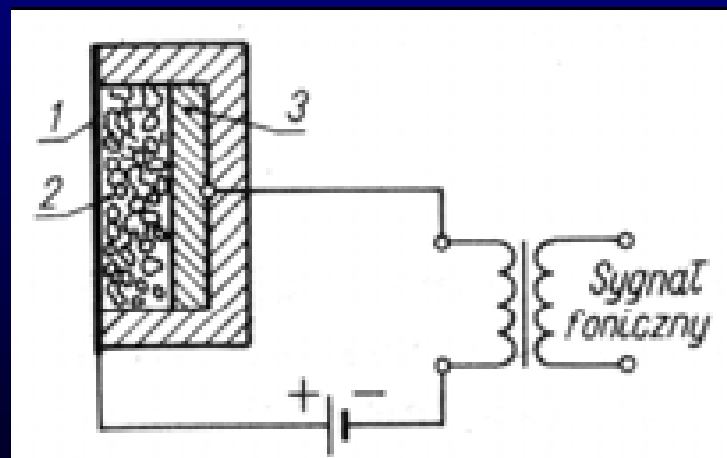
- Ze względu na sposób przetwarzania drgań membrany na sygnał elektryczny
- Ze względu na charakter oddziaływania pola dźwiękowego na membranę
- Ze względu na zastosowanie

Klasyfikacja ze względu na sposób przetwarzania drgań membrany

- Mikrofon węglowy
- Mikrofon piezoelektryczny
- Mikrofon dynamiczny
 - cewkowy / wstęgowy
- Mikrofon pojemnościowy
 - elektretowy / wielkomembranowe /
małomembranowe / powierzchniowy (PZM)
- Mikrofony eksperymentalne
 - optyczne / cyfrowe

Mikrofon węglowy (stykowy)

- Wynaleziony w 1878 r. (David Hughes)
- Zasada działania:
zmiana rezystancji proszku węglowego ściskanego przez membranę, drgającą pod wpływem zmiennego ciśnienia padającej fali akustycznej
- Budowa:
 - 1 – membrana
 - 2 – proszek węglowy
 - 3 – elektroda stała



Mikrofon piezoelektryczny

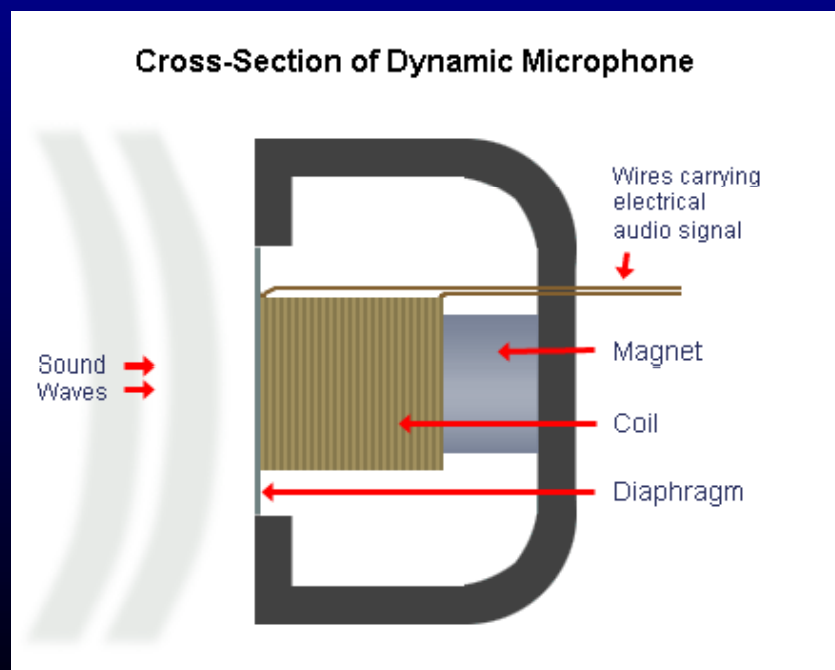
- **Zasada działania:**
wykorzystywane są właściwości piezoelektryczne niektórych materiałów – tj. wytwarzanie napięcia pod wpływem odkształcania mechanicznego (konwersja drgań na napięcie)
- **Cechy:**
 - wrażliwość na czynniki atmosferyczne
 - duża impedancja o char. pojemnościowym
- **Zastosowanie:**
głównie jako przetworniki w instrumentach akustycznych

Mikrofon dynamiczny

- Wynaleziony przez W. C. Wenete'a i A. C. Thurasa z firmy Bell Labs
- Patent z 1931 roku
- Ogólna zasada działania:
 - zjawisko indukcji elektromagnetycznej
 - do membrany mikrofonu przymocowana jest cewka umieszczona między biegunami magnesu stałego; drgania membrany powodują ruch cewki w polu magnet., co indukuje prąd
- Podział na mikrofon cewkowy i wstęgowy

Mikrofon dynamiczny cewkowy

- Magnes stały jest elementem nieruchomym
- Cewka przymocowana jest do ruchomej membrany (przeważnie plastikowej)
- Taka konstrukcja jest bardziej efektywna

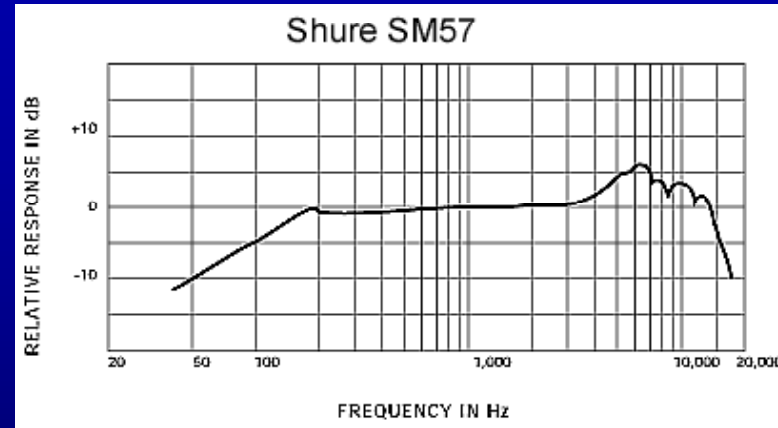


Mikrofon dynamiczny cewkowy

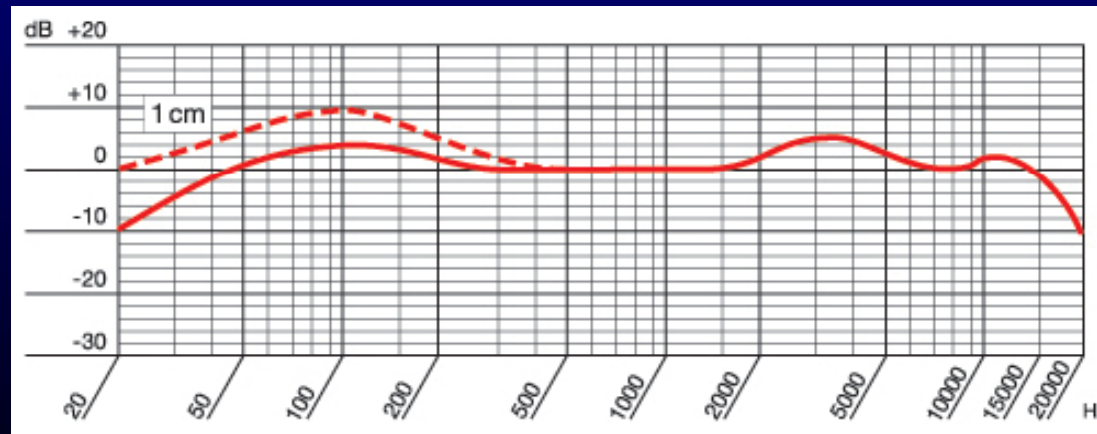
- Właściwości:
“kształtowana” odpowiedź częstotliwościowa,
rezystancja w granicach kilkuset Ω
- Zalety:
odporna konstrukcja, niska cena, dobra
kierunkowość, brak dodatkowego zasilania
- Wady:
mało efektywne przenoszenie wysokich
częstotliwości, niska skuteczność
- Przykładowe zastosowanie:
nagłośnienie, instrumenty perkusyjne, wokal

