

Laboratorium Podstaw Czujników Pomiarowych

Ćwiczenie 6

Wybrane zagadnienia z miernictwa optoelektronicznego

Instrukcja do ćwiczenia

Opracował:

dr hab. inż. Tomasz Osuch



Instytut Systemów Elektronicznych
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechnika
Warszawska

Warszawa 2020

v.1.0

Ćwiczenie 6

Wybrane zagadnienia z miernictwa optoelektronicznego

Informacje wstępne

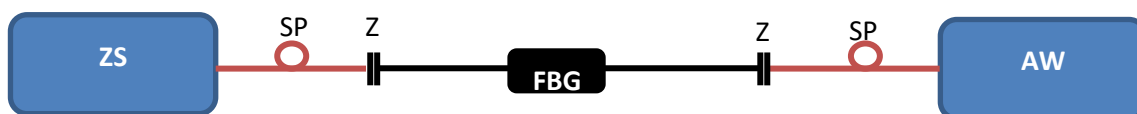
1. Sprawozdanie z ćwiczenia powinno się rozpoczynać poniższą, wypełnioną tabelką.

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH	PODSTAWY CZUJNIKÓW POMIAROWYCH LABORATORIUM	
Ćwiczenie 6 – Wybrane zagadnienia z miernictwa optoelektronicznego		
Imię i Nazwisko	Numer albumu	Data
Paweł Rawicki	283529	17.01.2021

2. Przed wykonaniem zadania należy przeczytać materiały do ćwiczenia 6, dostępne na stronie przedmiotu na serwerze Studia.
3. Dane do realizacji ćwiczenia znajdują się w pliku **dane_lab6.xlsx**. Są one zróżnicowane ze względu na numer albumu. Dlatego w celu pobrania danych z odpowiednich zakładek, należy odczytać je z tabeli zamieszczonej w zakładce **Dataset**.
4. Rozwiązane zadanie należy przesłać na adres: T.Osuch@elka.pw.edu.pl w terminie do 17.01.2021r.

1. Wyznaczenie podstawowych parametrów światłowodowej siatki Bragga

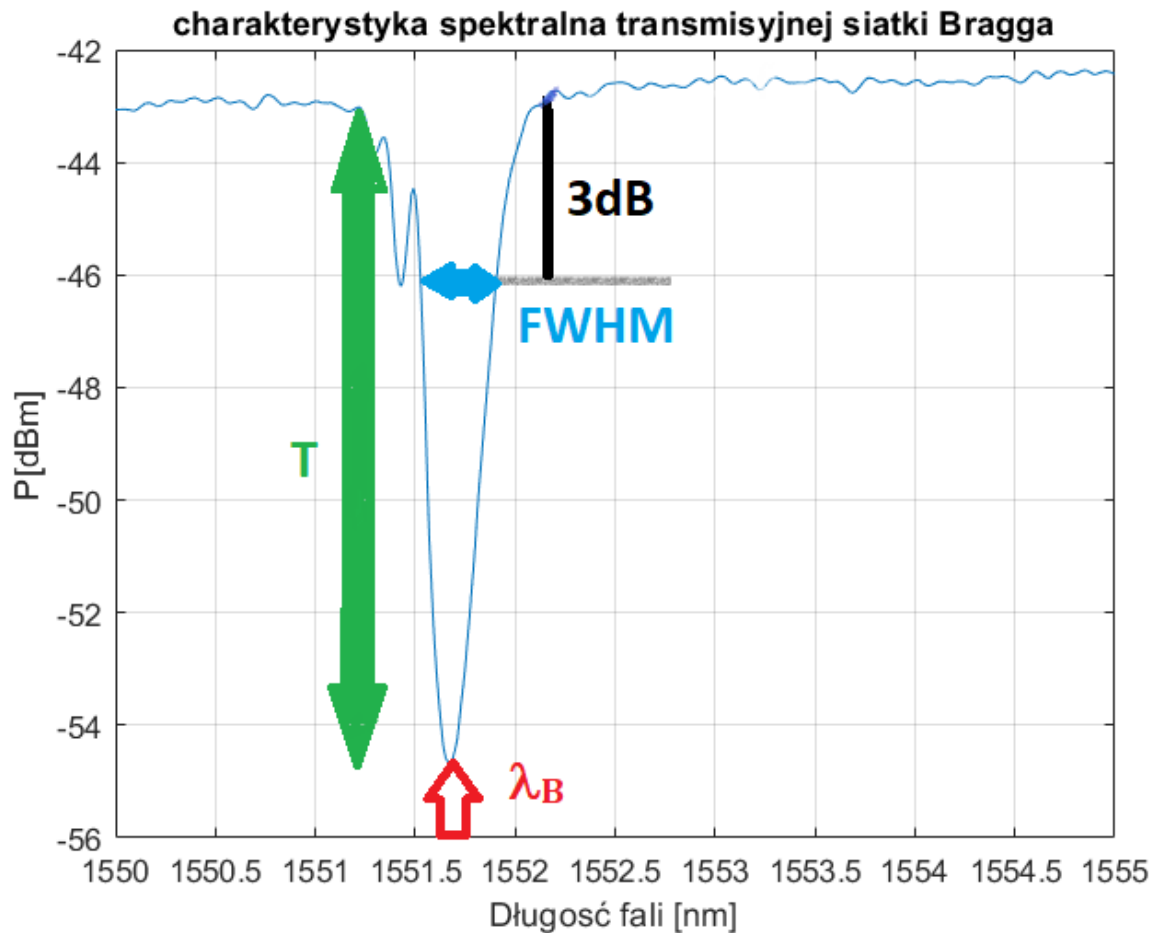
Charakterystykę spektralną transmisyjną siatki Bragga zmierzono w układzie przedstawionym na rysunku 1.



