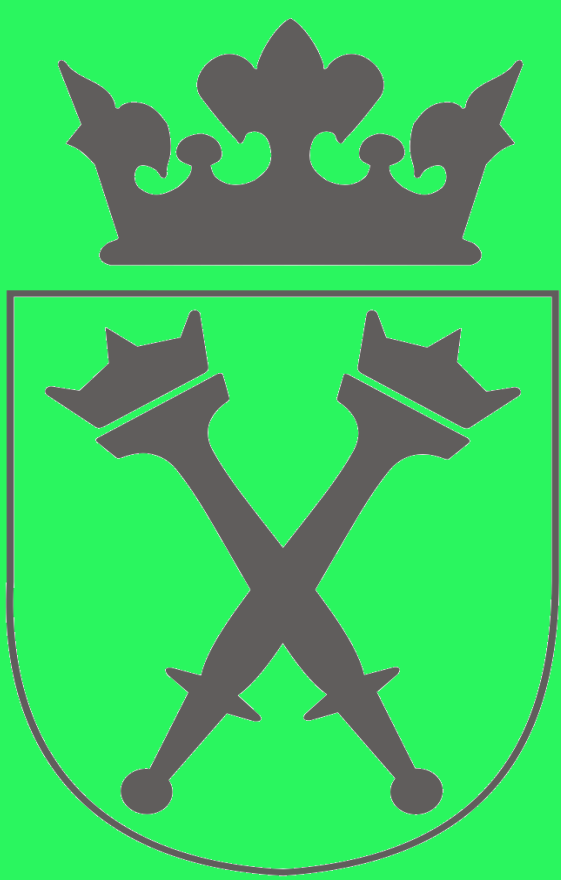




Biosensory

Autor: Marek Kapczyński

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UJ

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Ewa Stępień



Czym są biosensory?

Biosensory to urządzenia, które pozwalają na przekształcenie biologicznego sygnału w elektroniczny. W mikrobiosensorze beleczkowym wykrywanie sygnału biologicznego odbywa się za pomocą elastycznej beleczki. Można wykonywać pomiary w dwóch trybach:

- trybie statyczny, w którym wykorzystujemy zjawisko wygięcia beleczki
- trybie dynamicznym

Tryby pracy biosensorów

1. Tryb statyczny - Detekcja sygnału za pomocą trybu statycznego opiera się na powstawaniu naprężenia powierzchniowego na jednej bądź drugiej powierzchni beleczki w odpowiedzi na bodziec. W tym trybie ważne jest sfunkcjonalizowanie powierzchni beleczki w różny sposób, co zapewni powstanie innych naprężeń. Naprężenie powierzchniowe wyraża równanie:

gdzie:

$$\sigma = \frac{dW}{dA}$$

σ – naprężenie powierzchniowe
 dW – zmiana wykonanej pracy
 dA – jednostka powierzchni

2. Tryb dynamiczny – tryb dynamiczny wykorzystywany jest do wyznaczania masy, która jest osadzona na beleczce ale także do wyznaczania częstotliwości rezonansowej drgań tejże oto beleczki. Częstotliwość drgań poprzecznych możemy wyrazić przez równanie:

$f = \frac{\lambda}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$, gdzie:

f- częstotliwość rezonansowa

$\lambda = (n-0,5) \pi$ – współczynnik charakterystyczny dla n-tego modu drgań

k – stała sprężystości $k = \frac{Ewh^2}{12L^2}$ E-moduł Younga, h-grubość beleczki

m – masa beleczki L-długość beleczki, w-szerokość beleczki

Krzywa rezonansowa jest charakteryzowana przez trzy parametry tj:

-częstotliwość rezonansową (pozycję wierzchołka f)

- szerokość krzywej rezonansowej w połowie wysokości – w

- dobroć Q

Dobroć możemy policzyć stosując równanie:

$Q = f/w$

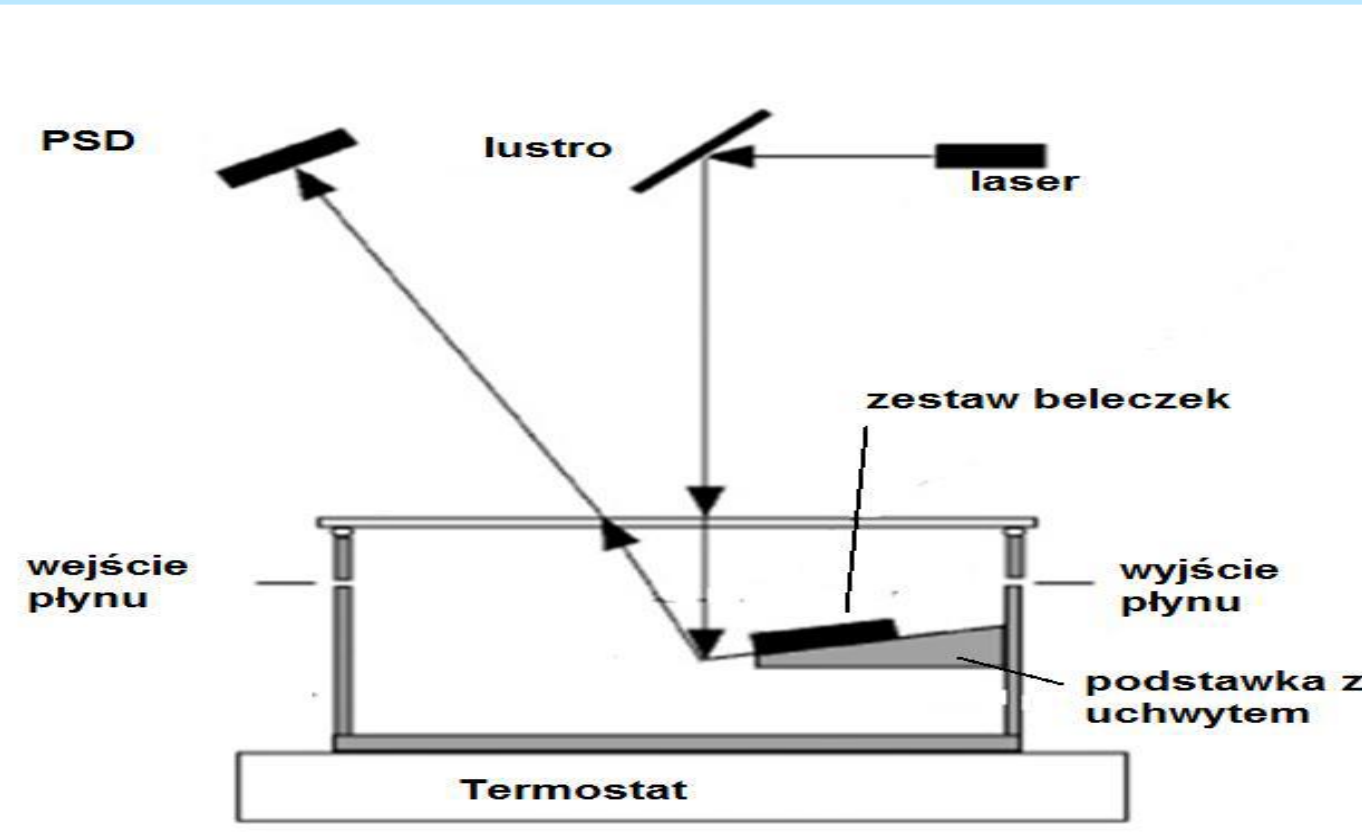
f-częstotliwość rezonansowa

w-szerokość połówkowa piku

Opis eksperymentu

Na początku ćwiczenia zapoznano się z zasadą działania sensora mikrobeleczkowego Cantisens®CSR-801, który składa się z modułu badawczego i jednostki centralnej połączonej z komputerem. Następnie zgodnie z instrukcją umieszczono zestaw 7 beleczek w uchwycie podstawki, którą włożono do komory pomiarowej. Wykorzystując firmowe oprogramowanie Concentris i ustawiając parametry lasera, sprawdzono stabilność całego układu. W dalszej części doświadczenia w trybie dynamicznym zebrano widmo rezonansowe beleczki. Z powyższego widma rezonansowego wybrano dwie krzywe rezonansowe, dla których wykonano po 10 pomiarów. Analogicznie powtórzono czynności dla wszystkich pozostałych beleczek. Następnie zalano komorę wodą i w temperaturze 23°C wykonano test stabilności. Później zebrano widmo rezonansowe beleczki i wybrano tak jak w przypadku poprzednim dwie częstotliwości rezonansowe. Doświadczenie przeprowadzone było w modzie 1.

