



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE  
AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

KATEDRA Robotyki i Mechatroniki  
Praca dyplomowa

*Zastosowanie przetworników wykonanych z piezo-kompozytowych  
mikro-włókien do wzbudzania i detekcji fal prowadzonych w  
strukturach cienkościennych*

Autor: Michał Zajac

Kierunek studiów: Inżynieria Mechatroniczna

Opiekun pracy: dr hab. inż. Łukasz Ambroziński

Kraków, 2022

# Wybór tematu

Monitorowanie stanu konstrukcji to dziedzina nauki zapobiegająca rozwojom uszkodzeń. Gromadzenie danych oparte jest tu na różnego rodzaju czujnikach przetwarzających informacje.

Determinacja odpowiedniego przetwornika do określonego zadania może okazać się kluczowa w kwestii wykrycia defektu w odpowiednio wczesnym etapie.

Na rynku istnieje wiele typów takich przetworników, różniących się pomiędzy sobą sposobem przemiany jednego rodzaju energii w inną. Po określeniu rodzaju urządzenia, pozostaje dobór jego indywidualnych parametrów, takich jak częstotliwość rezonansowa, geometria, czy charakterystyka kierunkowa.

# Cel pracy

Celem pracy było scharakteryzowanie przetworników wykonanych z piezo-kompozytowych mikro-włókien przeznaczonych do wzbudzania i detekcji fal prowadzonych w strukturach cienkościennych.

Skupiono się również na opracowaniu narzędzi do opracowania parametrów tych przetworników; charakterystyk kierunkowych. Dodatkowo przeprowadzono badanie umożliwiające analizę prędkości rozchodzenia się fali w zależności od jej częstotliwości i kierunku, w jakim się ona rozchodzi.

# Przetworniki



Zdj 1. M-2814-P2



Zdj 2. M-2807-P2



Zdj 3. M-0714-P2



Zdj 4. Przetwornik piezoelektryczny

# Stanowiska



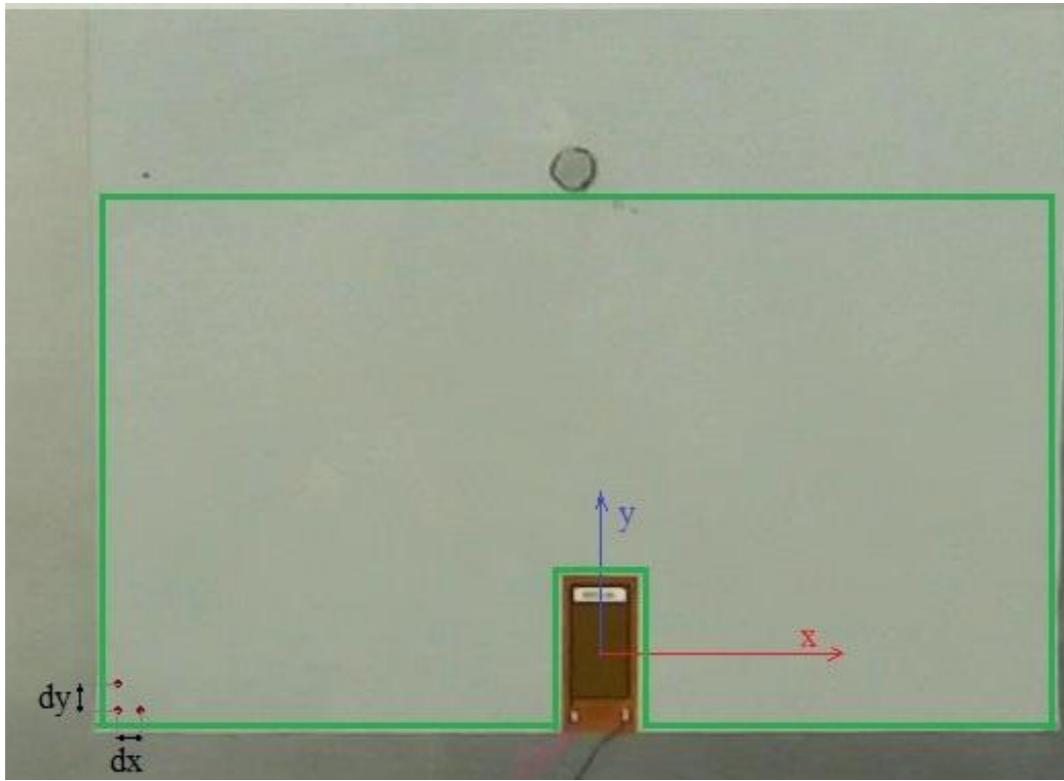
Zdj. 1. Stanowisko z płytą aluminiową



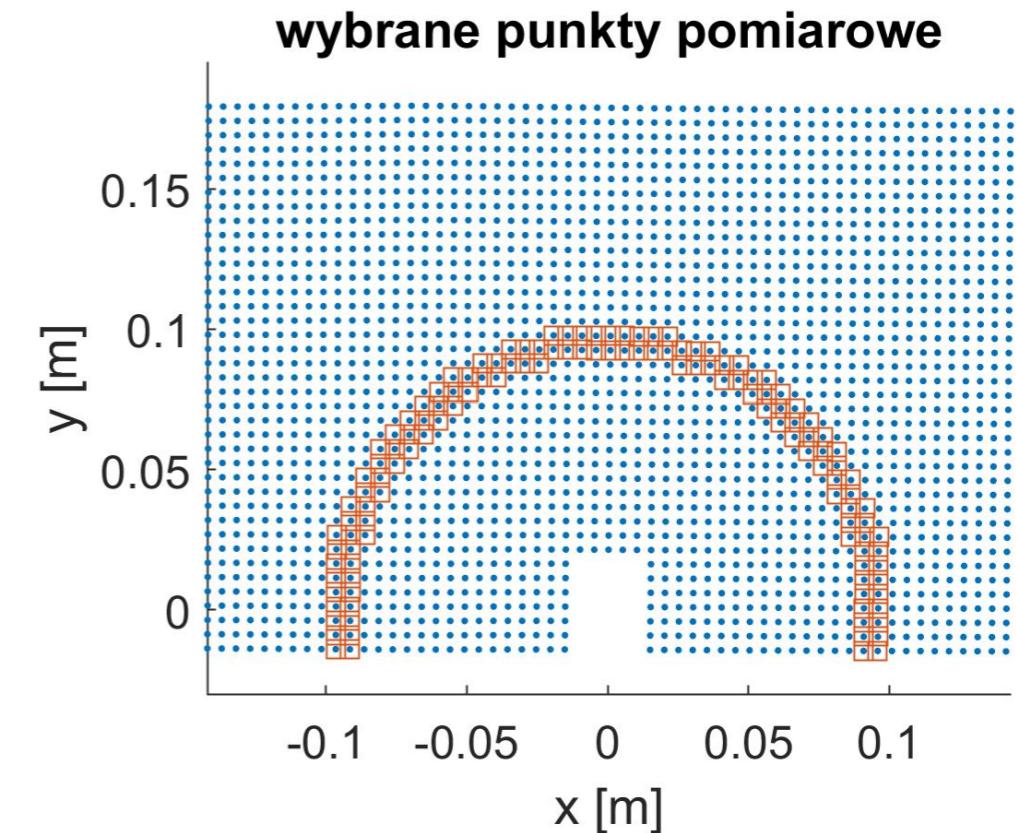
Zdj. 2. Stanowisko z płytą kompozytową

Nr stanowiska	Generator sygnału	Nadajnik	Materiał płyty	Odbiornik (punkty pomiarowe)
1)	Keysight + wzmacniacz	M-2814-P2/ M-2807-P2/ M-0714-P2/	aluminium	Laser (półokrąg)
2)	OPLabBox	M-2814-P2/ M-2807-P2/ M-0714-P2/	aluminium	Laser (półokrąg)
3)	Keysight + wzmacniacz	M-2814-P2/ M-2807-P2/ M-0714-P2/ Piezoelektryczny	kompozyt	Laser (półokrąg)
4)	OPLabBox	M-2814-P2/ M-2807-P2/ M-0714-P2/ Piezoelektryczny	kompozyt	Laser (półokrąg)
5)	Keysight + wzmacniacz	Piezoelektryczny	kompozyt	Laser (linie)