Rys. 1. Stanowisko do pomiaru charakterystyk spektralnych transmisyjnych światłowodowych siatek Bragga (ZS – źródło szerokopasmowe, SP- światłowód (patchcord) pomiarowy, Z – złączka światłowodowa, FBG – światłowodowa siatka Bragga, AW – analizator widma optycznego).

Na podstawie danych pomiarowych dołączonych w pliku **dane_lab6.xlsx** wyznaczyć charakterystykę spektralną transmisyjną siatki Bragga $T=f(\lambda)$ oraz wyznaczyć podstawowe parametry spektralne tej siatki, tj. długość fali Bragga λ_B , szerokość spektralną FWHM oraz współczynniki transmisji T [dB] i t [%] oraz odbicia r [%].

Opisać lub zilustrować sposób wyznaczania poszczególnych parametrów, podać wzory obliczeniowe, zwrócić uwagę na jednostki.

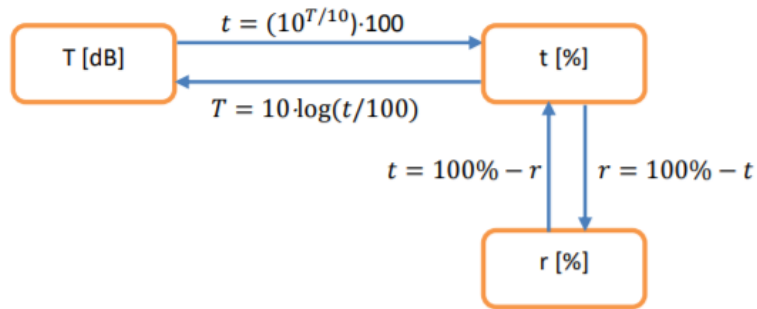


Parametr	Wartość
λ_B [nm]	1551.68
FWHM[nm]	0.4
T [dB]	-11.97
t [%]	6.35
r [%]	93.35

Sposób wyznaczania parametrów:

- λ_B [nm] – funkcja $\lambda_B = f(\min(T)) \rightarrow$ długość fali, dla najmniejszej mocy
- FWHM - odczytana z wykresu
- T \rightarrow różnica pomiędzy $\min(T)$ i T z początku okna

- t i r wyznaczone zgodnie ze wzorami zamieszczonymi przez prowadzącego:



Rys. 3. Diagram ilustrujący sposób przeliczania współczynników transmisji i odbicia siatki Bragga.

Warto zauważyć, że zebrane wartości poziomu mocy są wartościami bezwzględnymi w [dBm] uzyskanymi wprost z analizatora widma optycznego. Zakładamy również, że w mierzonym zakresie spektralnym poziom mocy źródła szerokopasmowego jest stały.

2. Badania światłowodowej siatki Bragga jako czujnika odkształcenia

Na rysunku 2 przedstawiono stanowisko do pomiaru charakterystyk spektralnych transmisyjnych siatek Bragga poddawanych rozciąganiu. Siatka Bragga przytwierdzona jest w dwóch miejscach (oddalonych o L) do układu mechanicznego do precyzyjnego rozciągania światłowodu U. Efekt rozciągania realizowany jest poprzez zmianę położenia przesuwu liniowego za pomocą śruby mikrometrycznej o dystans ΔL , co w efekcie powoduje zmianę długości (rozciąganie) odcinka światłowodu z siatką Bragga o wartość ΔL . Bazowa długość światłowodu z siatką (dla zerowego naprężenia) wynosi L .