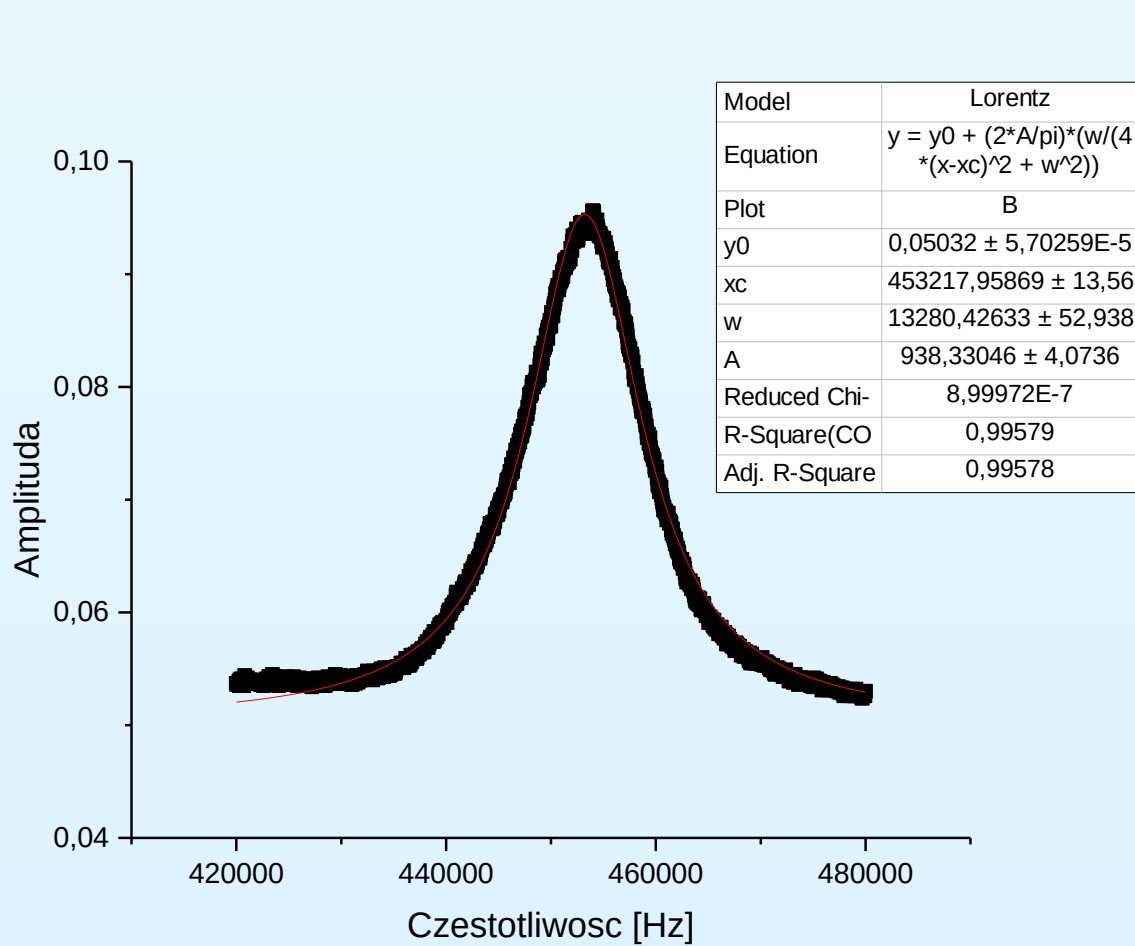
Układ badawczy



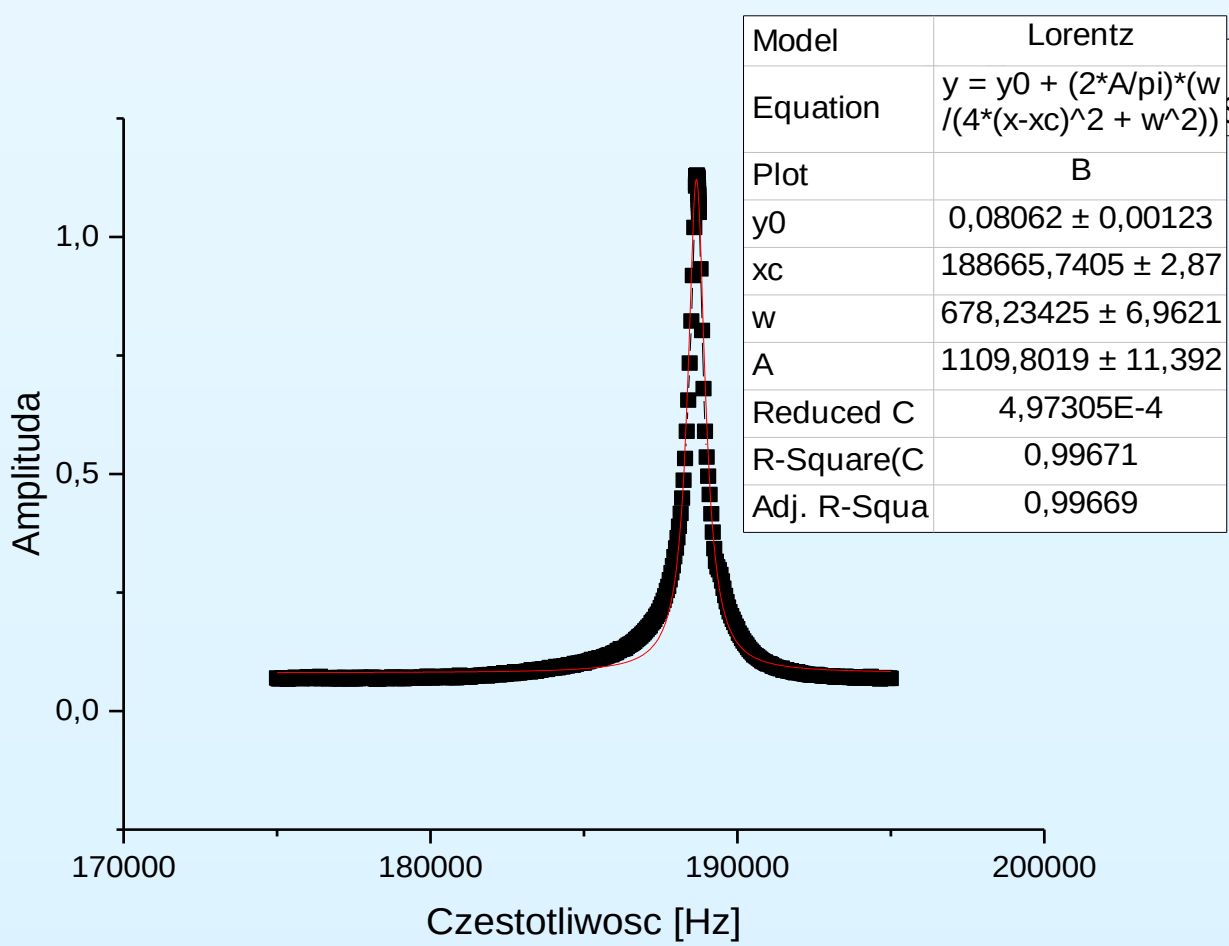
Rysunek 1. Schemat budowy sensora beleczkowego

Co otrzymano?

Następnym krokiem było opracowanie danych otrzymanych z eksperymentu. W tym celu wykorzystano program Origin, gdzie sporządzono wykresy amplitudy od częstotliwości. Do punktów pomiarowych dopasowano krzywe Lorentza, z których odczytano wartość maksimum krzywej (częstotliwość rezonansowa) oraz szerokość krzywej w połowie wysokości.