Mikrofon dynamiczny cewkowy

- Shure SM57:

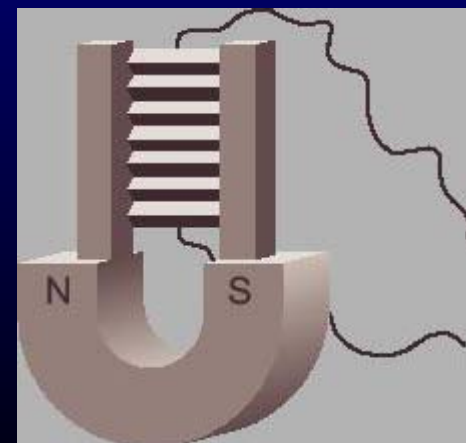


- AKG D112



Mikrofon dynamiczny wstęgowy

- Cienka, aluminiowa wstążka osadzona jest między nadbiegunnikami magnesu
- Jedna strona wstęgi jest wyeksponowana na działanie fal akustycznych
- Wstęga jest pofałdowana na całej długości
- Podłączenia są doprowadzone na górze i dole wstęgi
- W konstrukcji konieczne jest użycie transformatora

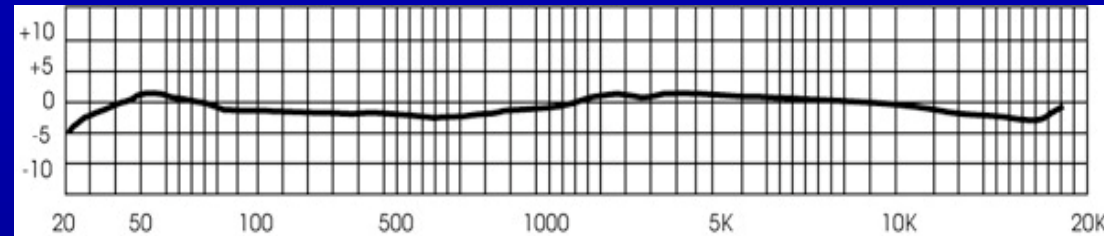


Mikrofon dynamiczny wstępowy

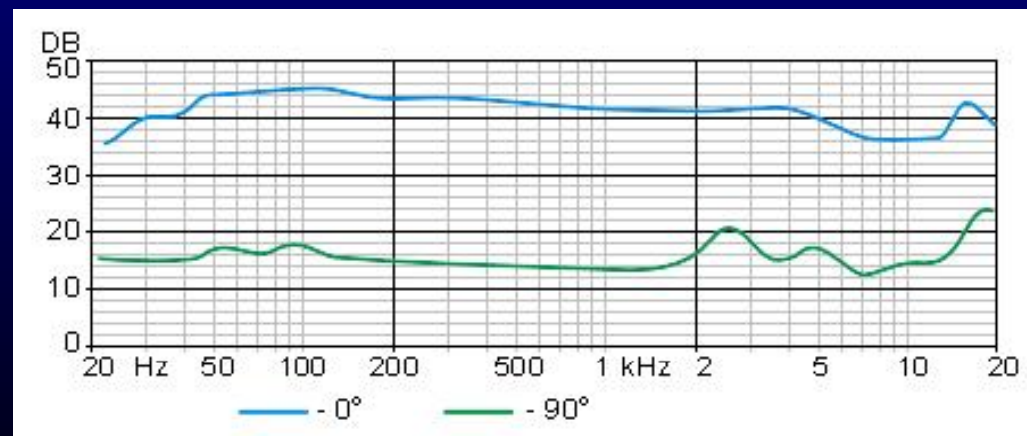
- Właściwości:
poprawiona charakterystyka częstotliwościowa w stosunku do mikrofonów cewkowych
- Zalety:
lepsze przenoszenie wyższych częstotliwości i transjentów, naturalne „ciepłe” brzmienie
- Wady:
wysoka cena, duża podatność na uszkodzenia, konieczność wzmacniania sygnału (szumy)
- Przykładowe zastosowanie:
głównie technika studyjna (nagrania foniczne)

Mikrofon dynamiczny wstęgowy

- Royer R-122



- Oktava ML-53

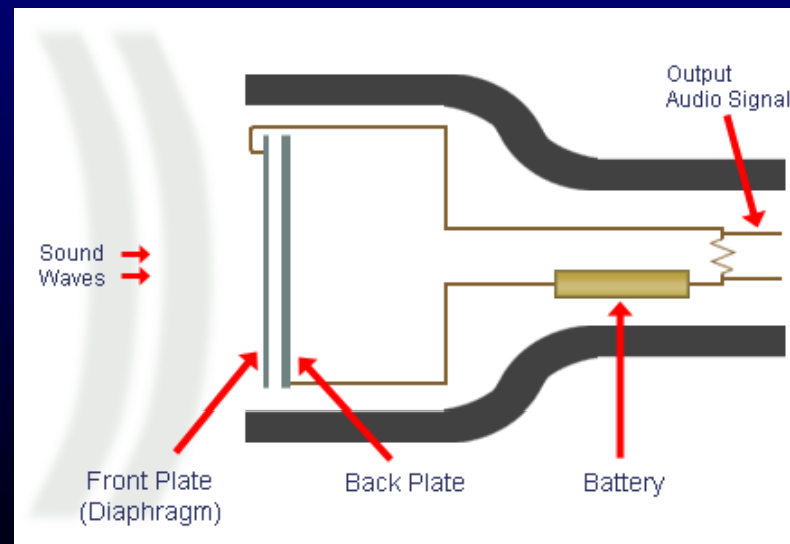


Mikrofon pojemnościowy

- Wynaleziony w Bell Labs w 1916 roku przez E. C. Wente
- Konstrukcja składa się z dwóch elektrod
- Jedna z nich jest nieruchoma, natomiast druga pełni rolę membrany i wystawiona jest na działanie fal akustycznych
- Ruch membrany powoduje powstanie składowej zmiennej w napięciu stałym kondensatora, odzwierciedla częstotliwość fali akustycznej padającej na mikrofon

Mikrofon pojemnościowy

- Aby taka konstrukcja mogła działać, niezbędne jest napięcie na kondensatorze
- Przeważnie jest to napięcie stałe o wartości 48 V (tzw. *phantom*)
- Dostarcza się je z baterii bądź kablem mikrofonowym



