



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



Technologia nagrań

Mikrofony i techniki mikrofonowe

Mgr inż. Bartłomiej Mróz

W którą stronę ustawić mikrofon?



“End-address”, “side-address”

Mikrofony ołówkowe, “paluszki” (“pencil microphones”):

- Neumann KM 184
- AKG C 451 B



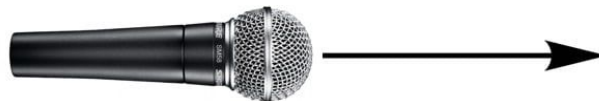
Mikrofony typu shotgun:

- Sennheiser MKH 416



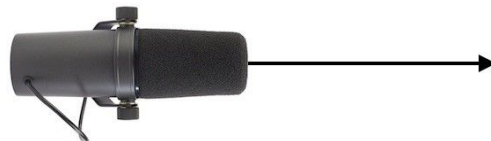
Mikrofony ręczne:

- Shure SM58



Inne znane mikrofony typu “end-address”:

- Shure SM7B



Mniej oczywiste mikrofony “end-address”:

- Sennheiser MD421



“End-address”, “side-address”

Wielkomembranowe mikrofony pojemnościowe:

- Rode NT-1



Mikrofony z kapsułami o zmiennej charakterystyce:

- Neumann U 87 AI



Mikrofony z dwukierunkową charakterystyką, mikrofony wstęgowe:

- Royer R-121



Mikrofony stereo:

- Schoeps CMXY 4V



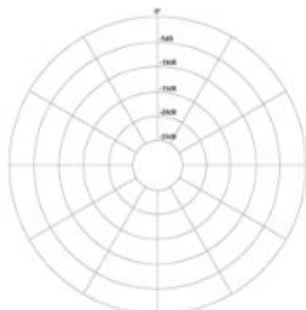
Logo jest zawsze z przodu mikrofonu!

Typy mikrofonów ze względu na strukturę akustyczną

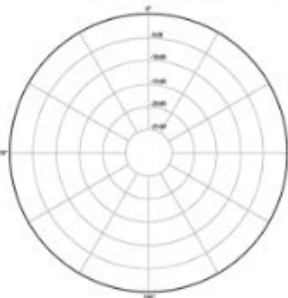
- ciśnieniowe – mają jedną stronę membrany osłoniętą szczelną komorą, dlatego czułe są tylko na zmiany ciśnienia akustycznego bez względu na kierunek, z którego napływa fala akustyczna;
- gradientowe – membrana jest otwarta z obu stron, więc są one w zasadzie czułe na dźwięki napływające z kierunków prostopadłych do membrany; są natomiast zupełnie nieczułe na fale dźwiękowe napływające z kierunków leżących w płaszczyźnie membrany;
- ciśnieniowo-gradientowe – zmiany ciśnienia akustycznego przedostają się do drugiej strony membrany przez odpowiednie kanały oraz otwory. Mikrofony takie wykazują właściwości kierunkowe – są najbardziej czułe na fale dźwiękowe padające prostopadle na membranę od przodu mikrofonu;
- ciśnieniowo-gradientowo-interferencyjne – mają długi kanał z bocznymi otworami (w kształcie rury przed membraną mikrofonu) tak skonstruowany, że następuje uprzywilejowanie fal dźwiękowych napływających wzdłuż osi głównej mikrofonu.

Charakterystyka kierunkowości

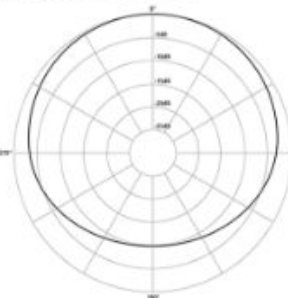
(*directionality, polar pattern, pick-up pattern*)