# Wykonywanie pomiarów



Rys. 1. Definicja układu współrzędnych



Rys. 2. Punkty pomiarowe

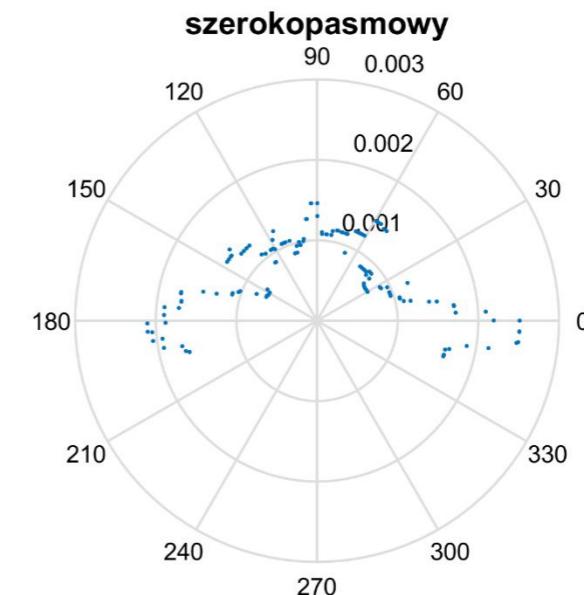
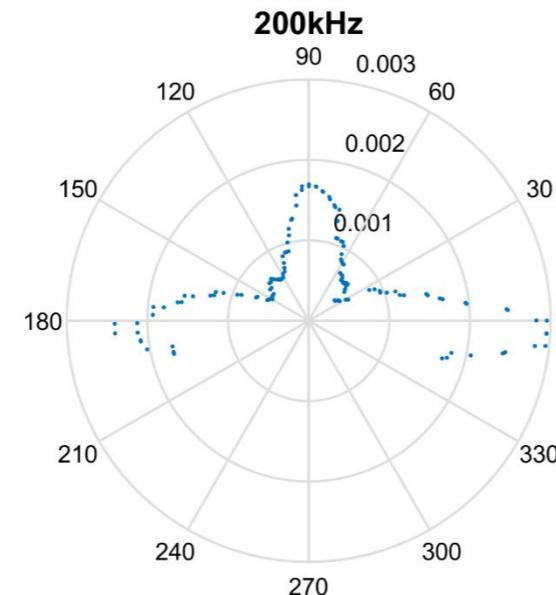
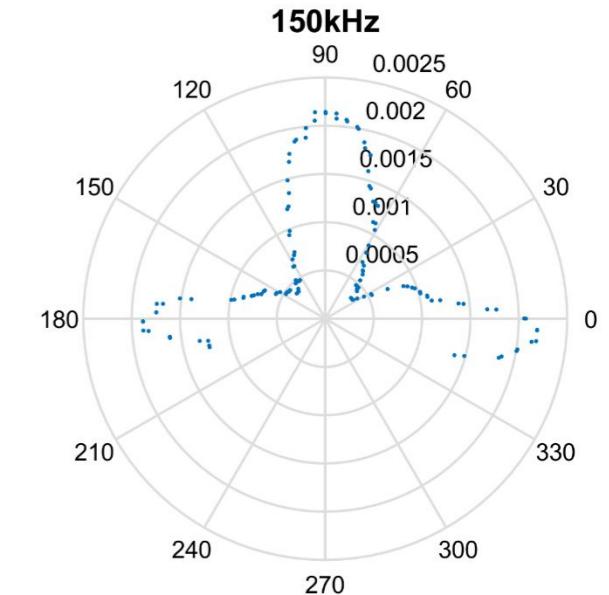
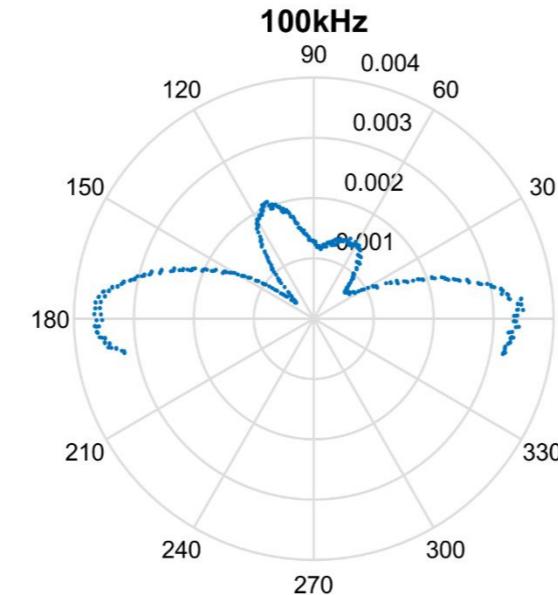
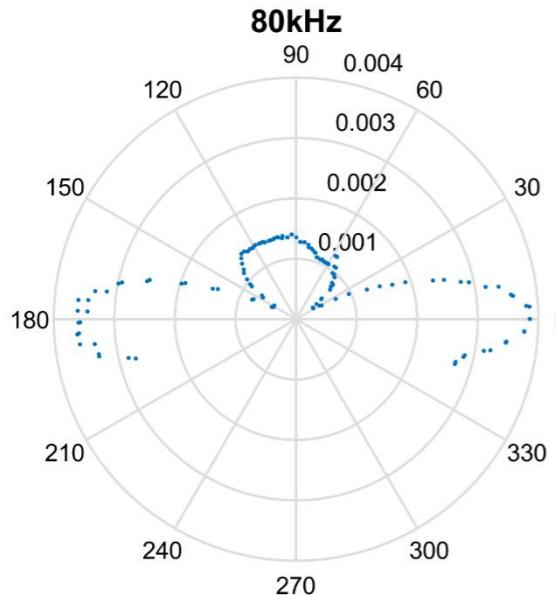