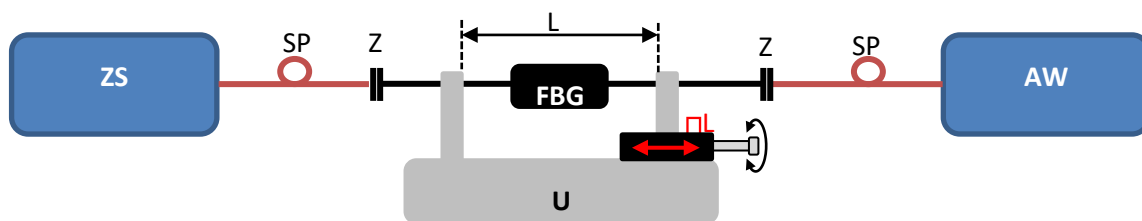
Wydłużenie włókna obliczyć można na podstawie różnicy położenia przesuwu liniowego (czyli na podstawie różnicy odczytów ze śruby mikrometrycznej) pomiędzy położeniem „zerowym” (zerowe naprężenie) $L_{s,0}$ oraz po przesunięciu $L_{s,i}$, tj.

$$\Delta L_i = L_{s,0} - L_{s,i} \quad (1)$$

Istotne jest, że wraz z przesuwaniem stolika linowego w prawo (rozciąganie włókna) wartość bezwzględnego położenia (odczyt ze śruby mikrometrycznej) zmniejsza się.

Zatem, aby uzyskać dodatnią wartość aktualnego rozciągnięcia ΔL_i obliczamy je odejmując bieżące położenie $L_{s,i}$ od położenia zerowego $L_{s,0}$.

Wykorzystując stanowisko pomiarowe przedstawione na rysunku 2 zbadano wpływ działania odkształcenia (rozciągania) na charakterystykę spektralną transmisyjną siatki Bragga. A zatem wykonano serię pomiarów pozwalającą na określenie właściwości czujnikowych siatki jako sensora odkształcenia.



Rys. 2. Stanowisko do pomiaru charakterystyk spektralnych transmisyjnych siatek Bragga poddawanych rozciąganiu (U – układ do rozciągania włókna).

Na podstawie danych pomiarowych zamieszczonych w pliku **dane_lab6.xlsx** :

- a) znając bazową długość odcinka włókna z siatką Bragga poddawanego rozciąganiu L , przeliczyć wprowadzane na skutek rozciągania zmiany długości włókna z siatką ΔL_i , na wartości odkształcenia (naprężenia) wyrażone w $\mu\epsilon$ ($\mu\epsilon$ - mikrostrainy). W tym celu odszukać definicję microstraina i zastosować do obliczeń, podając ją jednocześnie w sprawozdaniu (wraz ze źródłem, z którego została zaczerpnięta).

Źródło:

<https://www.omega.co.uk/literature/transactions/volume3/strain.html>

Strain Units

Strain is defined as the amount of deformation per unit length of an object when a load is applied. Strain is calculated by dividing the total deformation of the original length by the original length (L):

