



II. Badanie charakterystyki spektralnej źródła termicznego promieniowania elektromagnetycznego

Cel ćwiczenia: Wyznaczenie charakterystyki spektralnej termicznego źródła promieniowania (lampa halogenowa) przy pomocy detektora termicznego.

Opis stanowiska:

Oświetlacz - lampa halogenowa (napięcie zasilania do 16V).

Lampa sodowa 589nm

Zasilacz halogenu Z 3020.

Zwierciadło M1

Modulator

Monochromator - SPM2 z pryzmatem szklanym - 0.4 μm do 3.5 μm

Detektor termiczny - termoelement VTh-1 z okienkiem CaF_2 o powierzchni światłoczułej 7 mm^2 .

Nanowoltomierz selektywny 233 lub nanowoltomierz homodynowy do pomiaru napięcia na wyjściu termopary.

Niedokładność wskazań nanowoltomierza selektywnego: $\Delta U = \pm (4U + 2 U_c) / 100$ gdzie U_c –zakres, U – aktualne wskazanie miernika.

Jeśli używany jest przedwzmacniacz, to niepewność pomiaru jest równa $\Delta U = \pm (7U + 2 U_c) / 100$.

Niedokładność wskazań nanowoltomierza homodynowego:

$\pm 3\%$ dla $f=15 \text{ Hz} - 15 \text{ kHz}$ oraz $\pm 5\%$ dla $f=1,5 \text{ Hz} - 15 \text{ Hz}$ i dla $f=15\text{kHz} - 150 \text{ kHz}$.

Wzmacniacz pomiarowy – szerokopasmowy woltomierz AC, alternatywnie do pomiaru napięcia termopary.

Detektor fotonowy – fotodiody Si.

Woltomierze: METEX; amperomierz METEX, V640

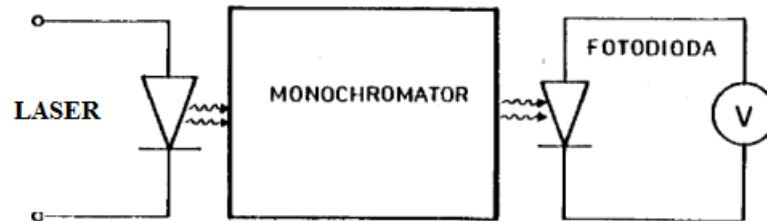


Detekcja promieniowania elektromagnetycznego

Przebieg ćwiczenia:

1. Sprawdzić kalibrację monochromatora.

- Zestawić układ według schematu przedstawionego na rys.1. Ustawić laser naprzeciw szczeliny wejściowej monochromatora.



Rys.1.Schemat układu do kalibracji monochromatora

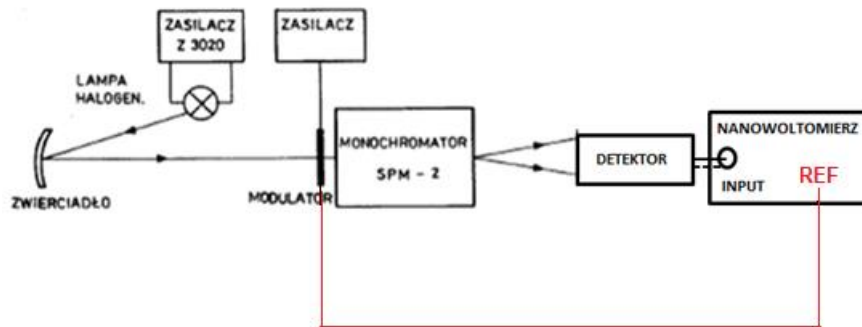
- Odczytać długość fali emitowanej przez laser (napis na obudowie lasera).
- Ustawić na skali monochromatora taką samą długość fali.
- Otworzyć szczeliny monochromatora.
- Włączyć laser.
- Ustawić fotodiode krzemową naprzeciw szczeliny wyjściowej monochromatora, tak, aby optymalnie ją oświetlić.
- Połączyć wyjście detektora z wejściem woltomierza.
- Regulując pokrętkiem służącym do wyboru długości fali znaleźć takie położenie, przy którym sygnał na wyjściu detektora jest maksymalny.
- Jeśli długość fali na skali różni się od długości fali emitowanej przez laser, skorygować położenie skali za pomocą śruby służącej do kalibracji monochromatora (tzn. ustawić na skali długość fali równą długości fali lasera).
- Powtórzyć tę procedurę dla lasera emitującego falę o innej długości.

2. Pomiar charakterystyki widmowej lampy halogenowej

Zestawić układ wg. schematu przedstawionego na rys.2 stosując, jako źródło światła halogen i jako detektor – termoparę.



Detekcja promieniowania elektromagnetycznego



Rys.2. Schemat układu do pomiaru charakterystyki spektralnej fotonapięcia detektora przy pomocy nanowoltomierza selektywnego. Na czerwono zaznaczono połączenie, które trzeba zrealizować aby wykonać ten sam pomiar przy pomocy nanowoltomierza homodynowego.