UCZELNIA  
BADAWCZA

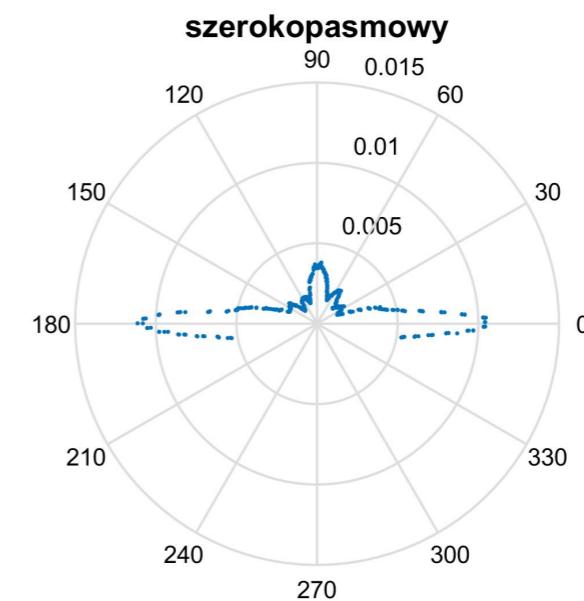
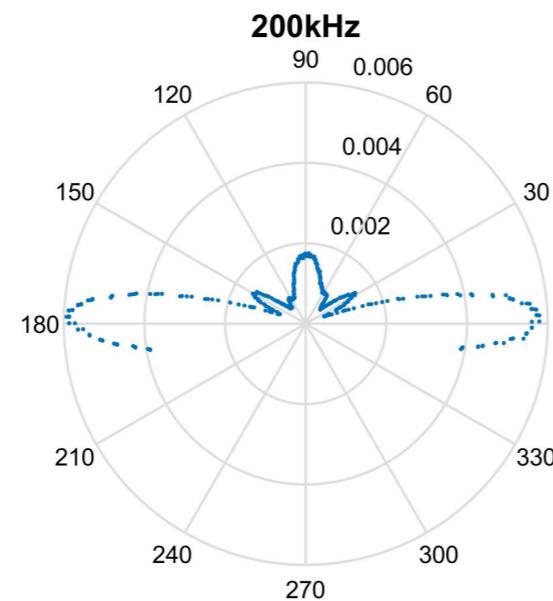
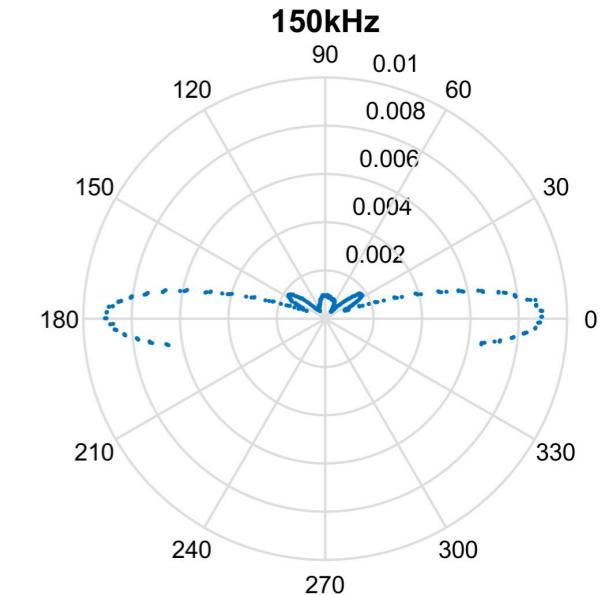
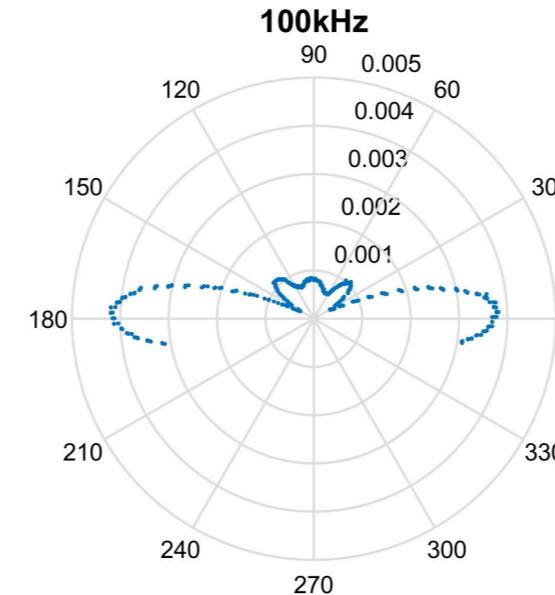
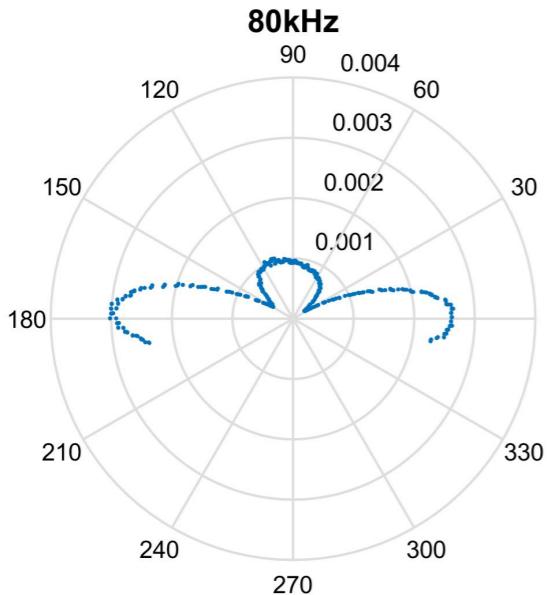
INICJATYWA DOSKONALOŚCI

# Wyniki – płyta aluminiowa

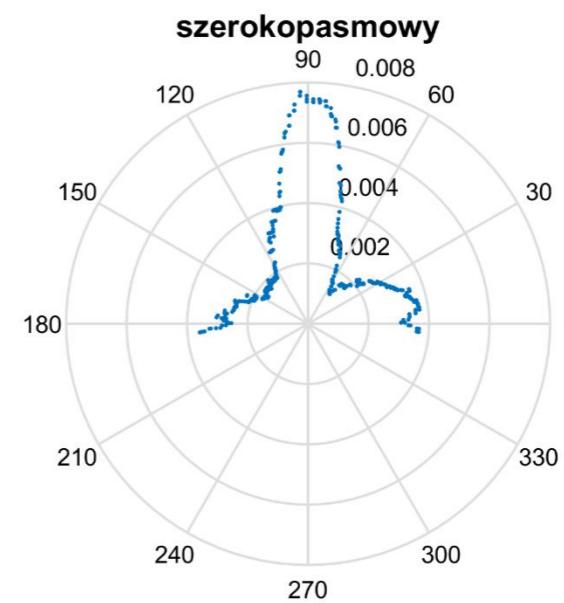
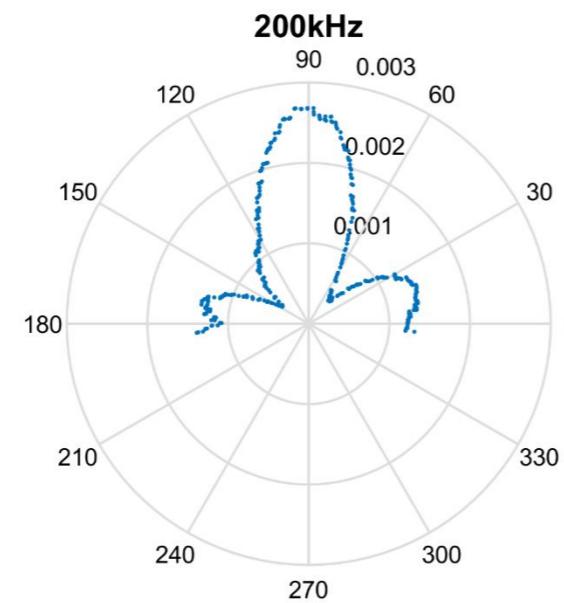
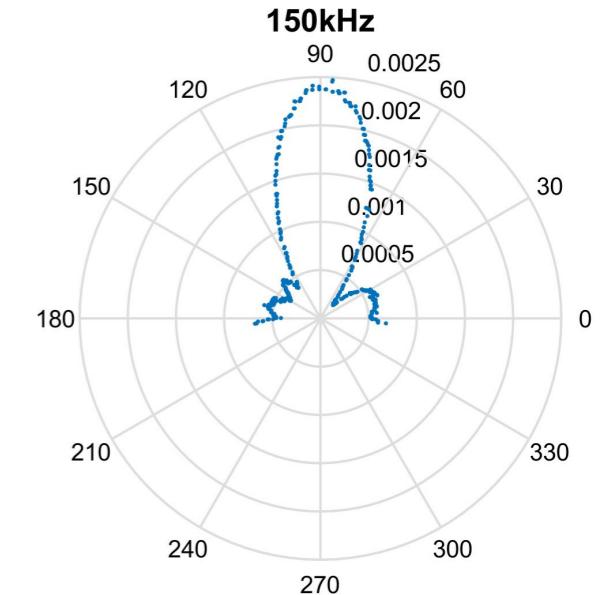
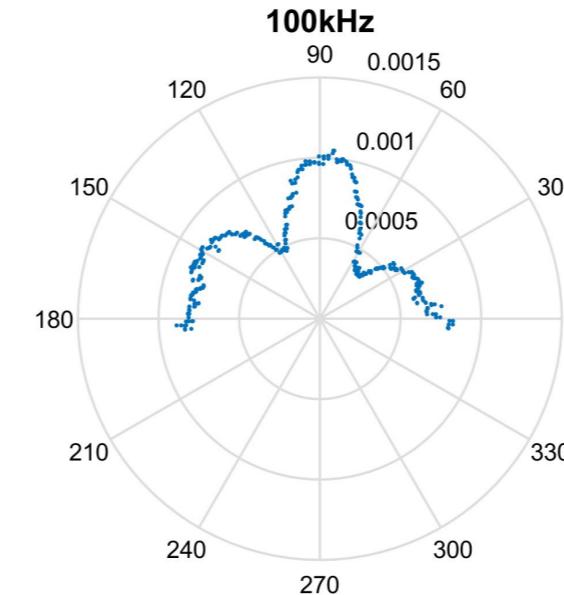
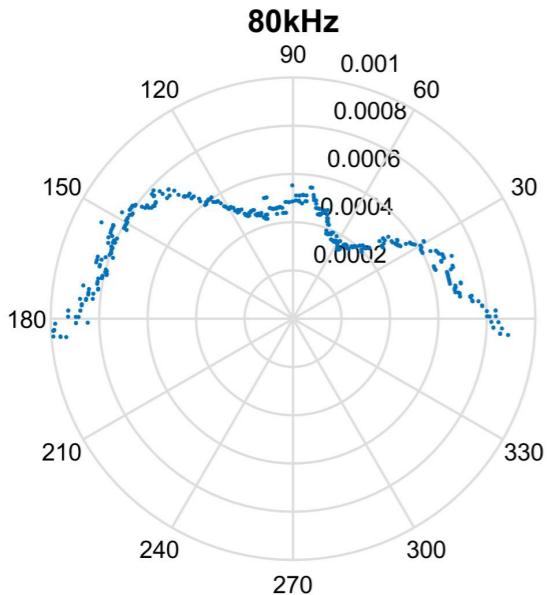
# 1. M-2814-P2