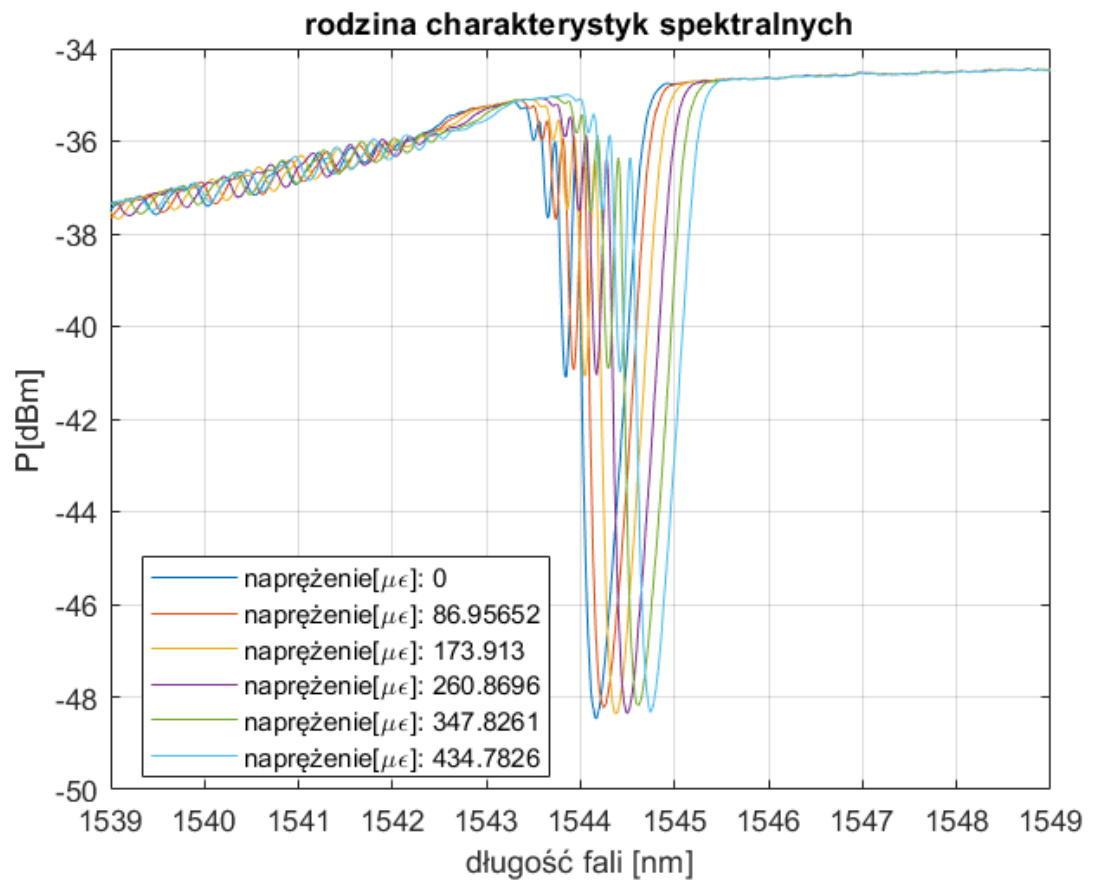
$$\text{Strain } (\epsilon) = (\Delta L) / L$$

Typical values for strain are less than 0.005 inch/inch and are often expressed in microstrain units:

$$\text{Micro-strain} = \text{Strain} \times 10^6$$

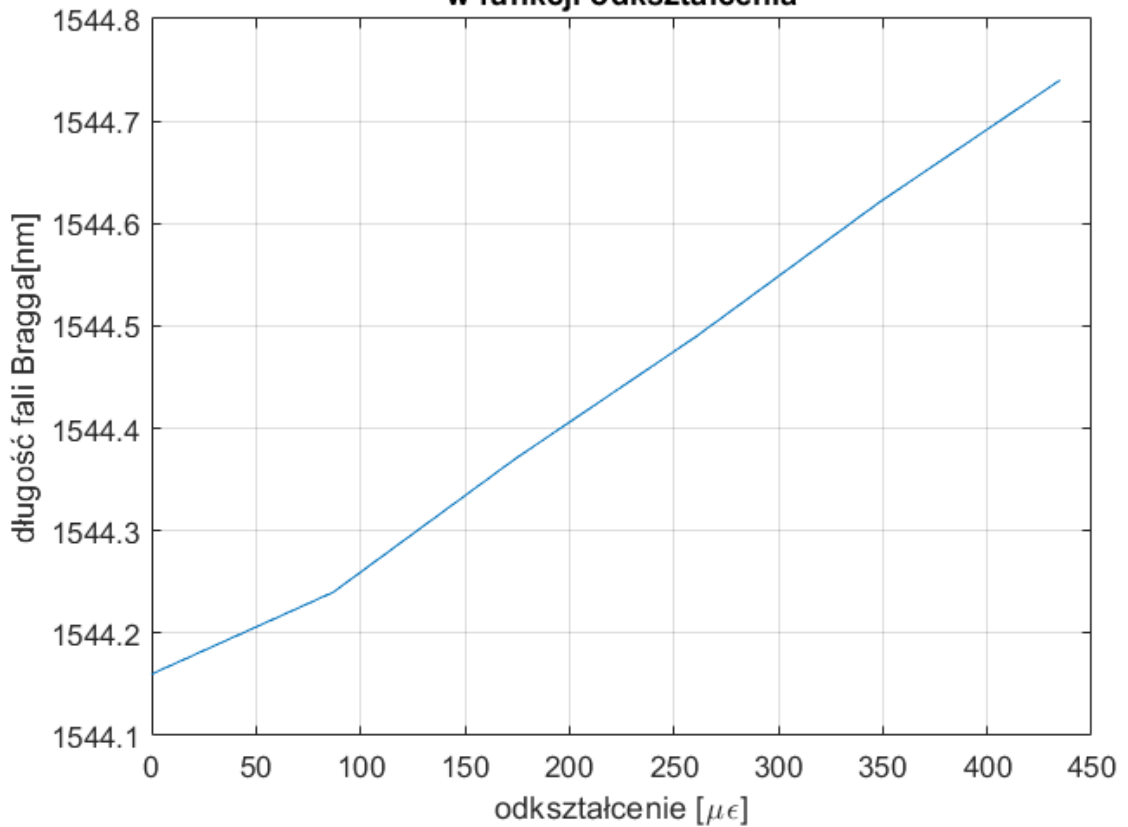
$\Delta L[\text{mm}]$	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1
mikrostrainy	0	86.96	173.91	260.87	347.83	434.78