Mikrofon pojemnościowy

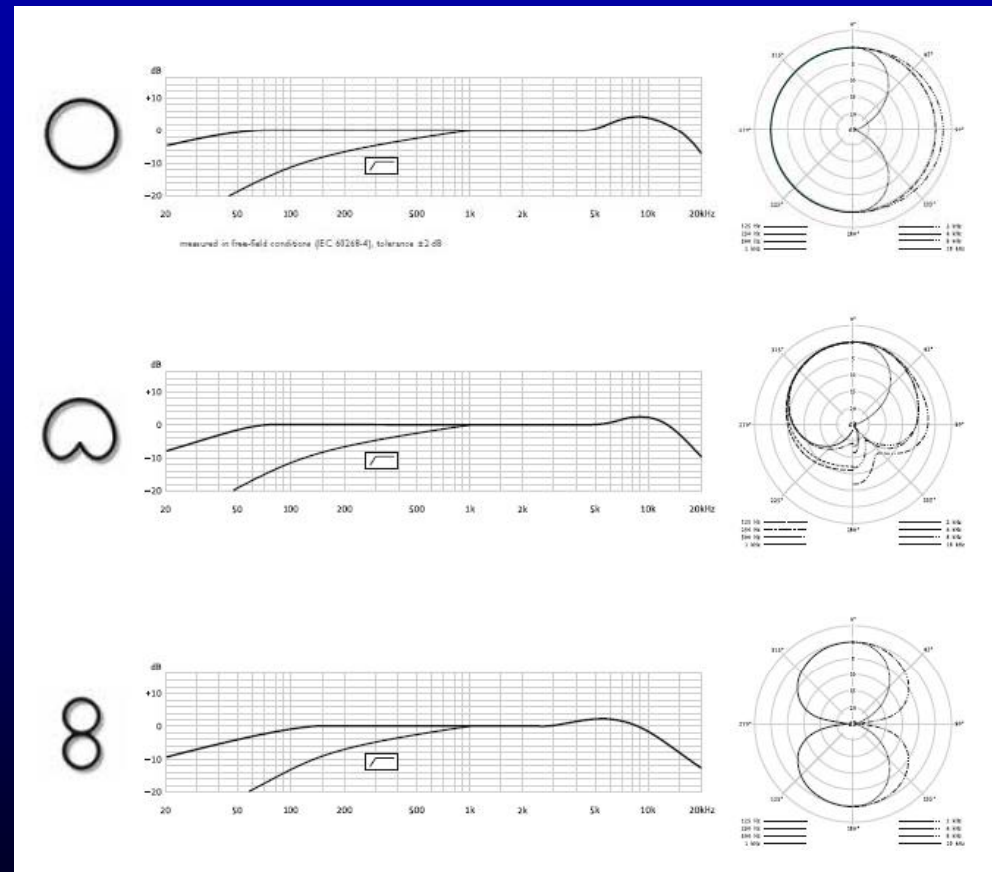
- **Zalety:**
znacznie lepsza skuteczność niż mikrofony dynamiczne, lepsze przenoszenie transjentów i subtelnych dźwięków, płaska charakterystyka przenoszenia w całym paśmie akustycznym
- **Wady:**
wyższa cena niż dynamiczne, łatwo przesterować ze względu na czułość, konieczność użycia zewnętrznego zasilania
- **Zastosowanie:**
głównie w studiu oraz w nagraniach „na żywo”

Mikrofon pojemnościowy

- Mikrofony do zastosowań studyjnych dzielimy na wielko- i małomembranowe
- Wielkomembranowe:
większa czułość mikrofonu, ale mniejsza tolerancja na dźwięki o wysokim poziomie SPL, koloryzacja dźwięku pochodzącego spoza osi membrany, występowanie efektu zblizeniowego
- Małomembranowe:
mniejsza czułość mikrofonu, dokładniejsze przetwarzanie pasma akustycznego (bez koloryzacji)

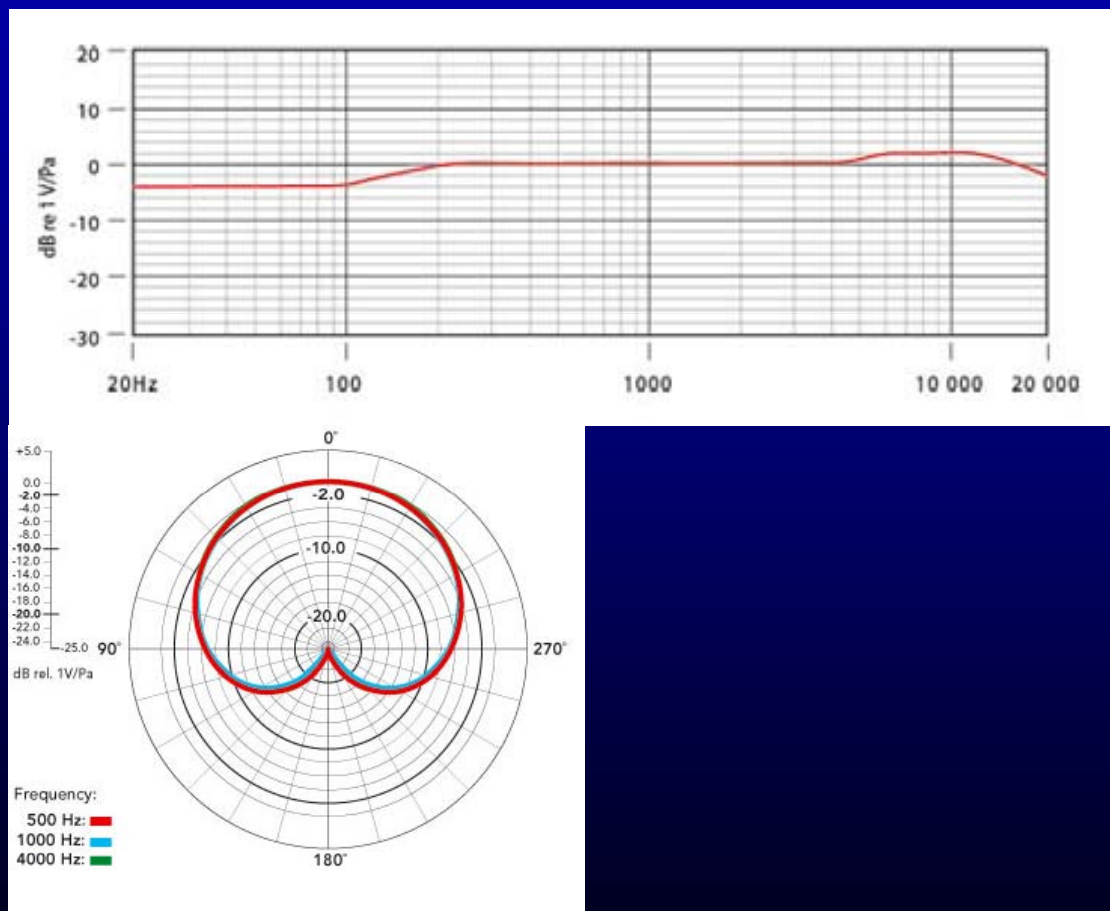
Mikrofon pojemnościowy

- Neumann U87 (wielkomembranowy)



Mikrofon pojemnościowy

- RODE NT5 (małomembranowy)