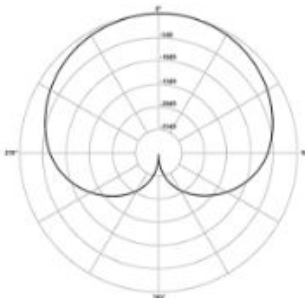
Empty



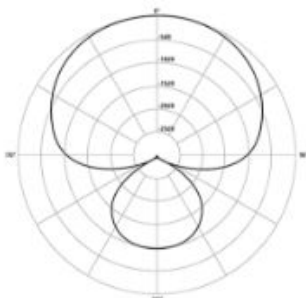
Omnidirectional



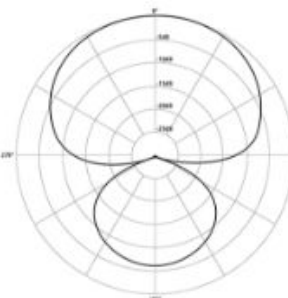
Subcardioid



Cardioid



Supercardioid



Hypercardioid

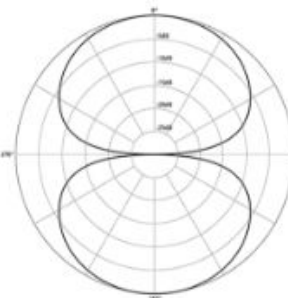
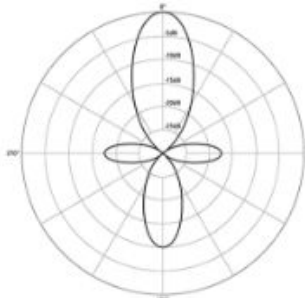
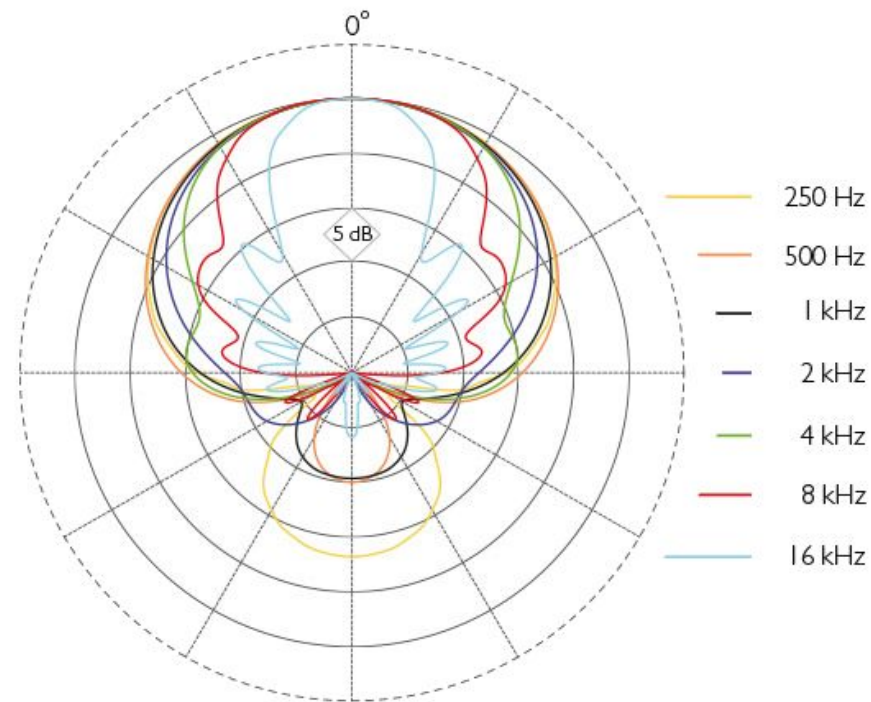
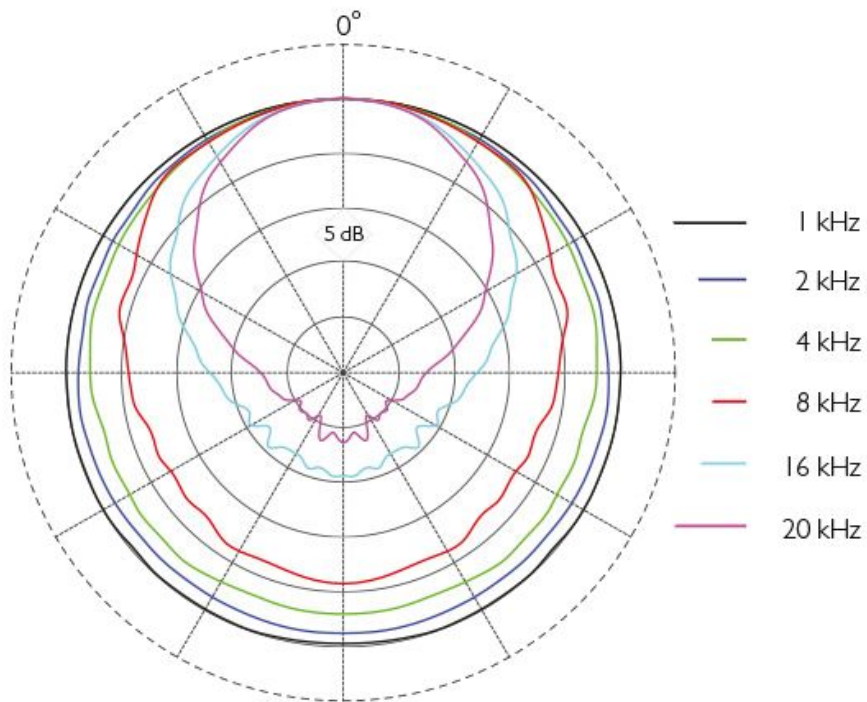