- b) wyznaczyć rodzinę charakterystyk spektralnych transmisyjnych siatki Bragga dla różnych wartości naprężenia (na jednym wykresie),



- c) wyznaczyć charakterystykę ilustrującą zmiany długości fali Bragga siatki w funkcji odkształcenia (wyrażonego w $\mu\epsilon$),

charakterystykę ilustrującą zmiany długości fali Bragga siatki w funkcji odkształcenia



- d) na podstawie charakterystyki z punktu c) wyznaczyć względną i bezwzględną czułość odkształceniową siatki Bragga.

Czułość względna	8.64e-7
Czułość bezwzględna	0.0013

Opisać sposób wyznaczania poszczególnych wielkości/parametrów, podać wzory obliczeniowe, zwrócić uwagę na jednostki.

```

close all
clear all
clc

%% a
% strains definition
%
https://www.omega.co.uk/literature/transactions/volume3/strain.html
dL=[0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1]; %dLi=Ls,0-Ls,i [mm] -
micrometer screw increment
L=230; % basic length
strains = dL./L; % calculating strains
micro_strains = strains * 1e6; % calculating micro
strains

%% b
data = readmatrix('data2.txt'); % data for task2
wave_lengths = data(:,1); %first column contains
wave_lengths
transmission_powers = data(:,2:length(data(1,:))); %
powers for transmission for diffrent scre increment
power_length = length(transmission_powers(1,:)); %
helping variable

figure % crating a figure
legend_text = "naprężenie[\mu\epsilon]: " +
string(micro_strains);

for k=1:power_length
    plot(wave_lengths,transmission_powers(:,k))
    hold on
end
grid on
title('rodzina charakterystyk spektralnych')
xlabel('długość fali [nm]')
ylabel('P[dBm]')
legend(legend_text, 'Location', 'best')
hold off

%% c
lambdas = zeros(1,power_length); % pre-allocating memory
for k=1:power_length % finding wave length for minimum
power
    lambdas(k) =
wave_lengths(find(transmission_powers(:,k)==
min(transmission_powers(:,k)),1));
end

figure % creating a figure

```



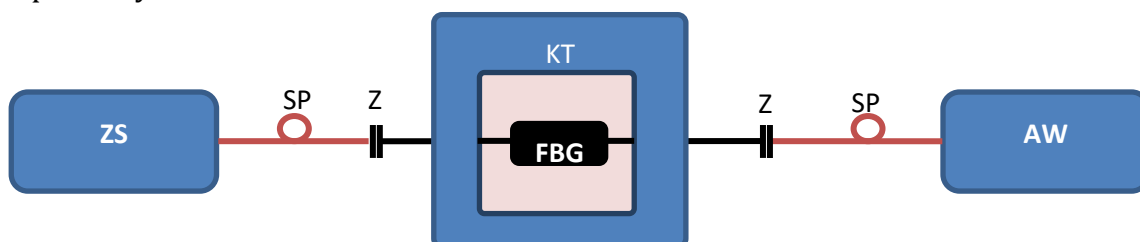
```
plot(micro_strains, lambdas)
grid on
xlabel('odkształcenie [\mu\epsilon]')
ylabel("długość fali Bragga[nm]")
title("charakterystykę ilustrującą zmiany długości fali  
Bragga siatki "+newline+"w funkcji odkształcenia")
hold off

%% d
dLambdas= lambdas(end) - lambdas(1); % lambda difference
ke = (dLambdas/lambdas(1))/micro_strains(end); %
relative sensitivity
Ke=ke*lambdas(1); % absolute sensitivity
```

3. Badania światłowodowej siatki Bragga jako czujnika temperatury

Na rysunku 3 przedstawiono stanowisko do pomiaru charakterystyk spektralnych transmisyjnych siatek Bragga poddawanych zmianom temperatury. Siatka Bragga umieszczona jest w komorze termicznej KT, o precyzyjnie regulowanej temperaturze.