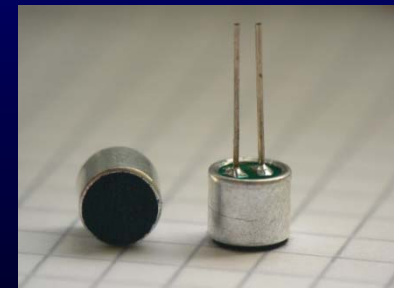


Mikrofon pojemnościowy – konstrukcja lampowa

- Składa się z kapsuły pojemnościowej oraz przedwzmacniacza lampowego
- Użycie lampy zmienia charakter tonalny mikrofonu
- Zalety:
podobnie, jak w przypadku mikrofonów pojemnościowych, „ciepłe” lampowe brzmienie
- Wady:
wyższy koszt, łatwość uszkodzenia, wysoki poziom szumów własnych, konieczność zasilania

Mikrofon elektretowy

- Odmiana mikrofonu pojemnościowego
- Konstrukcja bez przetwornicy będącej źródłem napięcia polaryzującego
- Membrana mikrofonu wykonana jest z folii elektretowej – zapewniającej tą polaryzację
- Możliwa jest miniaturyzacja konstrukcji
- Zastosowanie:
nagłaśnianie prelekcji (mikrofony krawatowe),
mikrofony – przypinki do nagłaśniania/
nagrywania gitary akustycznej, skrzypiec, telefonia
komórkowa



Mikrofon elektretowy

- Inna konstrukcja: ang. *back-electret*
- Warstwa elektretowa znajduje się nie na membranie, ale na nieruchomym podłożu
- Taka konstrukcja jest zbliżona do mikrofonu pojemnościowego
- Wiele profesjonalnych mikrofonów używa takiej konstrukcji (jak np. firmy B&K)
- Wady:
jeden typ charakterystyki kierunkowej każdej kapsuły, ładunek kapsuły zanika z czasem

Mikrofon powierzchniowy

- PZM (ang. *Pressure Zone Microphone*)
znak towarowy firmy Crown International
- Rejestruje wyłącznie dźwięk bezpośredni –
eliminacja efektu filtracji grzebieniowej i
„koloryzacji” dźwięku przez odbicia
- Przeważnie używane do nagłaśniania
konferencji lub w teatrach
- Właściwości:
silny poziom wyjściowy, gładka
charakterystyka częstotliwościowa



Mikrofon optyczny

- Przykładowe rozwiązanie firmy Sennheiser
- Fala akustyczna przetwarzana jest na sygnał optyczny zamiast elektrycznego
- Technologia nie jest jeszcze obecnie wykorzystywana w studiach nagrań
- Zalety:
małe wymiary, niewrażliwość na zakłócenia elektromagnetyczne, bezstratna transmisja
- Wady:
mniejszy SNR niż typowe mikrofony

Mikrofon cyfrowy

- Mikrofon jest z zasady urządzeniem analogowym
- Zasada działania: sygnał akustyczny na wejściu → sygnał cyfrowy na wyjściu
- Integracja przedwzmacniacza i konwertera A/C oraz umieszczenie ich blisko przetwornika akustycznego
- Dodatkowo można integrować dodatkowe układy przetwarzające sygnał (efekty)
- Zastąpienie tranzystorów JFET w układach przedwzmacniaczy układami CMOS

Mikrofon cyfrowy

- Zalety w stosunku do mikrofonu analogowego:
 - Zwiększenie zakresu dynamiki
 - Poprawa liniowości układu
 - Obniżenie poziomu szumu
 - Zmniejszenie poboru mocy
 - Zmniejszenie wrażliwości takiego mikrofonu na sygnały zakłócające:
 - RFI (*Radio Frequency Interference*)
 - EMI (*Electromagnetic Interference*)

Mikrofon cyfrowy - budowa

- Główne elementy:
analogowa wkładka mikrofonowa, przedwzmacniacz CMOS, przetwornik A/C
- Dodatkowe elementy:
wewnętrzny stabilizator napięcia, układy zegarowe, ...
- Wyjściowy sygnał z wkładki mikrofonowej jest sygnałem analogowym
- Sygnał ten jest wzmacniany w bloku CMOS
- Jako przetwornik A/C stosuje się 1-bitowy modulator $\Sigma\Delta$ z pojedynczą pętlą

Mikrofon cyfrowy - przykład

- Neumann D-01 Solution D:
mikrofon cyfrowy + interfejs DMI-2 +
oprogramowanie do zdalnego sterowania RSC
- Transmisja danych zgodna z AES 42
(standard for acoustic-digital interface for microphones)
- 28-bitowy przetw. A/C (dynamika 130 dB)