Figure 8

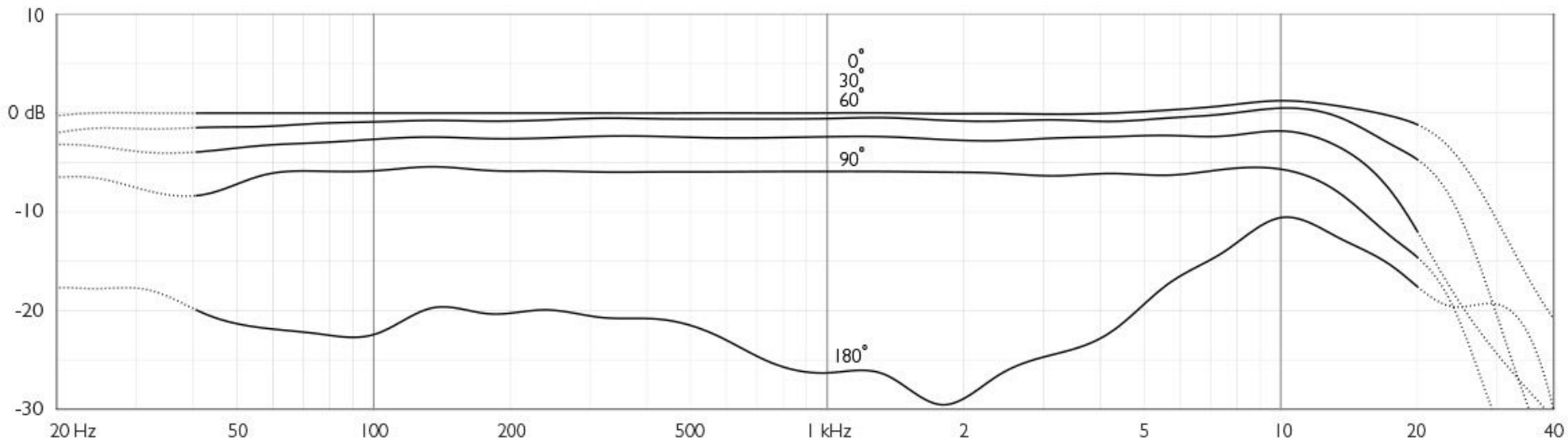


Shotgun

Charakterystyka kierunkowości – różna dla różnych częstotliwości



Pasmo przenoszenia mikrofonu

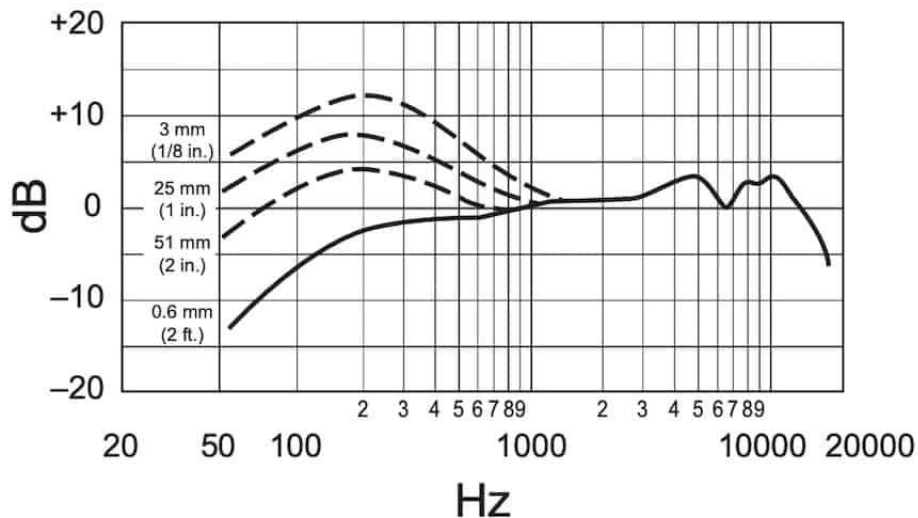


Typowo podawana jest dla 1 kHz

Efekt zbliżeniowy – *proximity effect*

Jest to wzmocnienie niskich częstotliwości spowodowane bliskością źródła dźwięku. Im bardziej kierunkowy mikrofon, tym większy będzie efekt zbliżeniowy.

Mikrofon wszechkierunkowy / dookólny (*omnidirectional*) nie będzie posiadał efektu zbliżeniowego. Co więcej, mikrofony typu *omni* mają dużo lepszą odpowiedź częstotliwościową w niskim zakresie. Dobry mikrofon *omni* będzie miał płaską charakterystykę nawet dla 30, 20 Hz i poniżej – zatem będzie się doskonale nadawał do nagrania basowych gitar, bębnów, czy kontrabasów.

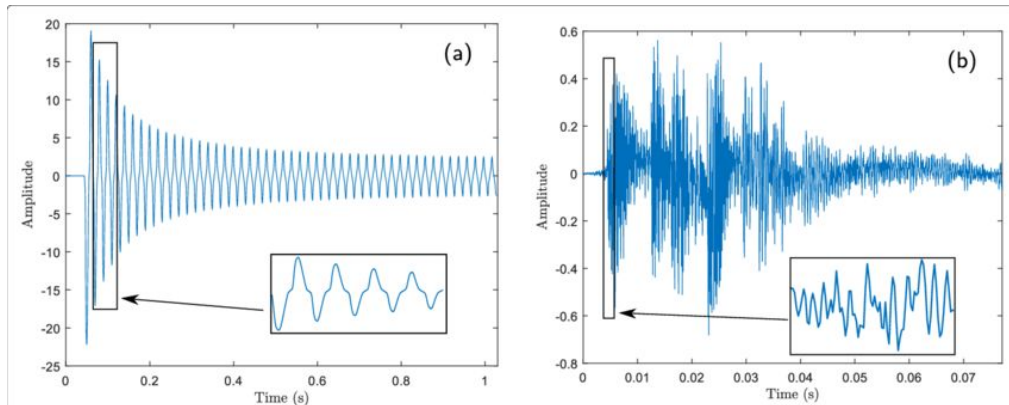


Parametry mikrofonu

- Jakość dźwięku spoza głównej osi mikrofonu (*“off-axis pickup”, “spill”*);
- Dołączona specyfikacja obejmuje jedną lub różne częstotliwości;
- Czułość – poziom elektryczny mikrofonu w polu dźwiękowym, zazwyczaj 94 dB SPL;
- Szum własny (*self-noise*), ENR (*Equivalent Noise Rating*), SNR (*Signal-to-Noise Ratio*)
$$\text{Szum własny} = \text{ENR} = 94 \text{ dB} - \text{SNR}$$
- SPL (Sound Pressure Level) – maksymalny poziom ciśnienia akustycznego powyżej którego mikrofon generuje zniekształcenia;
- Zakres dynamiczny – zakres SPL w którym mikrofon jest w stanie uchwycić dźwięk;
- Odpowiedź transjentowa – przenoszenie transjentów określa w jak doskonały sposób mikrofon przekazuje impulsy

Transjenty

Transjenty to stany nieustalone związane z impulsowym przeniesieniem energii do elementu drgającego w mikrofonie, objawiające się gwałtownym wzrostem energii sygnału w dziedzinie czasu. Transjenty to pierwsze peaki w ataku dźwięku. Zawierają dużo informacji które pozwalają nam zidentyfikować dźwięk. Instrumenty z dużą ilością transjentów: bębny, fortepian, instrumenty szarpane strunowe (zwłaszcza gitara akustyczna).

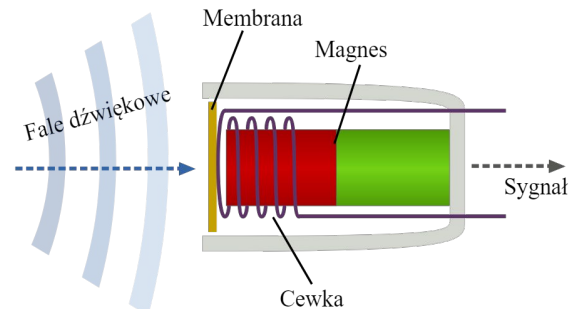


Typy mikrofonów ze względu na budowę

Mikrofony dynamiczne

Są dosyć odporne na uszkodzenia – w związku z czym są najczęściej wykorzystywane przez wokalistów na scenie, w środku bębna centralnego perkusji, itp. Mają niski poziom szumów własnych, oraz są mało wrażliwe na podmuchy wiatru. Nadają się do podłączenia bardzo długich kabli, ale są podatne na zakłócenia elektromagnetyczne.