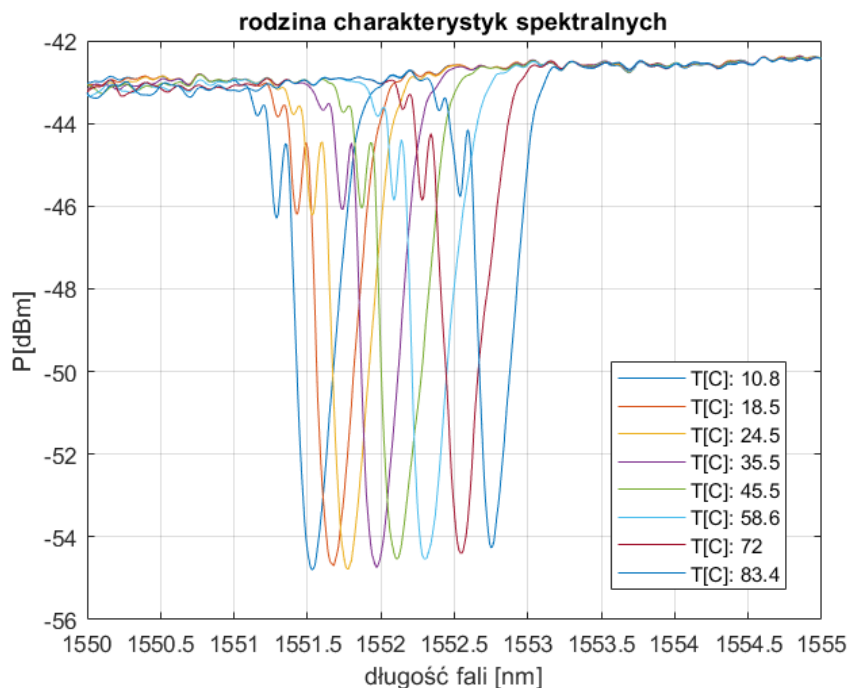
Zmieniając temperaturę w komorze, zmierzono rodzinę charakterystyk spektralnych transmisyjnych siatki Bragga w różnych temperaturach. A zatem wykonano serię pomiarów pozwalającą na określenie właściwości czujnikowych siatki jako sensora temperatury.



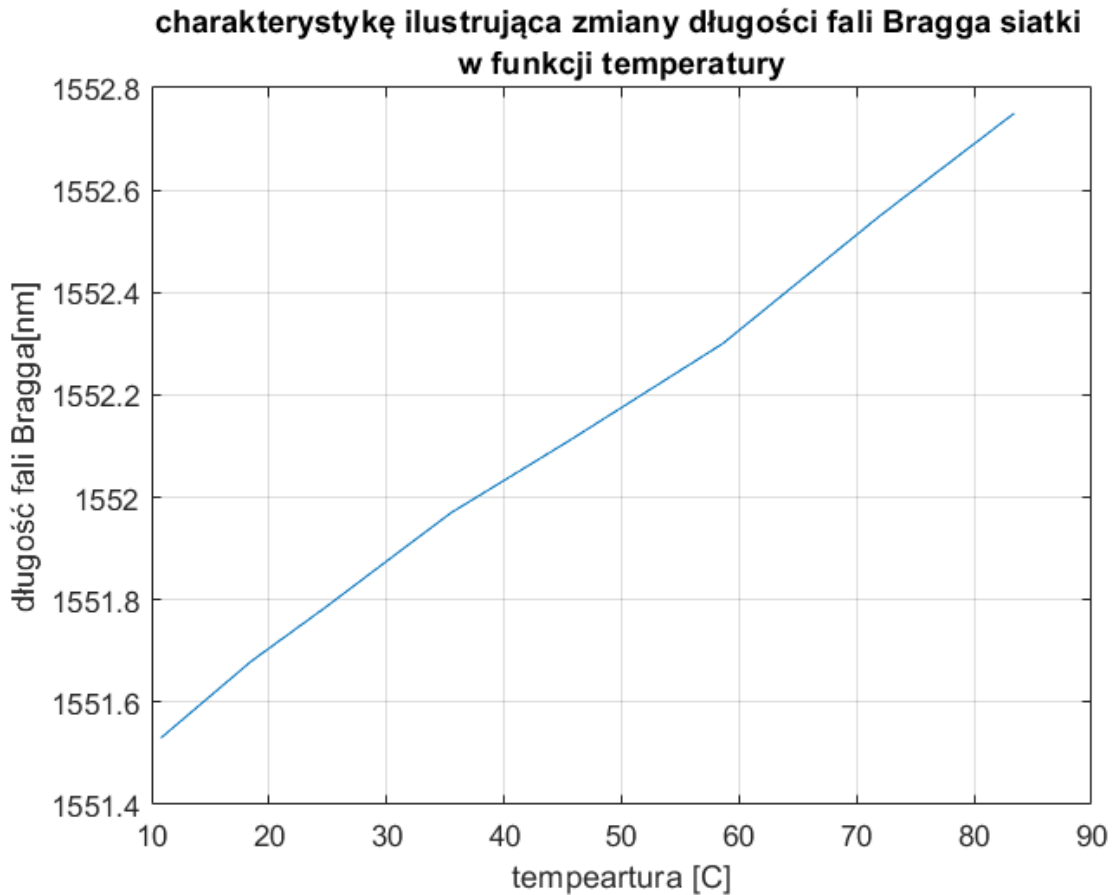
Rys. 3. Stanowisko do pomiaru charakterystyk spektralnych transmisyjnych siatek Bragga poddawanych zmianom temperatury (KT – komora termiczna).