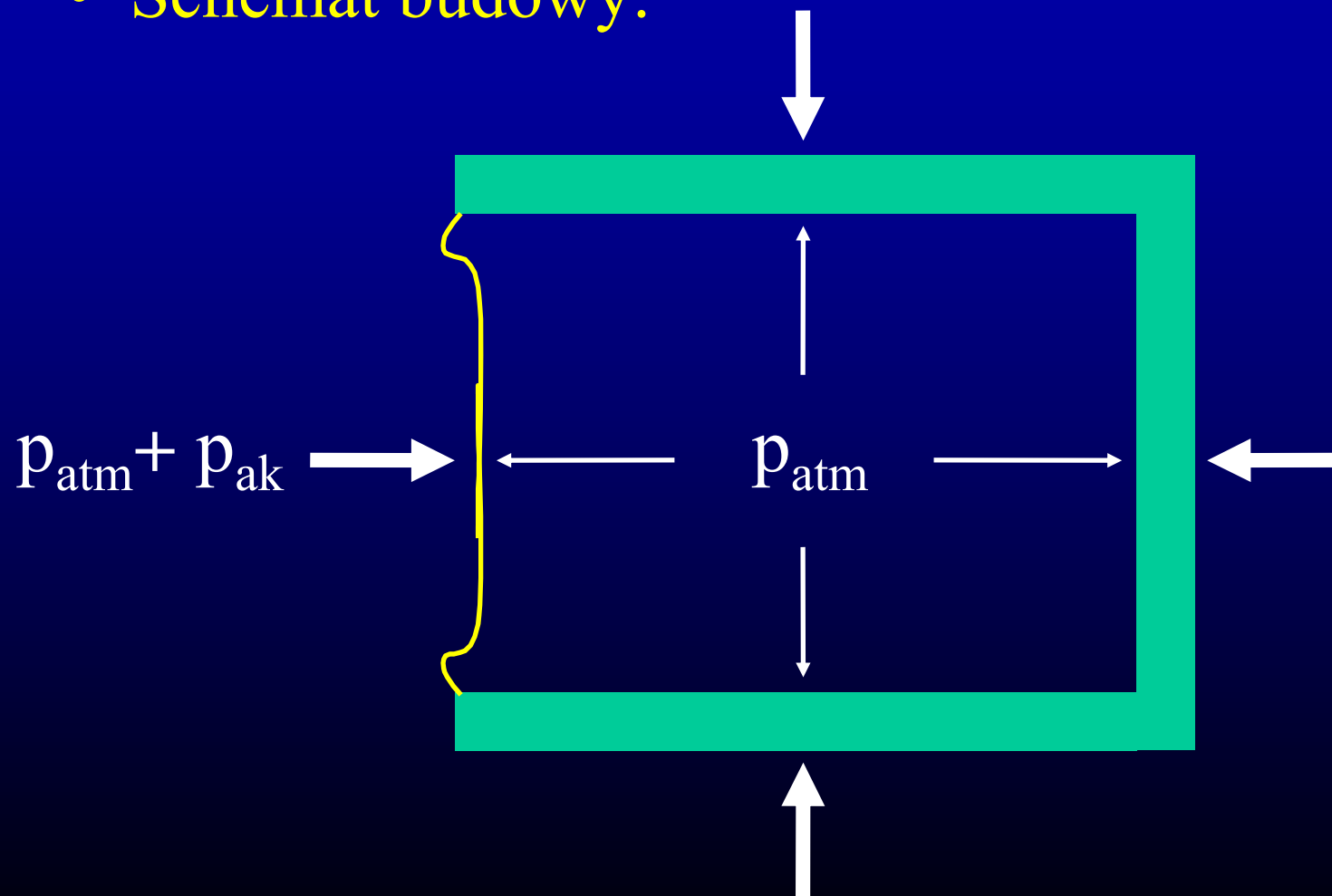


Klasyfikacja ze względu na sposób oddziaływania dźwięku na membranę

- Mikrofon ciśnieniowy
- Mikrofon gradientowy
- Mikrofon ciśnieniowo-gradientowy
- Mikrofon interferencyjny

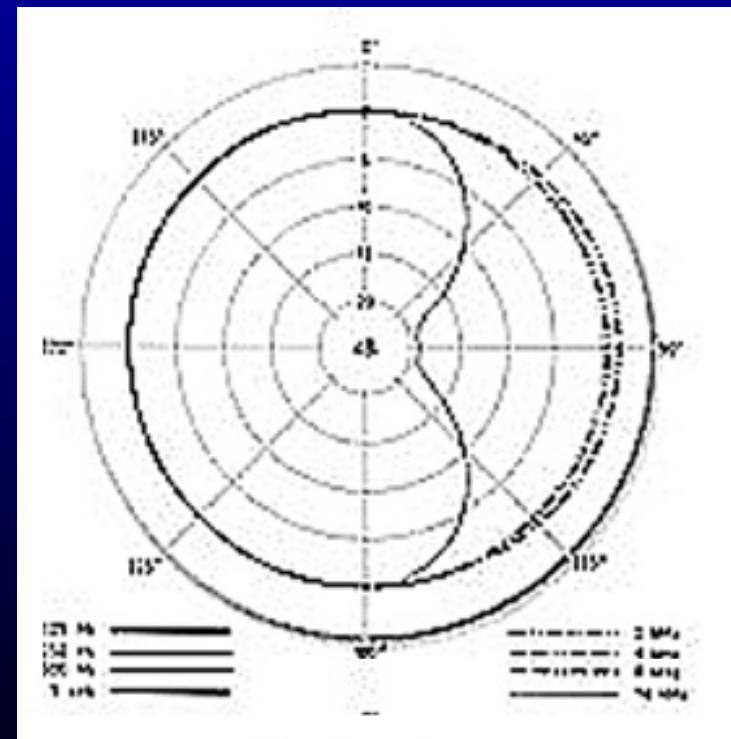
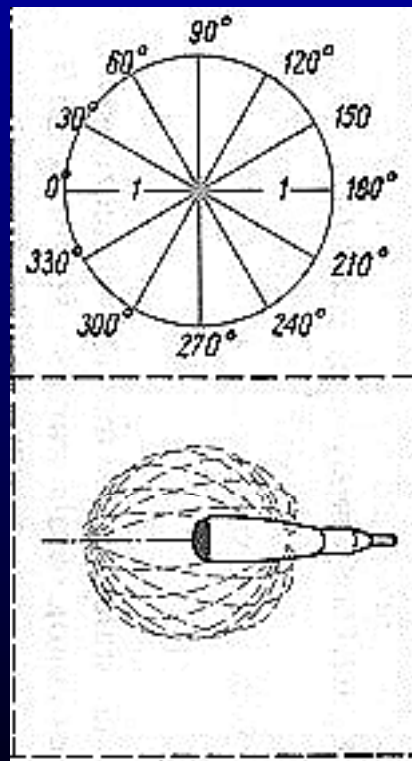
Mikrofon ciśnieniowy

- Schemat budowy:



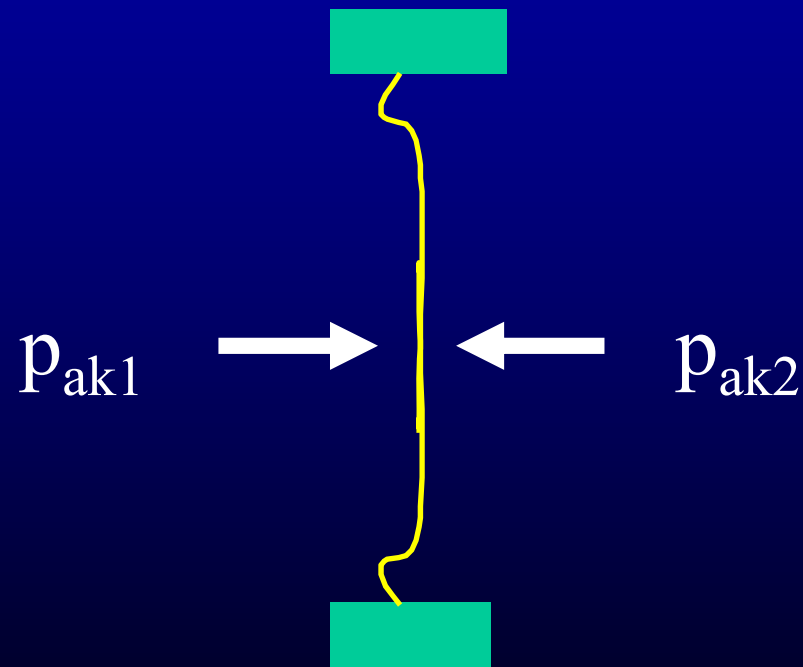
Mikrofon ciśnieniowy

- Charakterystyka kierunkowa



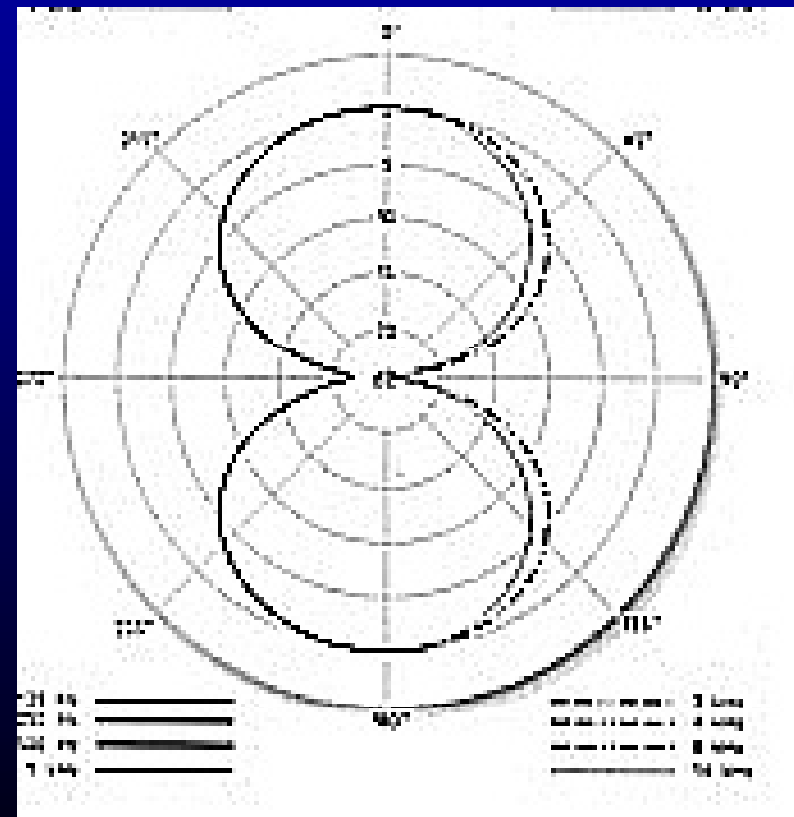
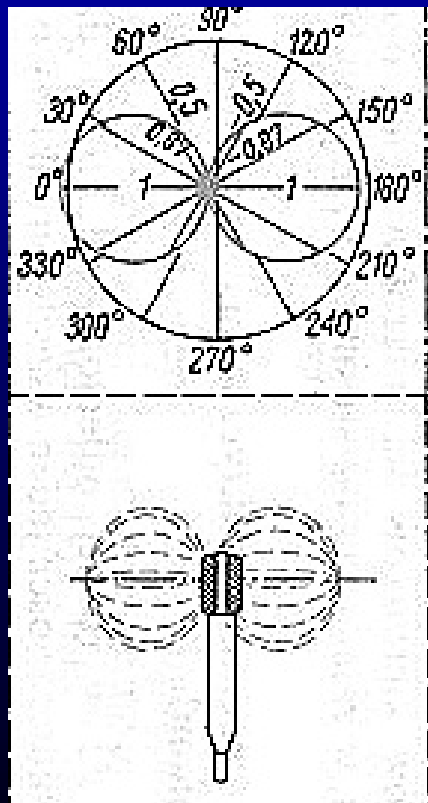
Mikrofon gradientowy

- Schemat budowy:



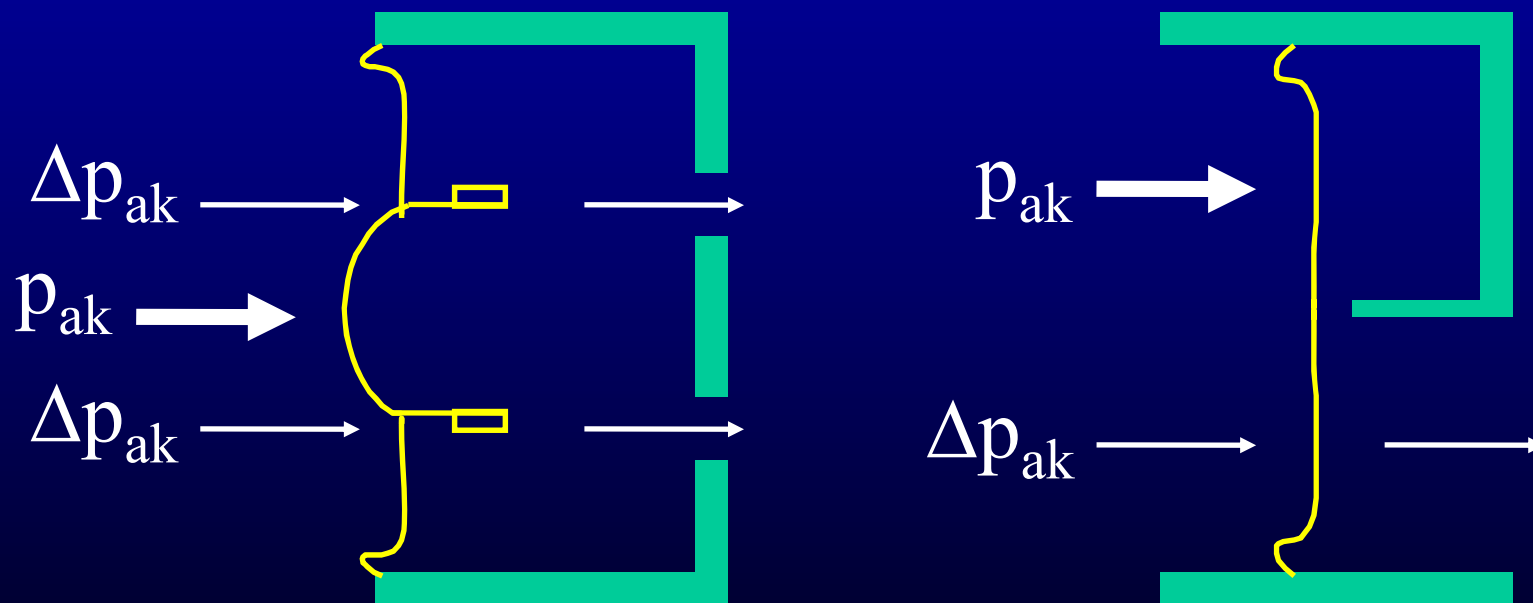
Mikrofon gradientowy

- Charakterystyka kierunkowa



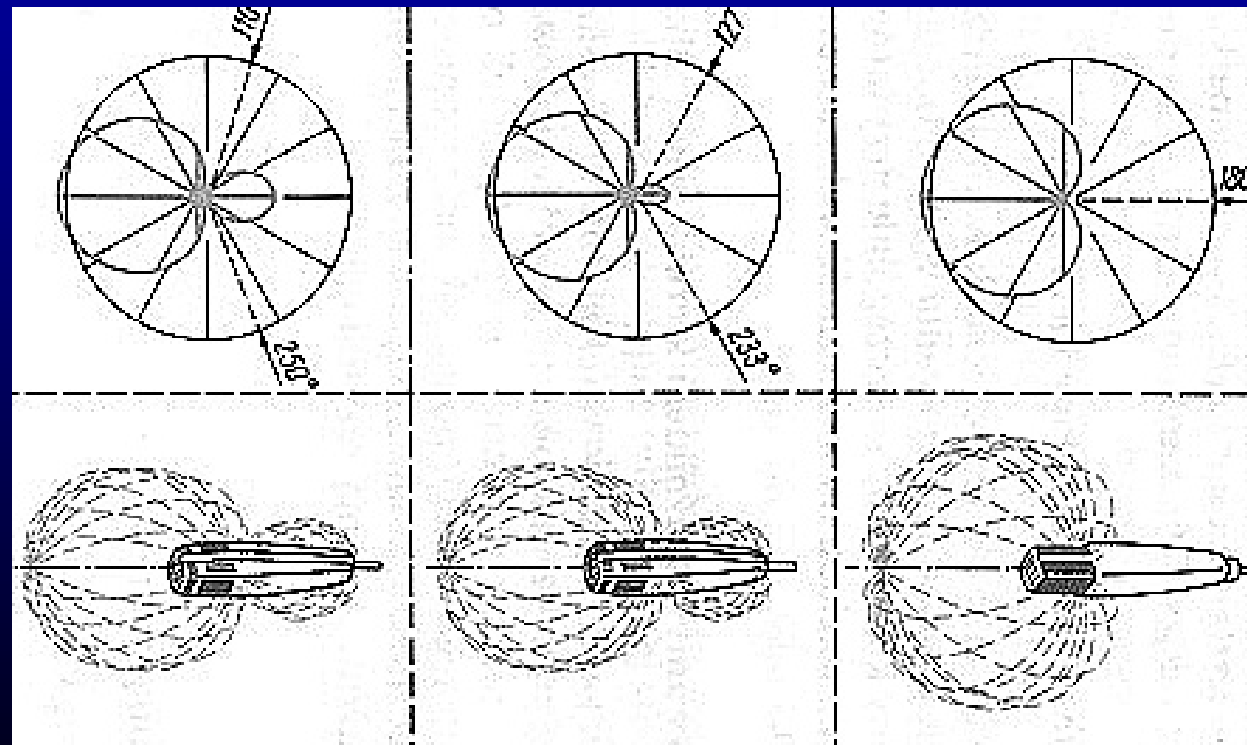
Mikrofon ciśnieniowo-gradientowy

- Schemat budowy:



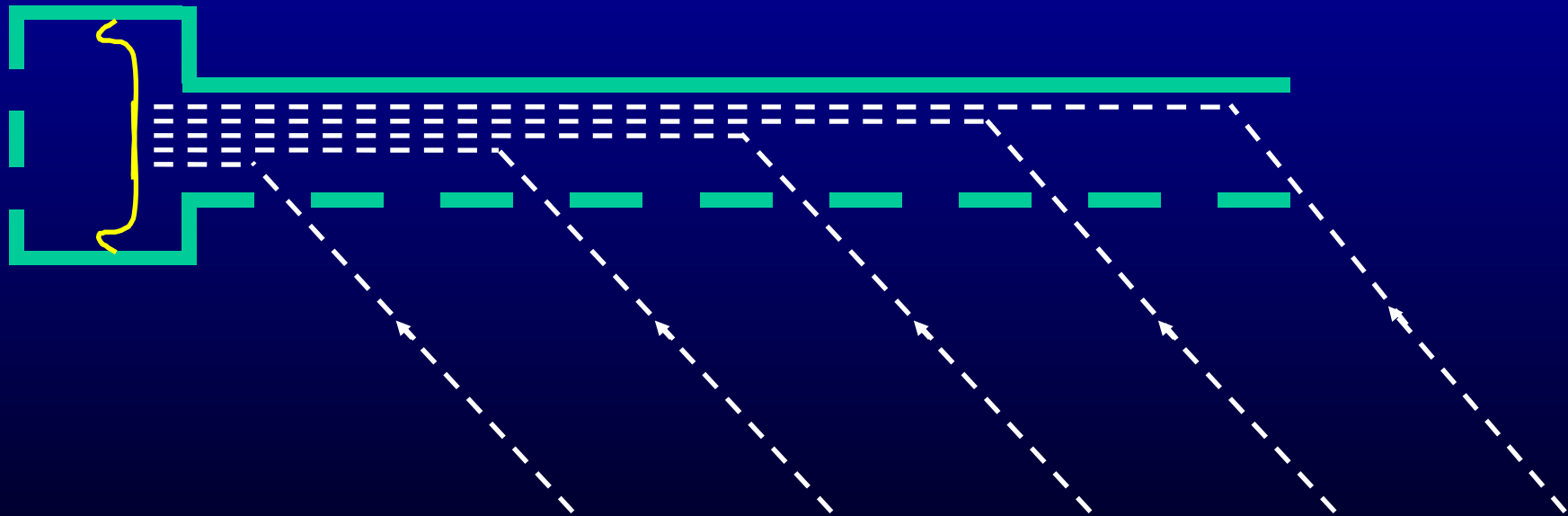
Mikrofon ciśnieniowo- gradientowy

- Charakterystyka kierunkowa



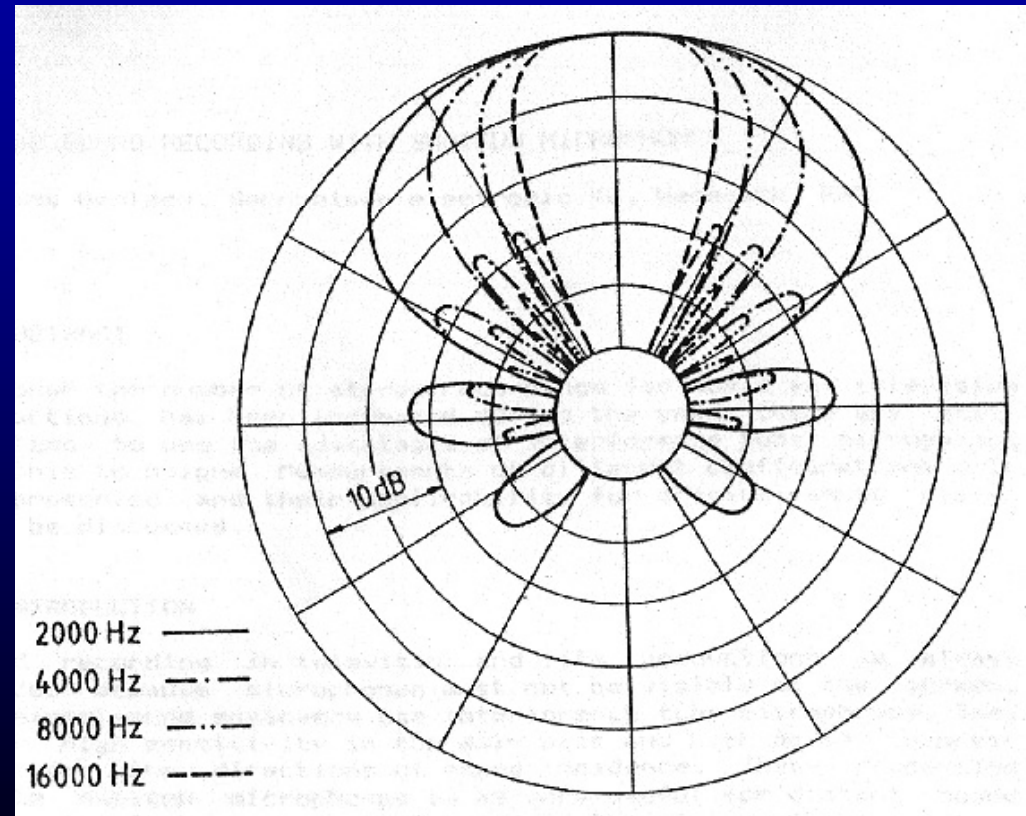
Mikrofon interferencyjny

- Schemat budowy:



Mikrofon interferencyjny

- Charakterystyka kierunkowa



Klasyfikacja ze względu na zastosowanie

- Mikrofon instrumentalny
- Mikrofon wokalny
- Mikrofon pomiarowy

.....