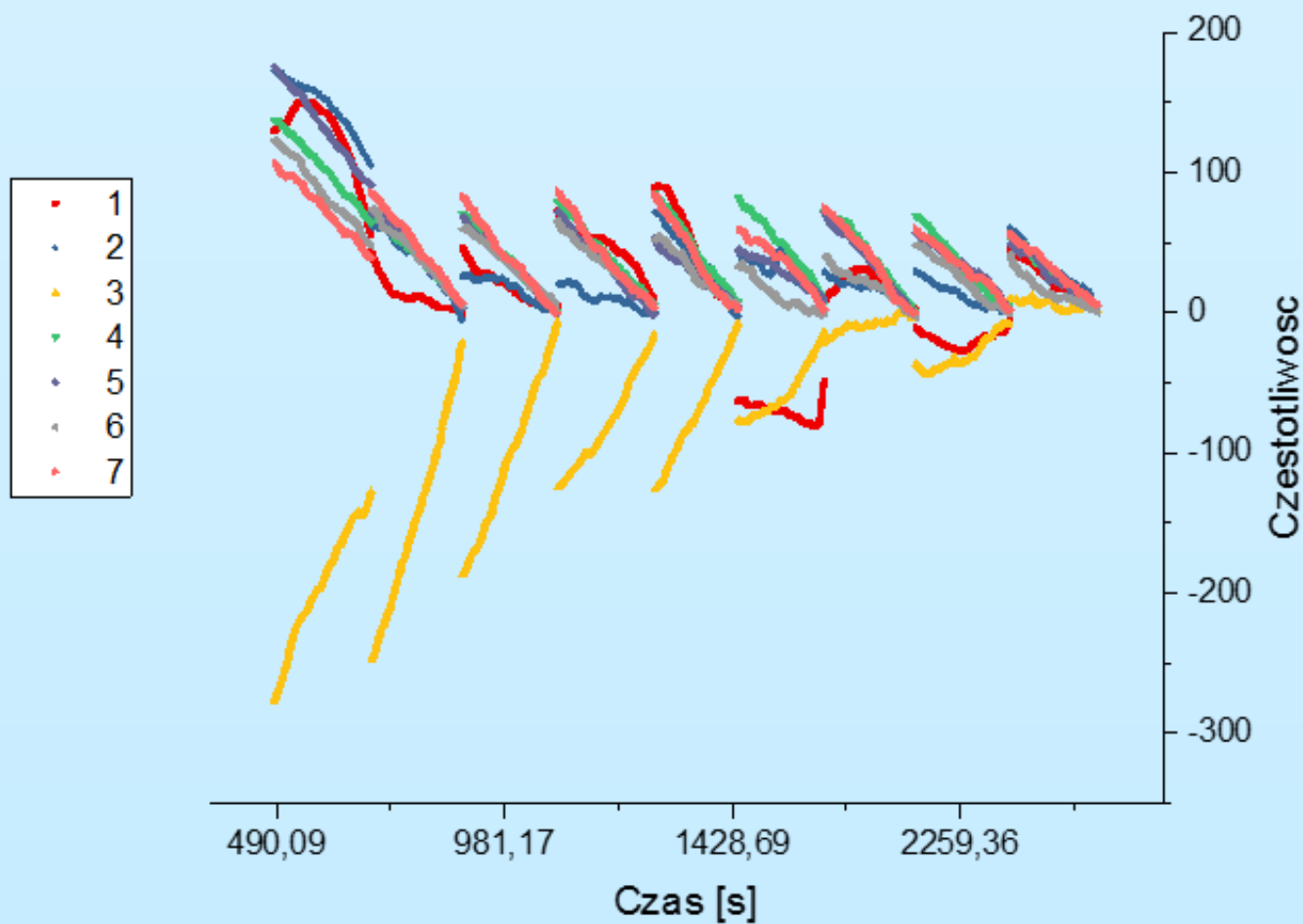


Rys. 2 Dopasowanie krzywej Lorentza dla piku w środowisku wodnym



Rys. 3 Dopasowanie krzywej Lorentza dla piku w środowisku gazowym

- W modzie statycznym zmierzono zachowanie się beleczek pod wpływem zmiany temperatury wahającej się od 20° do 21,25°C i zmieniającej się w czasie t przedstawionym na osi poziomej.



Rys. 4 Zależność częstotliwości drgań beleczek od zmiany temperatury w czasie t

Uzyskane wyniki

Wartość teoretyczna częstotliwości rezonansowej została wyliczona i wyniosła 175373,63±1100,36, błąd względny (bez uwzględnienia beleczki 5, która wykazuje zbyt dużą rozbieżność) wynosi 11809,72.

Wartości częstotliwości rezonansowych wyznaczonych doświadczalnie	Ne beleczki
188660,13±2,84	1
188665,74±3,98	2
188967,38±2,65	3
189342,76±3,56	4
453217,96±14,99	5
189805,54±1,48	6
189468,24±4,32	7

Porównanie przykładowej dobroci (Q) dla beleczki nr 1,2 i 6 w środowisku gazowym i ciekłym:

Środowisko gazowe	Środowisko ciekłe
474,63±3,14	25,10±3,27
278,17±3,45	32,75±2,16
274,85±3,15	25,26±1,51

Wniosek

Wartości teoretyczne częstotliwości rezonansowych nie są zgodne z wartościami wyznaczonymi doświadczalnie, lecz można stwierdzić, że są do siebie zbliżone. Podczas pomiarów w komorze temperatura była stała, 23°C. Dobroci krzywych w środowisku gazowym są rzędu kilkuset, natomiast w środowisku wodnym rzędu kilkudziesięciu. Powodem tego jest tłumienie przez lepkość wody drgań beleczek w środowisku cieczy.

Badanie w modzie statycznym pokazało, iż w miarę ogrzewania częstotliwość drgań beleczek powiększała się, natomiast ich odchylenie ulegało zmniejszeniu.

LITERATURA

- [1] <http://www.2pf.if.uj.edu.pl/web/ii-pracownia-fizyczna/z49>, dostęp kwiecień 2017
- [2] <http://www.pm.microbiology.pl/web/archiwum/vol5522016225.pdf>, dostęp maj 2017
- [3] Bogdan Łabędź, *Sensory mikrobeleczkowe w analizie podstawowych parametrów biofizycznych modelowych układów biologicznych*, praca magisterska, UJ w Krakowie, Kraków 2014