Mają kiepską charakterystykę w zakresie wysokich częstotliwości, niską czułość i klarowność brzmienia (ze względu na sporą inercję masywnej membrany, która musi utrzymać cewkę). W związku z tym, doskonale nadają się do nagrań głośnych instrumentów – potrafią wytrzymać wysokie ciśnienie akustyczne.



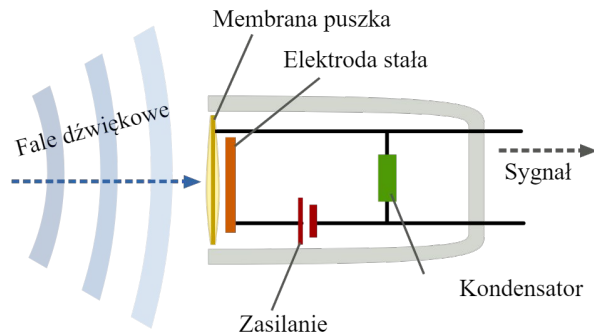
Typy mikrofonów ze względu na budowę

Mikrofony pojemnościowe

Do elektrody stałej potrzebne jest tzw. napięcie polaryzacyjne (+48V, “phantom power”).

Cieńsza i lżejsza membrana jest dużo bardziej czuła niż w mikrofonach dynamicznych, pozwalając na dokładniejsze uchwycenie częstotliwości, nierzadko dużo wyższych niż 20 kHz.

Z uwagi na delikatność, w przypadku nagrywania np. wokalu, należy korzystać z pop filtrów (wybuchowe zgłoski mogą uszkodzić membranę).



Typy mikrofonów ze względu na budowę

Mikrofony pojemnościowe:

- Małomembranowe: $\leq 1/2$ "
- Wielkomembranowe: ≥ 1 "

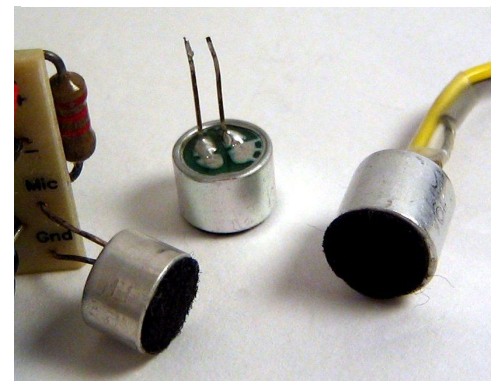
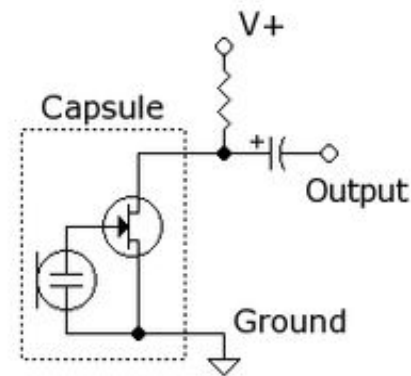
Mikrofony pojemnościowe o małej membranie są bardziej “dokładne”, z mniejszym “charakterem”. Są też głośniejsze, oraz posiadają większy szum własny. Mikrofony pojemnościowe o dużej membranie posiadają więcej “charakteru”, oraz mają tendencję do “powiększenia” dźwięku. Ponadto, więcej energii akustycznej uchwyconej przez membranę jest konwertowane na elektryczność, zatem potrzebują mniej (potencjalnie zaszumionego) wzmacniacza.



Typy mikrofonów ze względu na budowę

Mikrofony elektretowe

Są podobne do pojemnościowych, ale używają membrany (lub nieruchomej okładziny) wykonanej z elektretu – dielektryka o trwałej polaryzacji elektrycznej. Niski koszt produkcji i prostota zasilania (zbędne napięcie polaryzujące) spowodowały powszechność zastosowań w tanim sprzęcie powszechnego użytku, co przysporzyło im złą sławę mikrofonów o niskiej jakości. Ponieważ mają gorszą opinię wśród realizatorów dźwięku od “pełnych” mikrofonów pojemnościowych (“*true condenser*”), dlatego producenci często nie informują o ich typie, pomijając człon “*electret*” i pozostawiając samo “*condenser*”. Mikrofony elektretowe najwyższej klasy wykonuje się zazwyczaj w technologii “*back-electret*”. Membrana w nich jest metalowa, a z elektretu wykonana jest nieruchoma, sztywna okładzina.



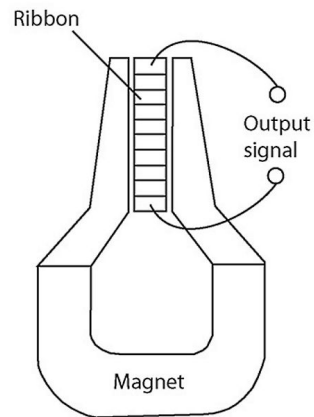
Typy mikrofonów ze względu na budowę

Mikrofony wstęgowe

Składają się z aluminiowej pozaginanej ‘wstęgi’, otoczonej magnesem. Szybkość ruchu wstęgi odpowiada za wzrost napięcia – w odróżnieniu od mikrofonów pojemnościowych, gdzie wzrost napięcia powoduje przesunięcie membrany.

Aby wstęga mogła się szybciej poruszać, jest bardzo cienka. To sprawia, że jest szczególnie czuła na uszkodzenia; również na napięcie *phantomowe* (którego nie załączamy)!

Niektóre mikrofony wstęgowe, zwłaszcza te z dużą wstęgą, są cenione za charakter “*vintage*”. Generalnie mikrofony wstęgowe są znane z “ciepłego i okrągłego” brzmienia. Ponadto, ich charakterystyka kierunkowa jest niemal niezależna od częstotliwości.



Jakiego mikrofonu użyć?