Parametry mikrofonów

- Skuteczność
- Zakres dynamiki
- Czułość
- Charakterystyka kierunkowa
- Charakterystyka częstotliwościowa
- Impedancja
- Odstęp sygnału od szumów (SNR)
- Maksymalna wartość SPL
- Szumy własne

Parametry mikrofonów

- **Skuteczność [mV/Pa]:**
stosunek napięcia na nieobciążonym wyjściu mikrofonu do wartości ciśnienia akustycznego działającego na membranę; skuteczność mikrofonu mierzy się w polu dalekim
- **Zakres dynamiki [dB]:**
różnica między największą i najmniejszą wartością ciśnienia akustycznego (wyrażonego w dB) przenoszonego przez mikrofon
- **Czułość:**
zależność między ciśnieniem akustycznym wywieranym na membranę mikrofonu a napięciem wyjściowym

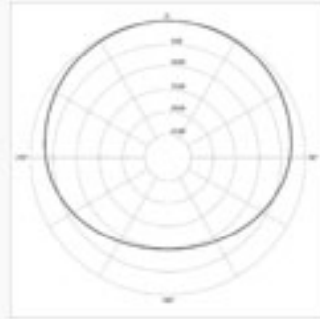
Charakterystyka kierunkowa

- Wykres przedstawiający stosunek skuteczności dla danego kąta padania dźwięku na mikrofon do maksymalnej skuteczności (przy padaniu pod kątem 0°)
- Podstawowe:
 - wszechkierunkowa (ang. *omnidirectional*)
 - kardioidalna (ang. *cardioid*)
 - superkardioidalna (ang. *supercardioid*)
 - dwukierunkowa (ang. *bidirectional*)
 - jednokierunkowa (ang. *directional*)

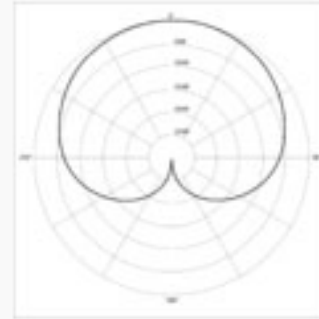
Charakterystyka kierunkowa



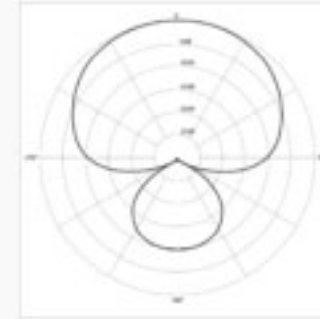
Omnidirectional



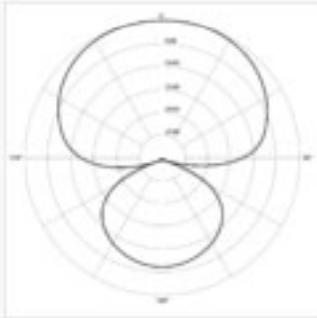
Subcardioid



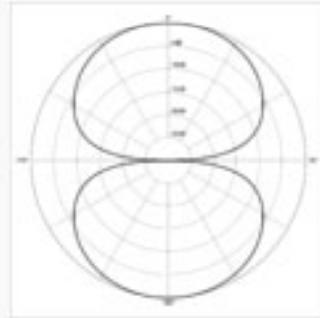
Cardioid



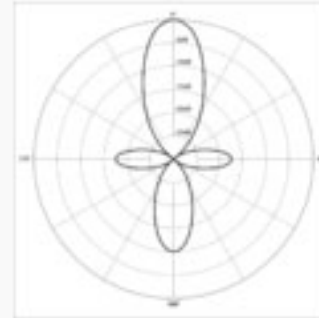
Supercardioid



Hypercardioid



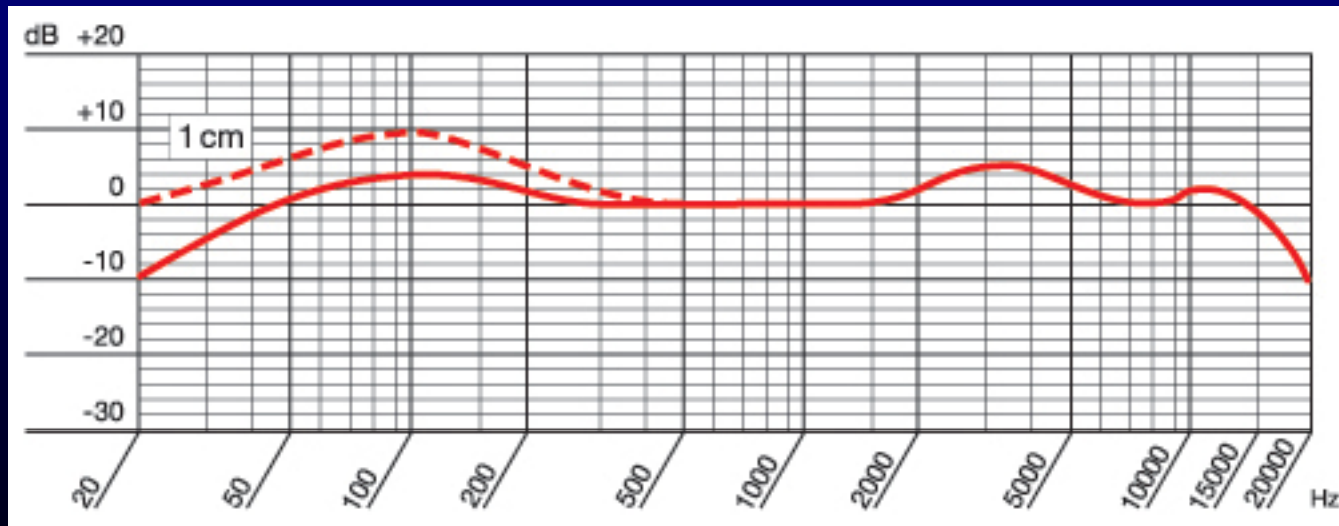
Bi-directional



Shotgun

Charakterystyka częstotliwościowa

- Wykres zależności czułości mikrofonu od częstotliwości wyrażonej w Hz (zwykle w paśmie akustycznym 20 Hz – 20 kHz)
- Zamiast wykresu podaje się również pasmo przenoszenia (ang. *frequency response*)



Parametry mikrofonów

- Impedancja [Ω]:
impedancja zmierzona na wyjściu mikrofonu traktowanego jako źródło prądowe
- Odstęp sygnału od szumów (SNR) [dB]:
różnica między napięciem na wyjściu mikrofonu przy ciśnieniu akustycznym równym 1 Pa a napięciem szumów mikrofonu
- Maksymalna wartość SPL [dB_{SPL}]:
maksymalna wartość ciśnienia akustycznego SPL, jaką może przenieść mikrofon przy danej wartości zniekształceń
- Szumy własne [dB]:
napięcie na wyjściu mikrofonu zmierzone w warunkach zupełnej ciszy

Referencje

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Microphone>
- <http://www.xowave.com/doc/recording/mic-tips.shtml>
- http://www.soundonsound.com/sos/apr98/articles/mic_types.html
- <http://www.national.com/nationaledge/apr03/article.html>
- <http://www.mediacollege.com/audio/microphones/how-microphones-work.html>
- <http://www.tonmeister.ca/main/textbook/node455.html>
- <http://www.shure.com/>
- <http://www.neumann.com/>
- <http://www.oktava-online.com/>
- http://www.sennheiser.com/sennheiser/home_en.nsf
- <http://www.schoeps.de/showroom/>
- <http://www.dpamicrophones.com/en>
- <http://www.rodemic.com/>