# 2. M-2807-P2



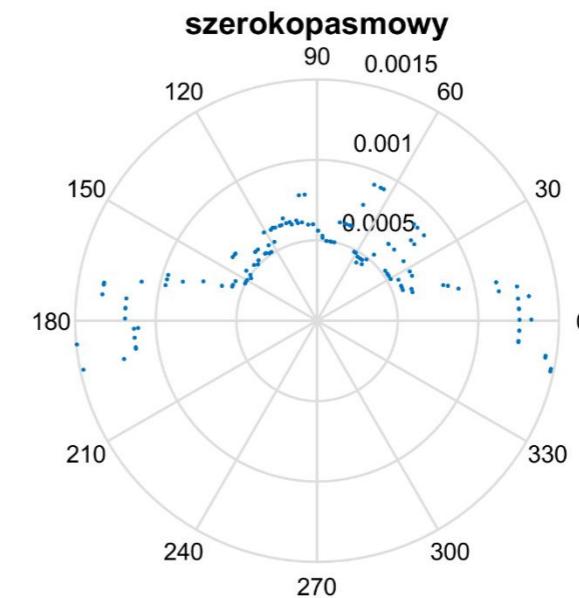
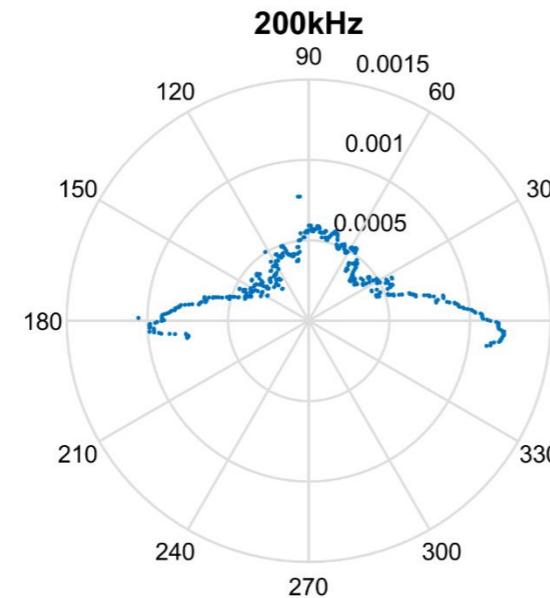
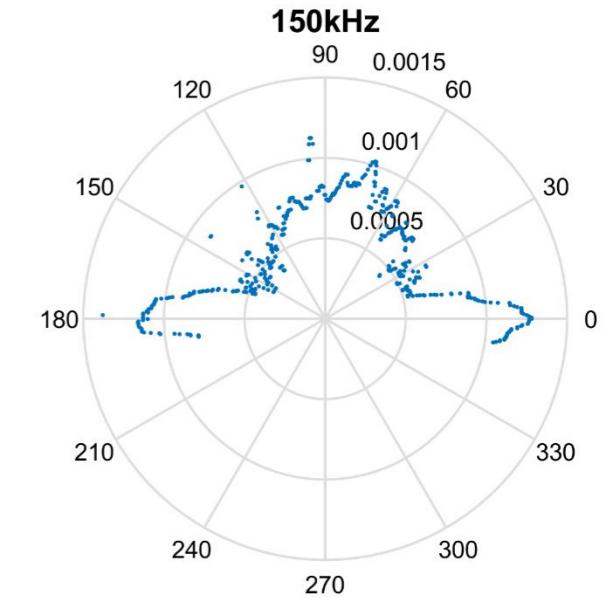
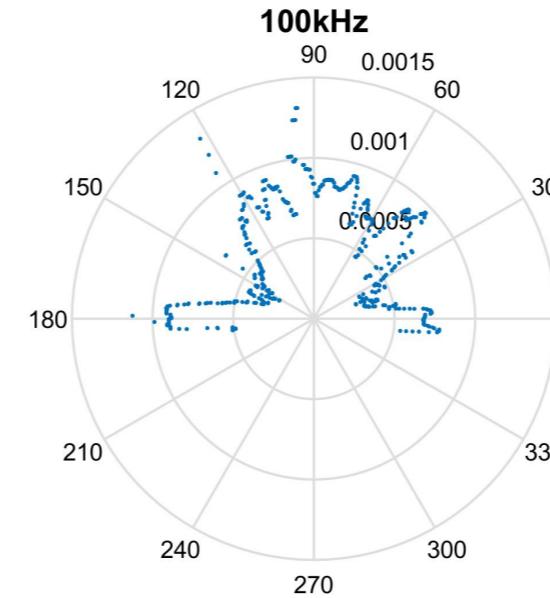
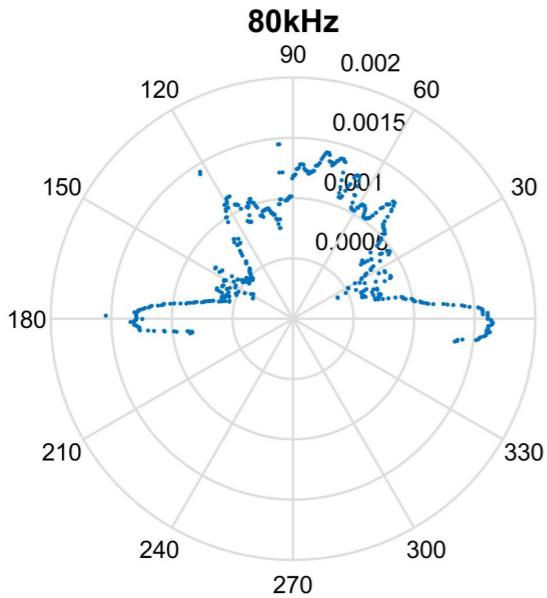
# 3. M-0714-P2