Użyj dynamicznego gdy:

- źródło dźwięku jest bardzo głośne;
- dźwięk nie zawiera kluczowych wysokich częstotliwości;

Użyj małomembranowego gdy:

- dokładność, detale, są kluczowe w brzmieniu;
- transjenty i ostrość jest pożądana;

Użyj wielkomembranowego gdy:

- duży, czy wręcz “powiększony” dźwięk jest pożądanym;
- wysokie częstotliwości są kluczowe w brzmieniu;
- nieco cieplejsza i gładsza charakterystyka wielu mikrofonów wielkomembranowych jest potrzebna;

Użyj wstęgowego gdy:

- gładka, ‘okrągła’, ‘ciepła’ charakterystyka wysokich częstotliwości jest pożądana;
- brzmienie “vintage” jest poszukiwane;

Użyj charakterystyki dookólnej gdy:

- otwarty, transparentny dźwięk jest pożądanym;
- lepsza, liniowa odpowiedź na niskie częstotliwości jest wymagana;

Użyj charakterystyki kierunkowej gdy:

- Dźwięk z kierunków innych niż frontowy powinien być zminimalizowany;
- Odbicia z pomieszczenia muszą być mniej podkreślone;
- Efekt bliskości jest potrzebny aby “powiększyć” brzmienie;

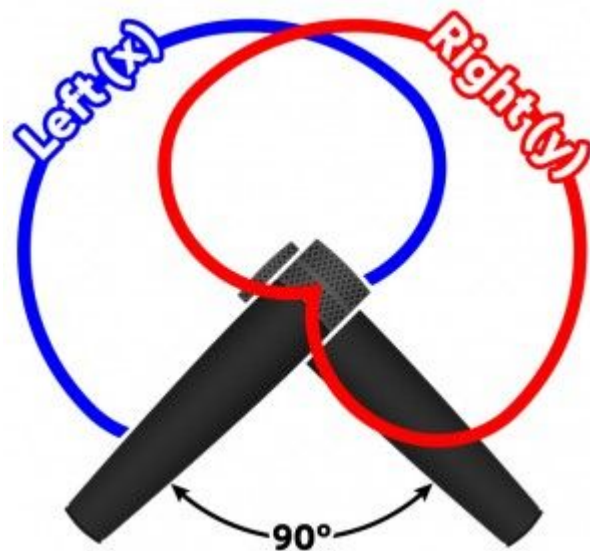
Techniki mikrofonowe stereo – koincydentalne

Technika XY

Ta technika polega na zastosowaniu dwóch mikrofonów kardoidalnych, umiejscowionych najbliżej jak tylko możliwe, pod kątem 90° - 130° .

Charakterystyka techniki XY:

- Wąski, kompaktowy obraz stereo z racji na brak różnic czasowych w nadchodzących dźwiękach;
- Dobra kompatybilność mono – brak problemów z fazą (filtracji grzebieniowej)

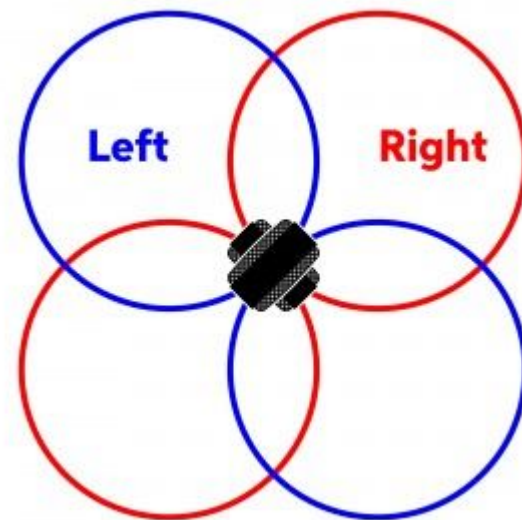


Techniki mikrofonowe stereo – koincydencyjne

Technika Blumleina (*Blumlein pair technique*)

Autorem tej techniki jest Alan Blumlein. Ta technika polega na zastosowaniu dwóch mikrofonów ósemkowych, umiejscowionych pod kątem 90° .

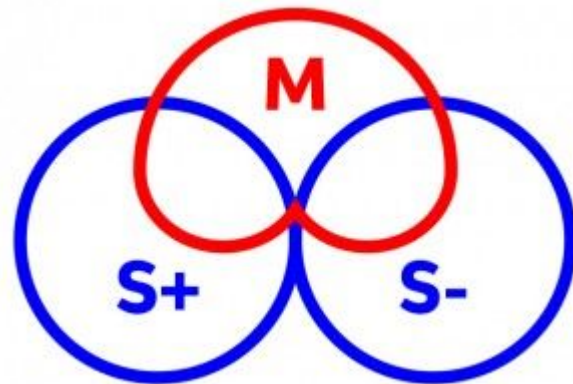
W tej technice można osiągnąć bardzo naturalny, realistyczny obraz stereo, który jest bardziej przestrzenny niż przy technice XY. Również zachodzi kompatybilność mono, gdyż nie zachodzą różnice w czasie nadejścia sygnałów z różnych kierunków. Ponadto, dźwięk z tyłu mikrofonów będzie dobrze uchwycony – bywa to szczególną zaletą w pomieszczeniach o dobrej akustyce.



Techniki mikrofonowe stereo – koincydencyjne

Technika MS – *Mid-Side*

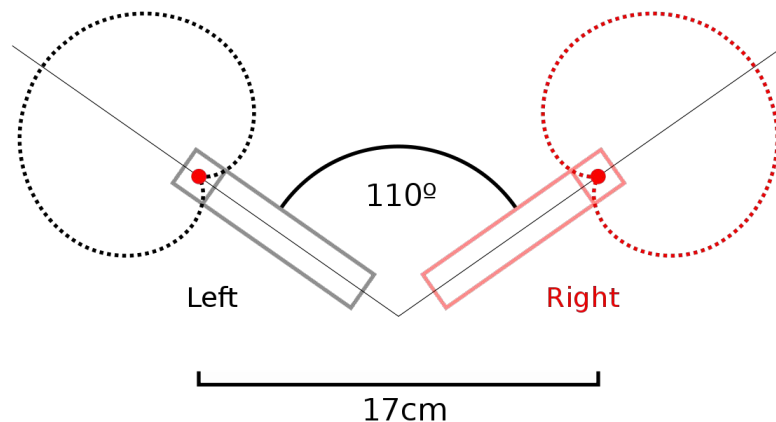
Ta technika polega na zastosowaniu mikrofonu ósemkowego jako *Side* (S) ustawionego bokiem (90°), oraz mikrofonu kardioidalnego jako *Mid* (M). Ta technika wymaga dodatkowej obróbki w miksie – dekodowania na kanały. Polega to na zdublowaniu kanału S i odwróceniu go w fazie. Ponadto, kanały S powinny być ustawione ciszej niż kanał M – około o 6 dB. Zbyt duża głośność S spowoduje “dziurę” w centrum miksu. Technika MS jest znacząco różna od pozostałych technik stereo – pozwala stworzyć bardzo dokładną scenę brzmieniową, w której bardzo precyzyjnie można lokalizować źródła dźwięku. Bywa czasem krytykowana jako zbyt “chirurgiczna”. Posiada również pełną kompatybilność z mono – kanały S+ i S- się zerują, zostawiając tylko kanał M.