Na podstawie danych pomiarowych zamieszczonych w pliku **dane_lab6.xlsx** :

- wyznaczyć rodzinę charakterystyk spektralnych transmisyjnych siatki Bragga dla różnych temperatur (na jednym wykresie),



- b) wyznaczyć charakterystykę ilustrującą zmiany długości fali Bragga siatki w funkcji temperatury,



- c) na podstawie charakterystyki z punktu b) wyznaczyć względną i bezwzględną czułość temperaturową siatki Bragga.

Czułość względna	1.08e-05
Czułość bezwzględna	0.0168

Opisać sposób wyznaczania poszczególnych wielkości/parametrów, podać wzory obliczeniowe, zwrócić uwagę na jednostki.

```
close all
clear all
clc

T=[10.8 18.5 24.5 35.5 45.5 58.6 72 83.4];

%% a
data = readmatrix('data3.txt'); % data for task3
```

```

wave_lengths = data(:,1); % first column contains
wave_lengths
transmission_powers = data(:,2:length(data(1,:))); %
powers for transmission for different power increment
power_length = length(transmission_powers(1,:)); %
helping variable

figure
legend_text = "T[C]: " + string(T);

for k=1:power_length
    plot(wave_lengths,transmission_powers(:,k))
    hold on
end
grid on
title('rodzina charakterystyk spektralnych')
xlabel('długość fali [nm]')
ylabel('P[dBm]')
legend(legend_text, 'Location', 'best')
hold off

%% b % creating figure
lambdas = zeros(1,power_length); % pre-allocating memory
for k=1:power_length % finding wave length for minimum
power
    lambdas(k) =
wave_lengths(find(transmission_powers(:,k)==
min(transmission_powers(:,k)),1));
end

figure
plot(T, lambdas)
grid on
xlabel('tempeartura [C]')
ylabel("długość fali Bragga[nm]")
title("charakterystykę ilustrującą zmiany długości fali
Bragga siatki "+newline+"w funkcji temperatury")
hold off

%% c
dLambdas= lambdas(end) - lambdas(1); % lambda difference
ke = (dLambdas/lambdas(1)) / (T(end)-T(1)); % relative
sensitivity
Ke=ke*lambdas(1); % absolute sensitivity

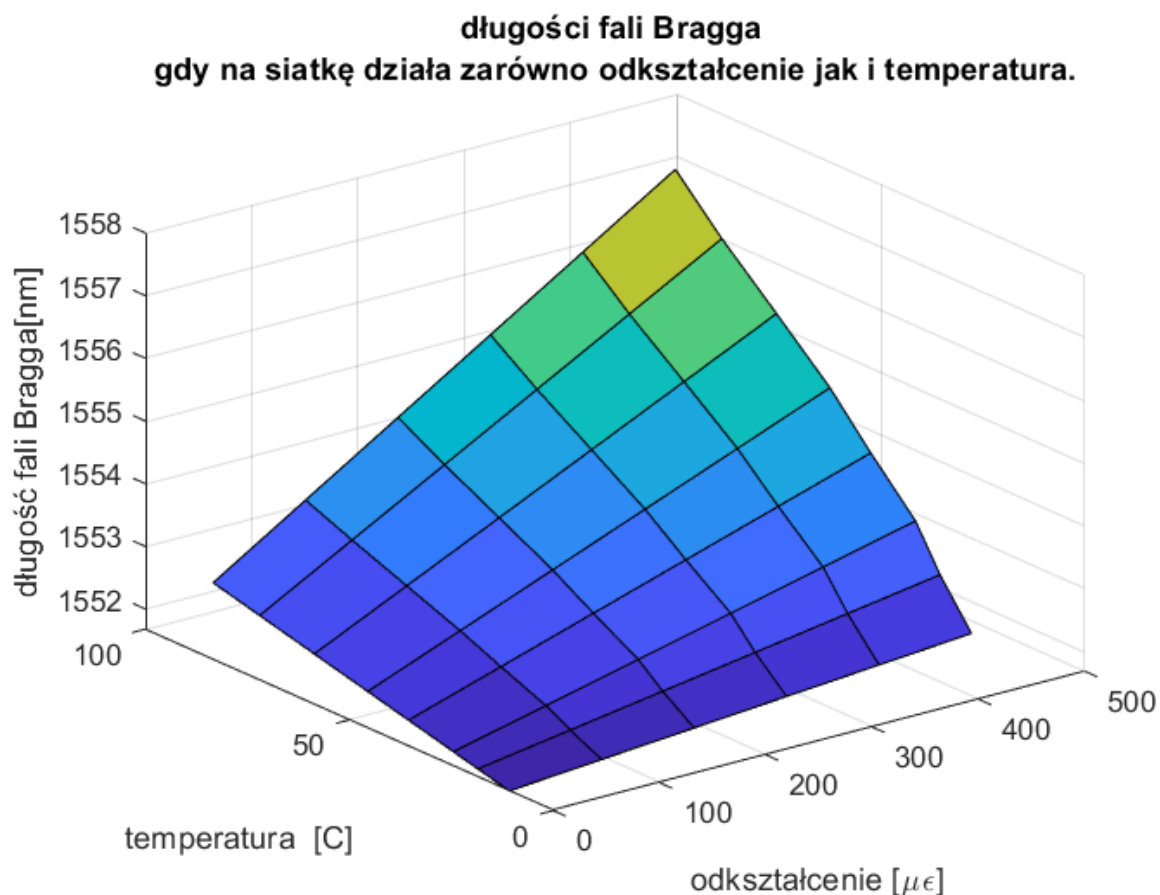
```