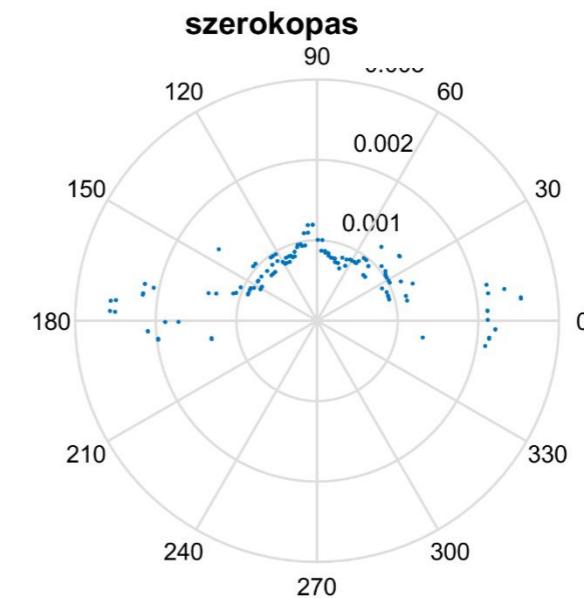
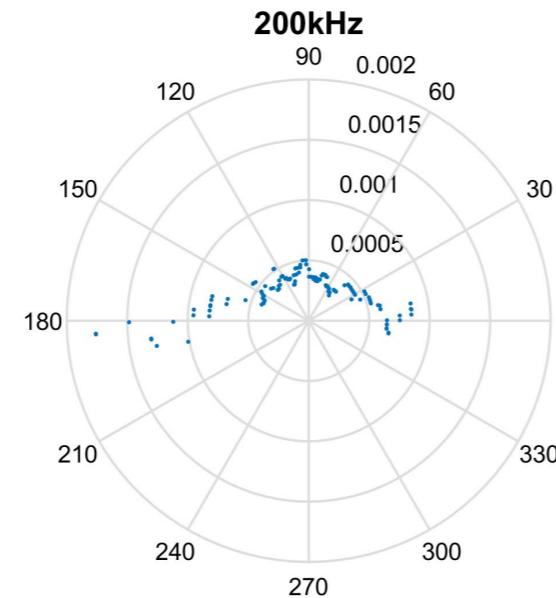
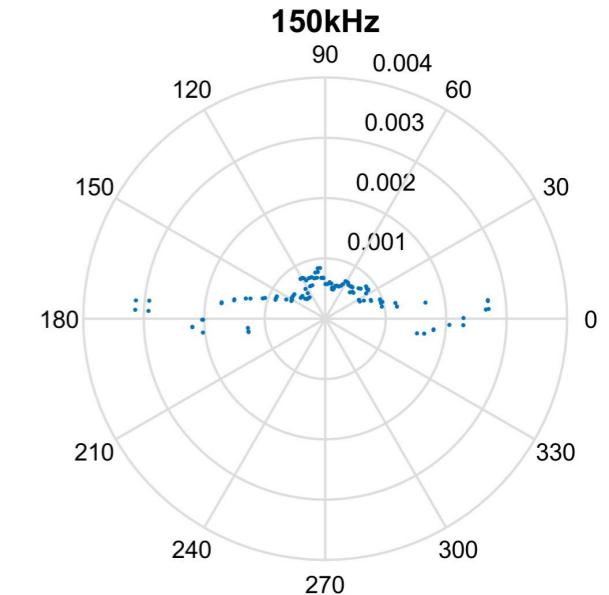
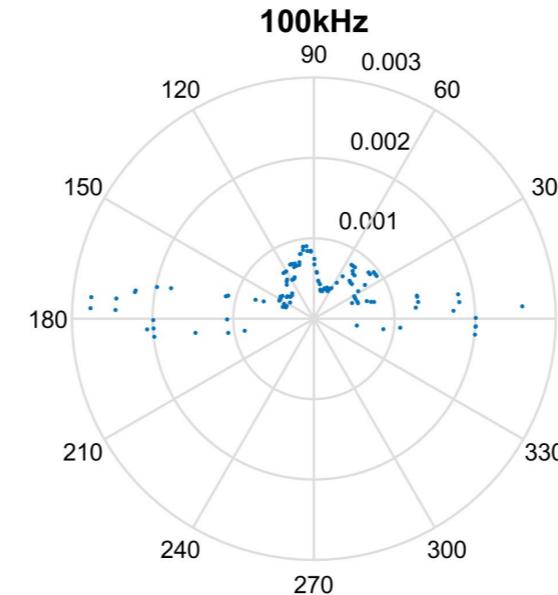
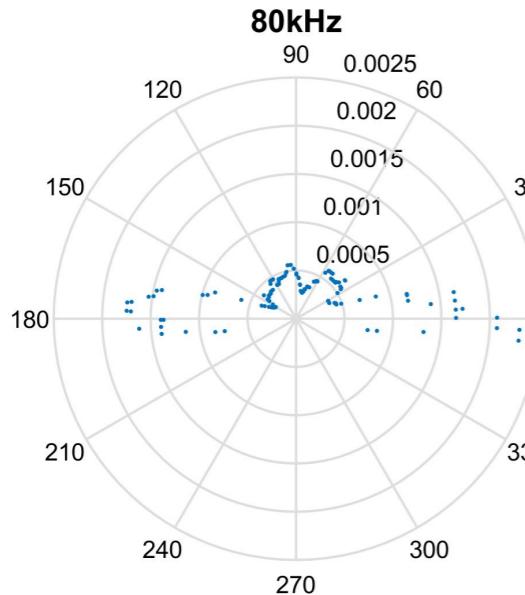


# Wyniki – płyta kompozytowa

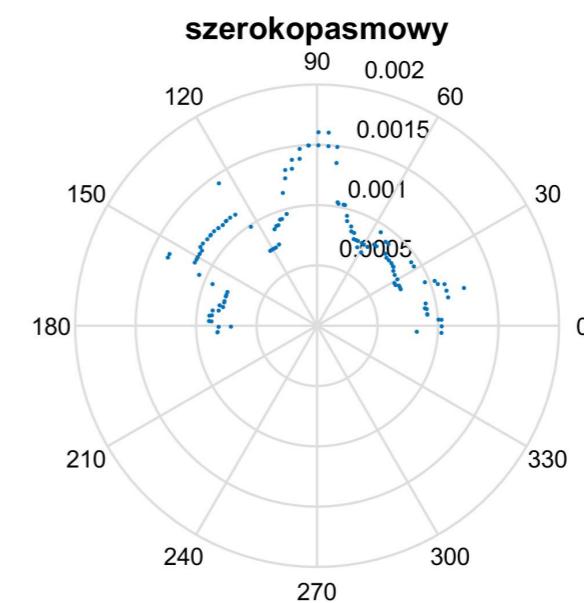
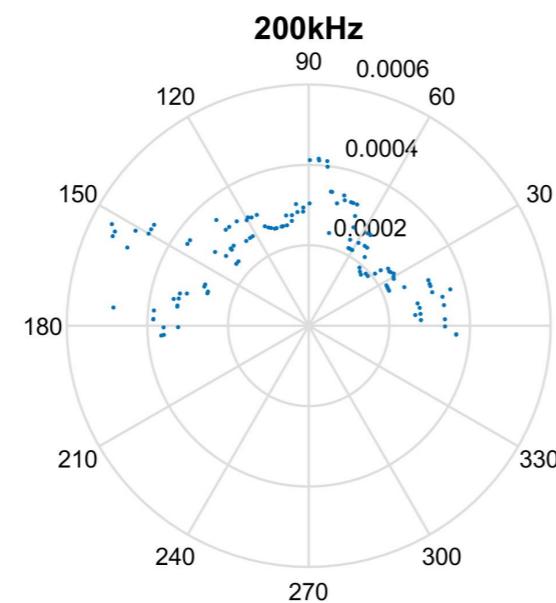
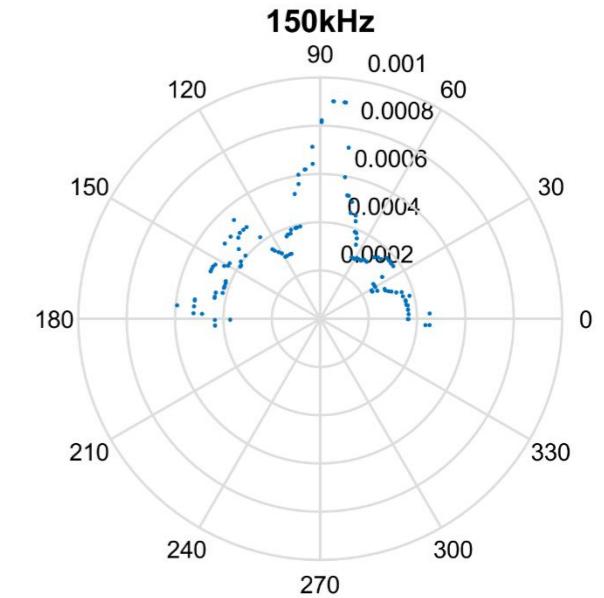
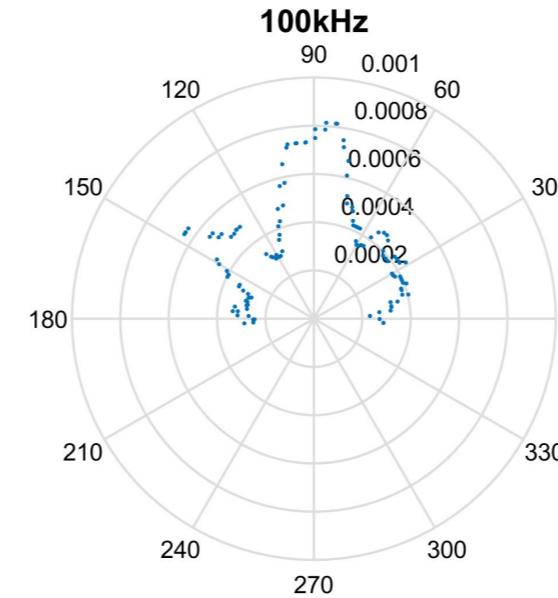
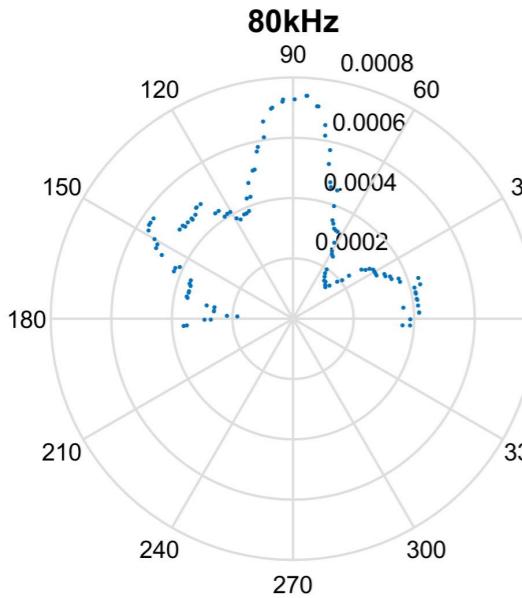
# 1. M-2814-P2