Techniki mikrofonowe stereo – prawie-koincydencyjne

Technika ORTF

- 2 mikrofony kardioidalne w odległości 17 cm i pod kątem 110° ;
- Szerszy, czystszy obraz stereo niż przy XY;
- Mniej “mętny” dźwięk;
- Nieco mniejsza kompatybilność z mono – z uwagi na różnice czasowe pomiędzy kapsułami mikrofonowymi;
- Obraz stereo może być szerszy lub węższy poprzez zwiększenie lub zmniejszenie kąta rozwarcia mikrofonów;
- Opracowana przez *Office de Radiodiffusion Télévision Française* (🔊)



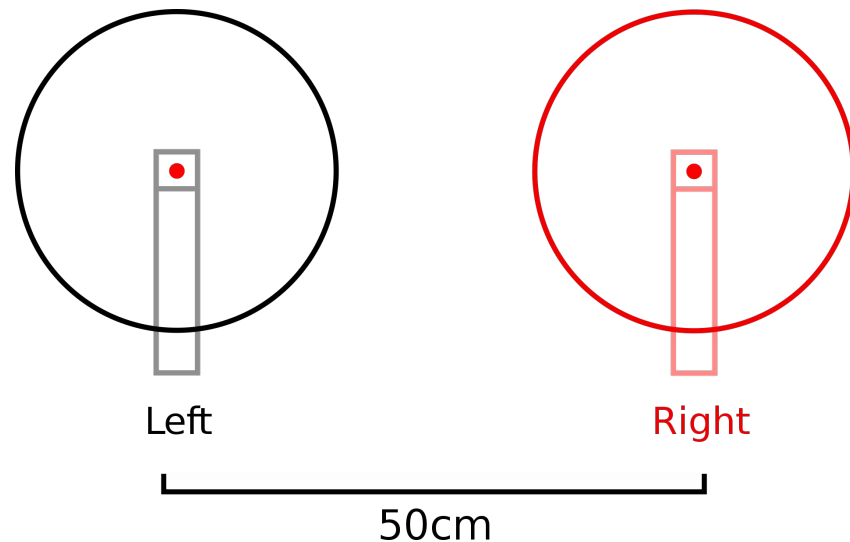
Techniki mikrofonowe stereo

Technika A/B (*spaced pair*)

Ta technika polega na zastosowaniu mikrofonów w odległości 40-60 cm. Zazwyczaj używane są mikrofony *omni*, jednakże istnieją aplikacje gdzie mikrofony kierunkowe mogą być użyte (np. overheady bębnów).

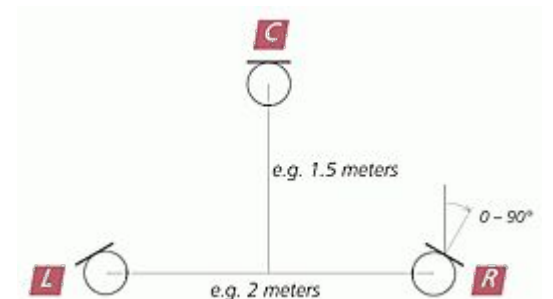
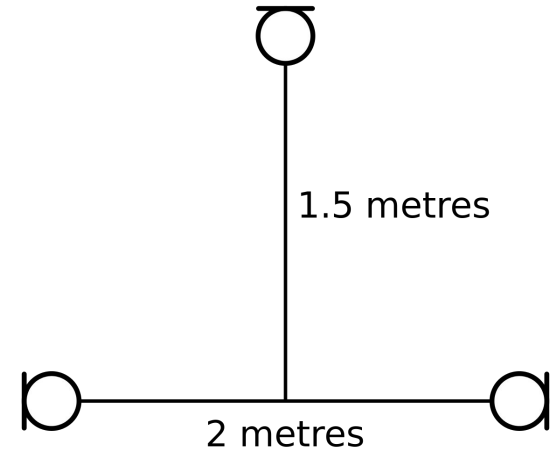
Charakterystyka techniki AB:

- Szeroki obraz stereo utworzony głównie dzięki różnicom czasowym;
- Obraz stereo nie jest szczególnie precyzyjny lub skupiony, ale jest najbardziej “otulający”;
- Słaba kompatybilność mono;
- W przypadku bardzo dużych źródeł dźwięku (chór, orkiestra) można dołożyć trzeci mikrofon w środku.