4. Zagadnienie pomiarowe

Przeanalizuj działanie siatki Bragga poddawanej zmianom odkształcenia i temperatury. W tym celu mając do dyspozycji siatkę Bragga o:

- długości fali Bragga wyznaczonej w zadaniu 1,
- względnej czułości odkształceniowej wyznaczonej w zadaniu 2,
- względnej czułości temperaturowej wyznaczonej w zadaniu 3,

zbadaj zmianę długości fali Bragga w przypadku gdy na siatkę działa zarówno odkształcenie jak i temperatura.



Na tej podstawie wysnuj wnioski dotyczące możliwości i ograniczeń pracy siatki Bragga jako czujnika do pomiaru jednej z ww. wielkości fizycznych oraz jako czujnika do pomiaru obu wielkości jednocześnie.

Z wykresu widać, że funkcja ta nie jest różnowartościowa, to znaczy taka sama długość fali Bragga jest dla różnych zestawów odkształcenia i temperatury. Widać także, że funkcja jest częściowo symetryczna (nie całkowicie). Zatem można mierzyć obie wartości na raz, w pewnych zakresach, lecz generalnie trzeba mieć na uwadze, że wynikiem może być zestaw dwóch punktów.

```

Clc
close all
clear all

lambda1=1551.68;
kl=8.639001139777177e-07;
kt= 1.083086225435473e-05;

dL=[0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1]; %dLi=Ls,0-Ls,i [mm] -
micrometer screw increment
L=230; % basic length
strains = dL./L; % calculating strains
micro_strains = strains * 1e6; % calculating micro
strains

T=[10.8 18.5 24.5 35.5 45.5 58.6 72 83.4];

t_length = length(T);
l_length = length(dL);

lambdas= zeros(t_length, l_length);
lambdas(1,1) = lambda1;

for t = 1: t_length
    for l = 1: l_length
        if t == 1
            lambdas(t,l) = lambda1 + ...
            kl *micro_strains(l)*lambda1;
        else
            delta_T=T(t)- T(t-1);
            lambdas(t,l) = lambdas(t-1,l) + kt*
            delta_T*lambda1 + ...
            kl *micro_strains(l)*lambda1;
        end
    end
end

figure
surf( micro_strains,T,lambdas)
xlabel('odkształcenie [\mu\epsilon]')
ylabel("temperatura [C]")
zlabel("długość fali Bragga[nm]")
title("długości fali Bragga "+ newline+" gdy na siatkę
działa zarówno odkształcenie jak i temperatura. ")

```