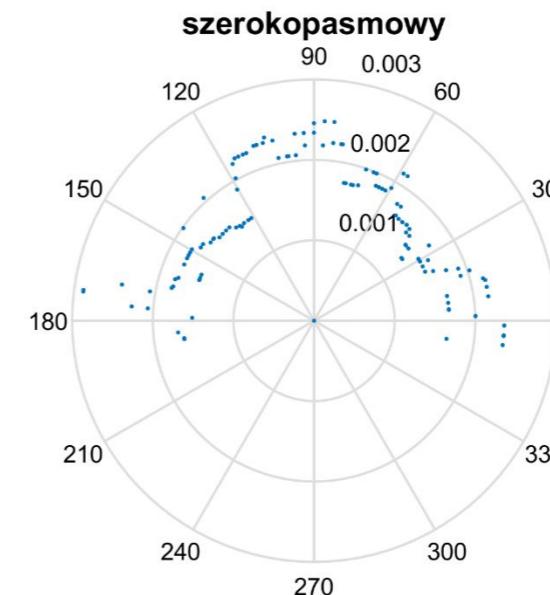
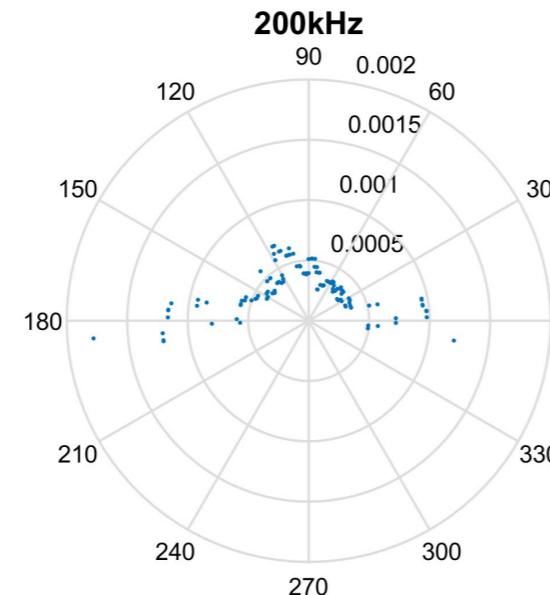
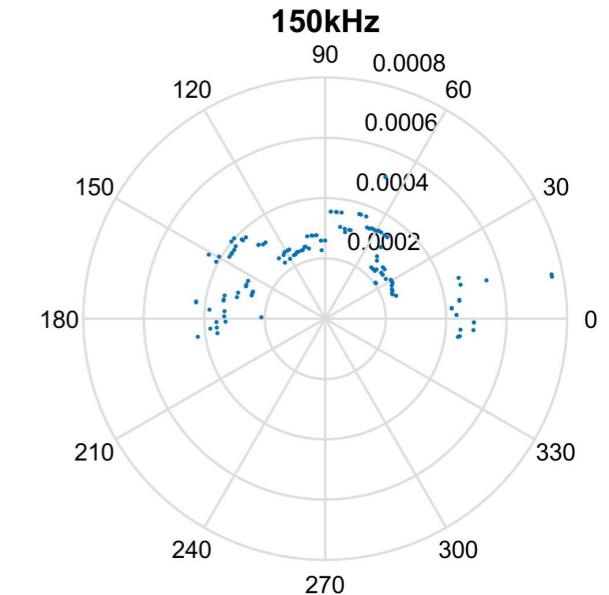
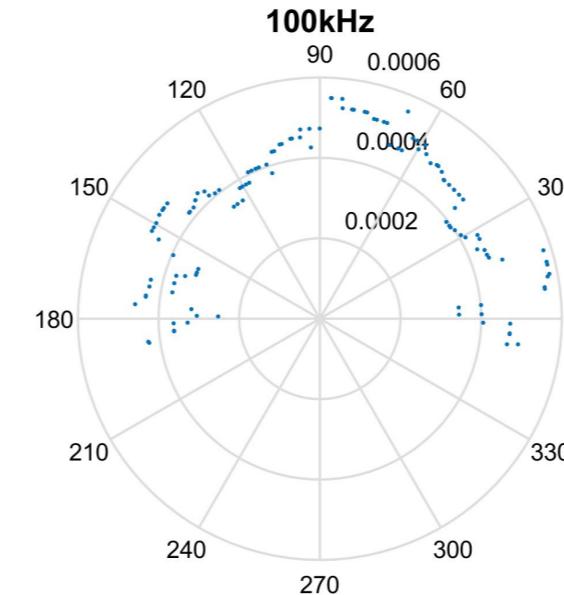
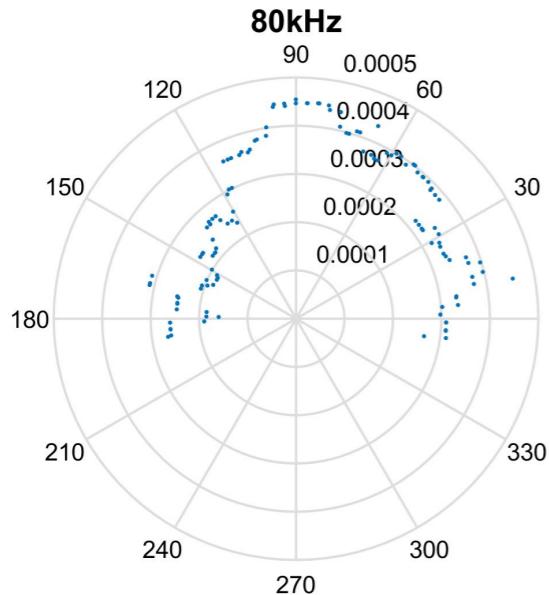
# 2. M-2807-P2