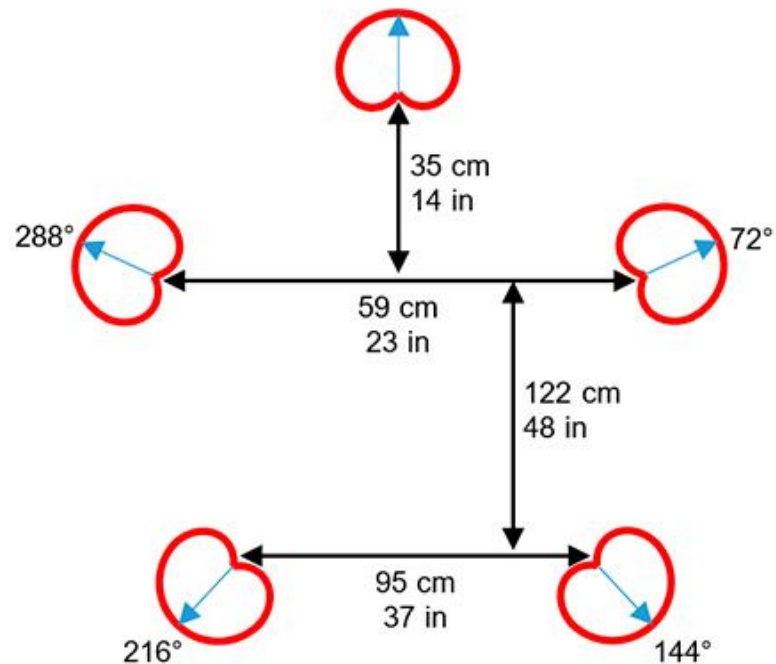
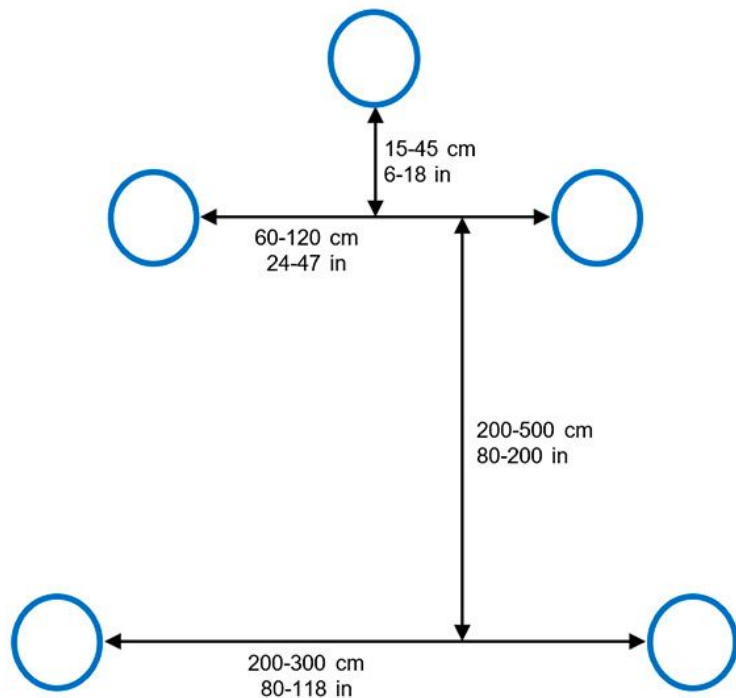


Inne techniki mikrofonowe – Decca tree

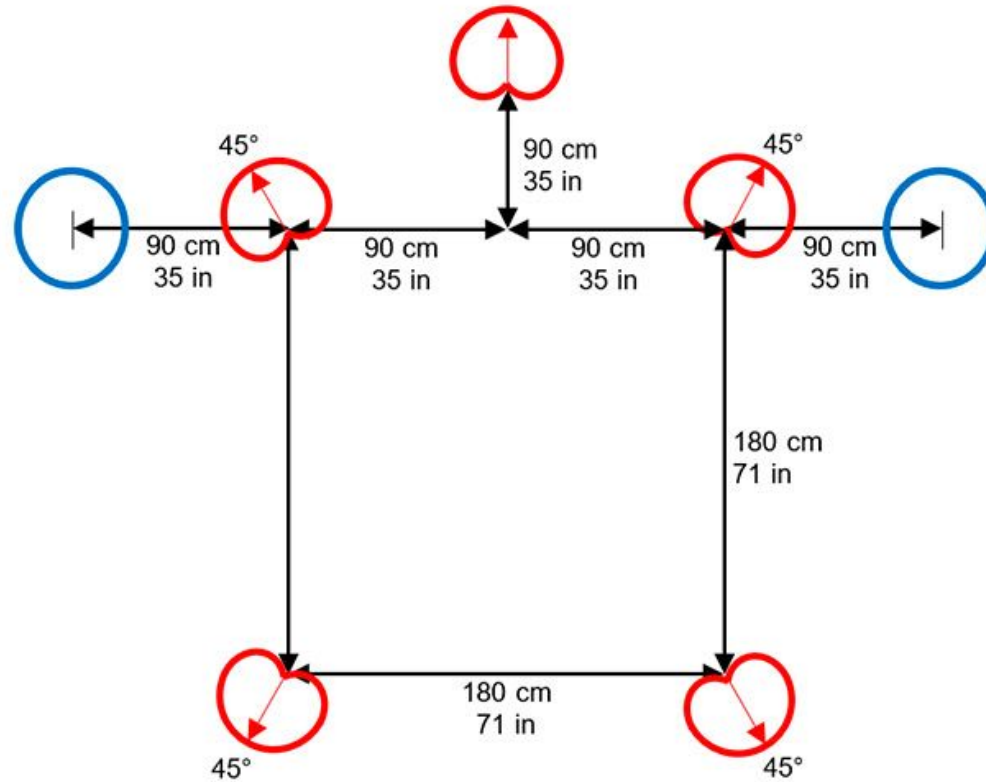
- Opracowana przez wytwórnię Decca;
- Tzw. macierz mikrofonowa (*microphone array*)
- Najczęściej stosowana do nagrań orkiestry;
- Technika ta tradycyjnie wykorzystuje trzy mikrofony dookólne, tradycyjnie typu pojemnościowego z małą membraną – Neumann M 50;
- Ta technika znana jest z szerokiego i *immersyjnego* dźwięku; niekoniecznie tworzy precyzyjny obraz stereo. Nie ma zbyt dobrej kompatybilności z mono; trzeba na to bardzo uważać przygotowując się do nagrania.



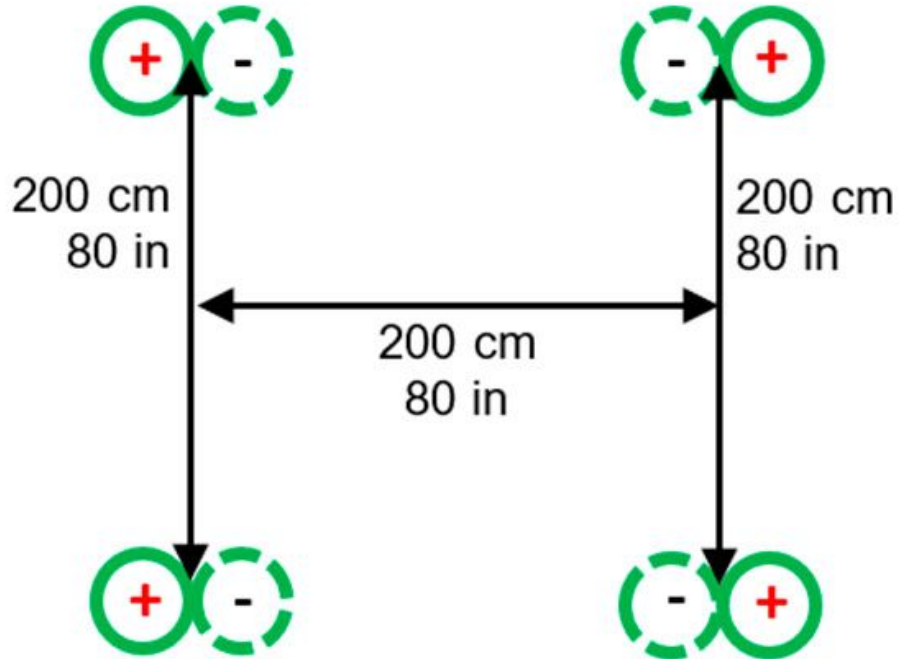
Inne techniki mikrofonowe – omni-based / kardoid-based surround array



Inne techniki mikrofonowe – Fukada Tree



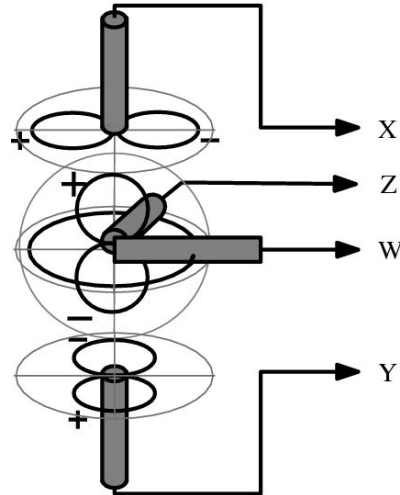
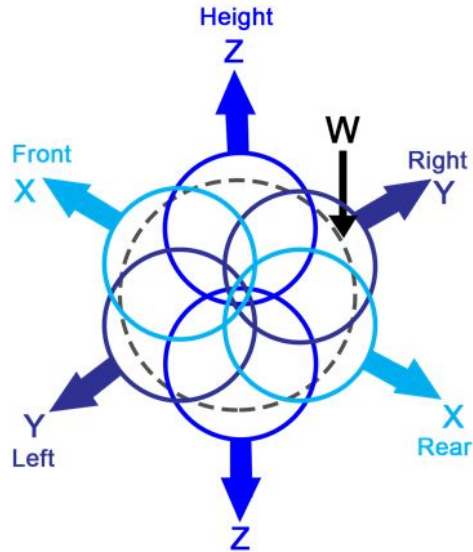
Inne techniki mikrofonowe – Hamasaki Square



Inne techniki mikrofonowe – ambisonia

Uwzględnienie trzeciego wymiaru: wysokości, a nie tylko rozmieszczenia horyzontalnego (jak przy stereo, czy 5.1)

FOA – First Order Ambisonics, ambisonia 1. rzędu – 4 kanały WXYZ

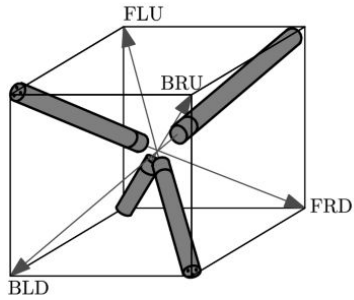


(a) Native 3D FOA recording

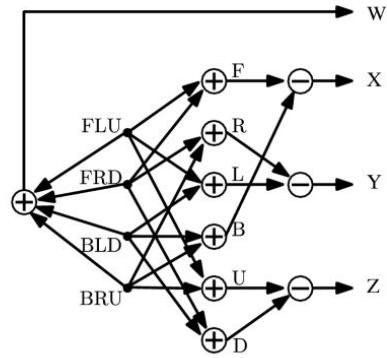


(b) Picture of the recording setup

Inne techniki mikrofonowe – ambisonia



(a) Tetrahedral array with four cardioids



(b) Encoder of microphone signals



(a) Tetrahedral array of 4 cardioids



(b) SPS200



(c) MK4012



(d) ST450

Inne techniki mikrofonowe – ambisonia

HOA – Higher Order Ambisonics, ambisonia wyższych rzędów

Zylia ZM-1 (19 kapsuł, 3OA), Eigenmike em32 (4OA), Eigenmike em64 (7OA!)



Literatura

- Ian Corbett: *“Mic It!”*, 2nd edition, A Focal Press book, Routledge 2021 ([link](#))
- David Miles Huber, Robert E. Runstein: *“Modern Recording Techniques”*, 9th edition, Audio Engineering Society Presents series, A Focal Press book, Routledge 2017 ([link](#))
- Sylvia Massy, Chris Johnson: *“Recording Unhinged: Creative and Unconventional Music Recording Techniques”*, Music Pro Guides series, Hal Leonard 2016 ([link](#))
- Michael Williams: *“Microphone Arrays for Stereo and Multichannel Sound Recording”*, vol. I, Editrice Il Rostro 2004 ([link](#))
- Franz Zotter, Matthias Frank: *“Ambisonics. A Practical 3D Audio Theory for Recording, Studio Production, Sound Reinforcement, and Virtual Reality”*, Open Access book, Springer 2019 ([link](#))