# 3. M-0714-P2



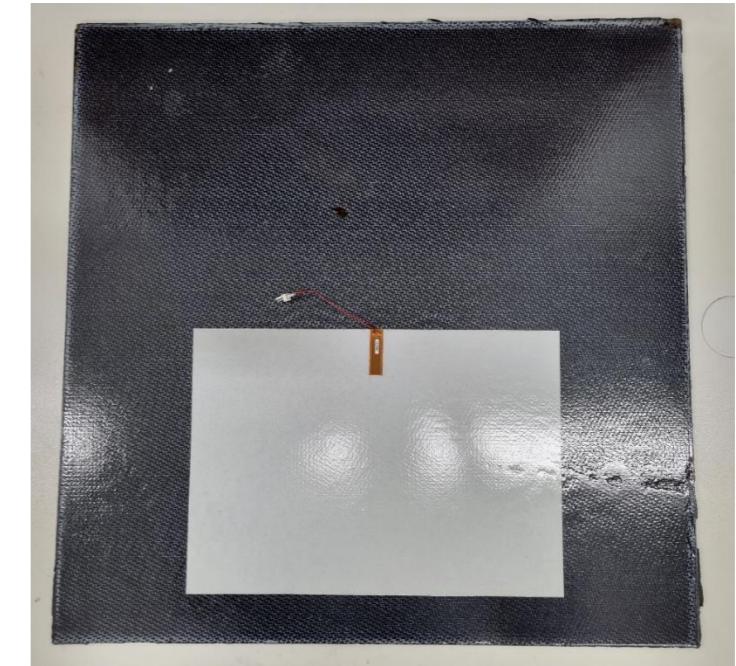
# 4. Piezoelektryczny



# Kompozyt

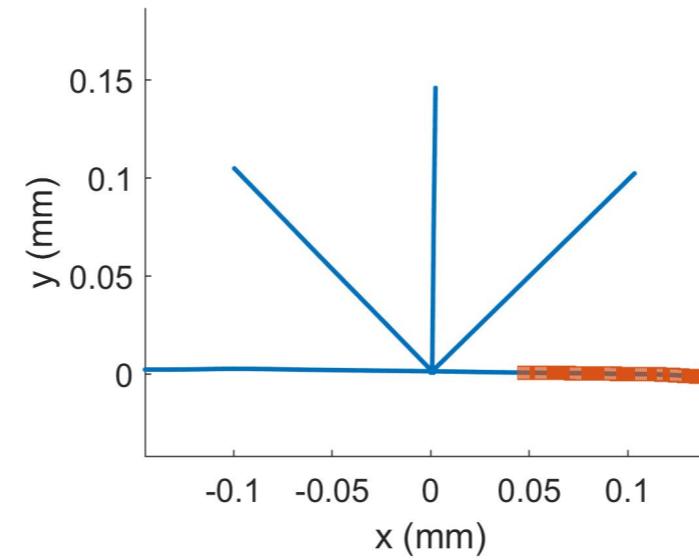


Zdj. 1. Płyta kompozytowa

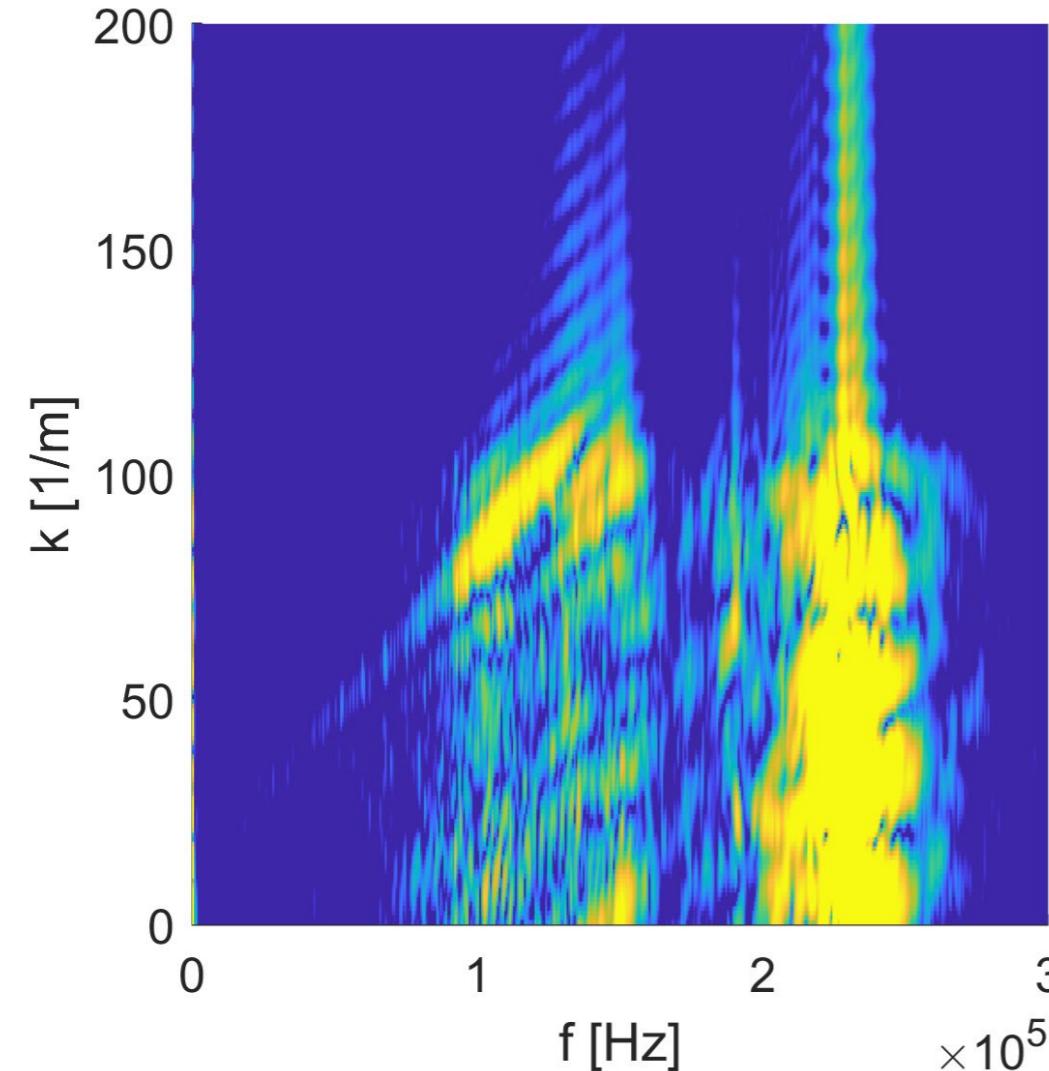


Zdj. 2. Płyta kompozytowa  
z taśmą refleksyjną

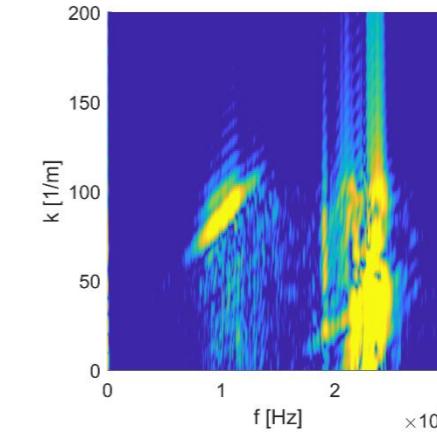
# Wyniki – eksperyment 5



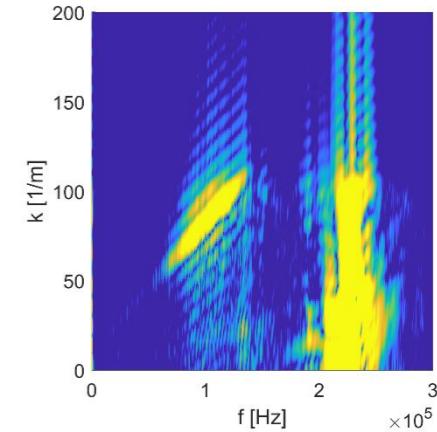
# Wykresy



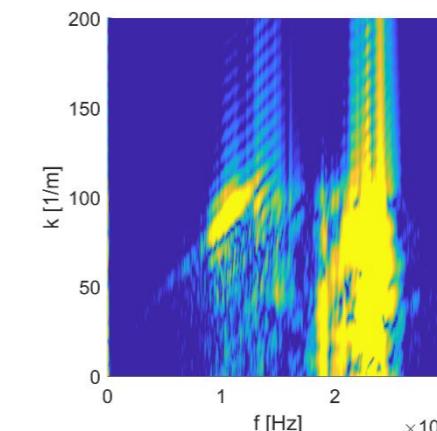
Rys. 1. Wykres dla 1. zestawu danych



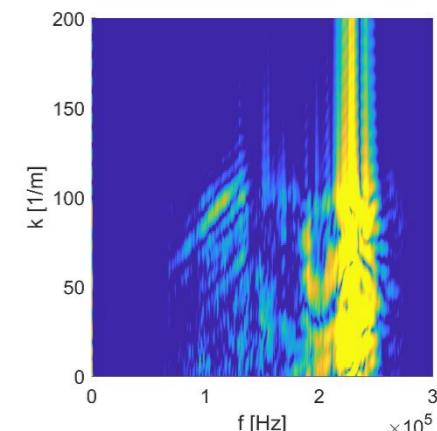
Rys. 2. Dane 2



Rys. 3. Dane 3

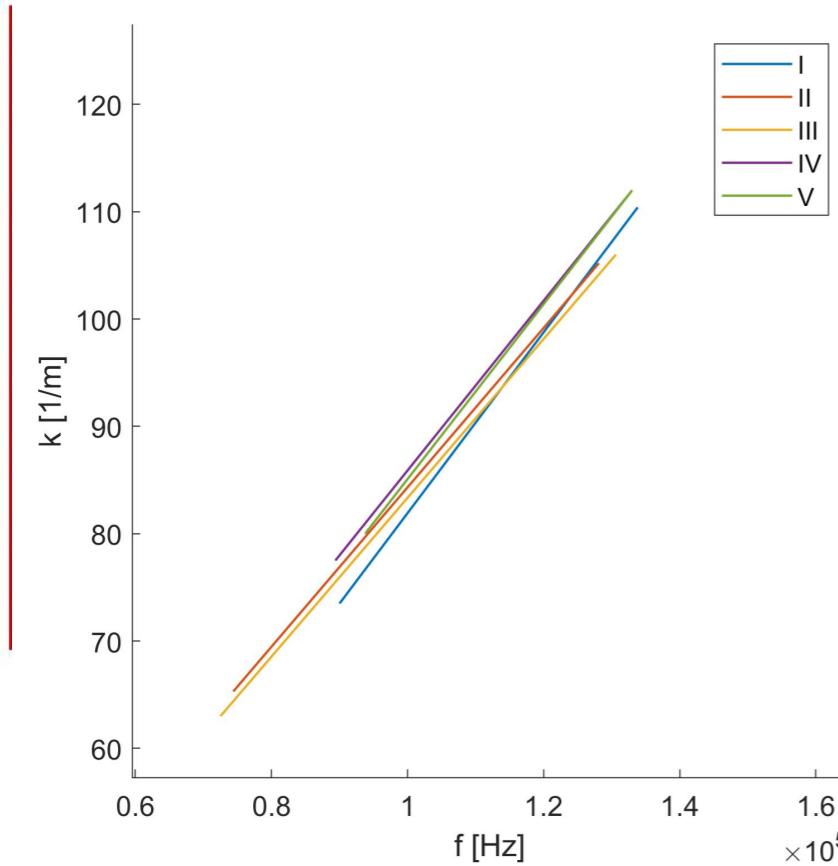


Rys. 4. Dane 4

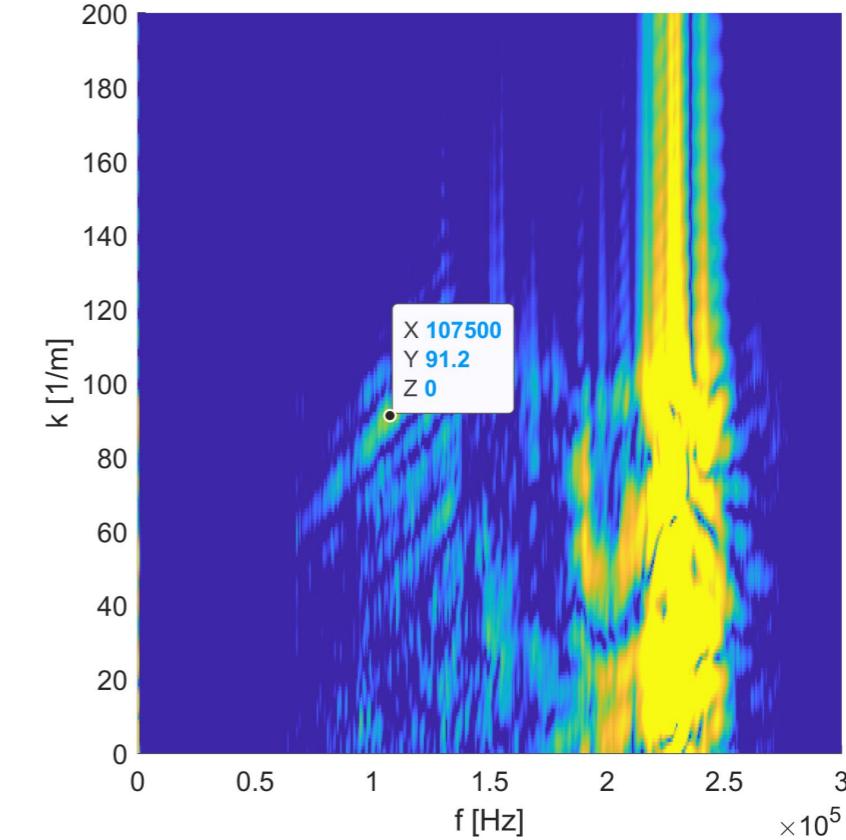


Rys. 5. Dane 5

# Dyspersja



Rys. 1. Porównanie widocznych fragmentów krzywych dyspersji



Rys. 2. Wybrany punkt

$$v = \frac{w}{k} = \frac{2\pi \cdot f}{k} = \frac{2\pi \cdot 107500}{2\pi \cdot 91.2} \approx 1179 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

# Podsumowanie

Przeanalizowano charakterystyki przetworników międzypalczastych dla płyty aluminiowej i potwierdzono zasadność ich zastosowania w takim przypadku. Dobór odpowiedniego nadajnika można przeprowadzić na ich podstawie, uwzględniając częstotliwość wymuszenia sygnału wymuszającego oraz kierunek, w jakim będzie on nadawany.

W przypadku płyty kompozytowej otrzymane wyniki okazały się jakościowo gorsze. Można w nich zauważyć analogie do ich odpowiedników z eksperymentów dla płyty aluminiowej.

W ostatnim eksperymencie udało się wykreślić fragmenty modu A $\neg$ 0 dla płyty kompozytowej. Na ich podstawie zauważono, że prędkość rozchodzenia się fali nie zależy od kierunku jej rozchodzenia. Niestety rezonans przetwornika uniemożliwił wykreślenie większej ilości krzywych.

# Kierunki dalszych prac

Dla eksperymentów z płytą kompozytową:

- zastosowanie płyty kompozytowej o gładkiej powierzchni. Umożliwi to równomierne przyklejenie taśmy refleksyjnej do całej jej powierzchni, niwelując problem jej pracy jako „membrana”.

Przy szukaniu krzywych dyspersji:

- zastosowanie przetwornika o znacznie większej częstotliwości rezonansowej.



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONALOŚCI

Dziękuję za uwagę