- Ustawić na zasilaczu halogenu napięcie $U = 10V$
- Otworzyć szczeliny monochromatora. Ustawić szerokość szczelin monochromatora na 0.7 mm
- Oświetlić detektor światłem o długości fali z zakresu widzialnego. W tym celu wybrać odpowiednią długość fali na skali monochromatora i ustawić detektor naprzeciwko szczeliny wyjściowej monochromatora.
- Jeśli pomiar napięcia na wyjściu detektora odbywa się przy pomocy nanowoltomierza homodynowego, połączyć wyjście referencyjne z modulatora z wejściem REFERENCE nanowoltomierza.
- Połączyć wyjście detektora z wejściem INPUT nanowoltomierza selektywnego lub homodynowego. W celu wzmocnienia sygnału z termopary można użyć transformatora 233.7 oraz przedwzmacniacza 233.7. Wówczas wyjście detektora należy połączyć z wejściem transformatora, wyjście transformatora z wejściem przedwzmacniacza i wyjście przedwzmacniacza z wejściem nanowoltomierza. Na wyjściu przedwzmacniacza znajdują się dwa przewody koncentryczne, obydwa łączymy z gniazdamy wejściowymi nanowoltomierza.
- Ustawić maksymalny zakres pomiarowy nanowoltomierza.
- Włączyć modulator. Częstotliwość modulatora jest równa ok. 12,4Hz.
- Wybrać zakres częstotliwości 5Hz-15Hz, w którym mieści się częstotliwość modulatora.
- Ustawić częstotliwość nanowoltomierza selektywnego równą częstotliwości modulatora natomiast w przypadku nanowoltomierza homodynowego wybrać odpowiednimi przyciskami zakres częstotliwości, w którym mieści się częstotliwość modulatora.



Detekcja promieniowania elektromagnetycznego

- W obecności przewodzącego włączyć nanowoltomierz.
- Jeśli na największym zakresie pomiarowym sygnał jest bliski zeru, zmniejszać skokowo zakres pomiarowy tak, aby wychylenie wskazówki osiągnęło wartość równą ok. 2/3 zakresu pomiarowego.
- Skorygować położenie detektora tak, aby uzyskać maksymalne napięcie na wyjściu.
- Zmierzyć napięcie na wyjściu detektora termicznego w funkcji długości fali w zakresie od 0.5 μm do 3 μm . Zmieniać długość fali zgodnie z zaleceniami przewodzącego.
- Powtórzyć pomiary dla innego napięcia zasilania lampy halogenowej, podanego przez przewodzącego.

Opracowanie wyników:

1. Narysować charakterystyki spektralne źródła światła + monochromator, czyli wykres napięcia na wyjściu detektora termicznego w funkcji długości fali dla obydwu napięć zasilających halogen. Na wykresach zaznaczyć niepewności pomiarowe napięcia i długości fali. W obydwu przypadkach przyjąć niepewność równą niepewności pojedynczego pomiaru $u(x) = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}}$. Poniżej przedstawiono jak należy dokonać odczytu na skali monochromatora i jak wyznaczyć dokładność pomiaru.

Rys. 3. Przykładowy odczyt wyniku ze skali monochromatora

Górna skala – długość fali w μm .
Dolna skala – szerokość szczeliny w mm
Przy szczelinie 1mm: $(1200 \pm 30)\text{nm}$
Przy szczelinie 0.5mm: $(1200 \pm 15)\text{nm}$
Przy szczelinie 0.1mm: $(1200 \pm 3)\text{nm}$
Przy szczelinie x mm: $(1200 \pm x \cdot 30)\text{nm}$



Jeśli napięcie na wyjściu detektora jest wzmacnione przez wzmacniacz o wzmacnieniu k [dB] i jego wartość zmierzona wynosi U_m , wówczas napięcie rzeczywiste na detektorze U_d jest równe:

$$k = 10 \log \frac{U_m^2}{U_d^2} = 20 \log \frac{U_m}{U_d} \quad \Rightarrow \quad \log \frac{U_m}{U_d} = \frac{k}{20} \quad \Rightarrow \quad U_m = U_d 10^{k/20} \quad \Rightarrow$$
$$U_d = U_m 10^{-k/20} \quad (6)$$

(Np. jeśli $k = 20 \Rightarrow U_d = U_m/10$)



Detekcja promieniowania elektromagnetycznego

2. Narysować obydwie zmierzone charakterystyki na jednym wykresie. To pozwoli zauważyć, czy są względem siebie przesunięte.
3. Dopasować charakterystyki rozkładem Plancka. W tym celu dla każdego napięcia na jednym wykresie należy narysować unormowaną zmierzoną i zasymulowaną charakterystykę widmową. Aby to zrobić, należy podzielić każdy wynik eksperymentalny przez maksymalną wartość eksperymentalną i analogicznie każdy wynik zasymulowany przez maksymalną wartość zasymulowaną. Narysować wykresy $U/U_{\max}=f(\lambda)$ uwzględniając niepewności:

$$u\left(\frac{U}{U_{\max}}\right) = \sqrt{\left(\frac{1}{U_{\max}} u(U)\right)^2 + \frac{U^2 \cdot (u(U_{\max}))^2}{(U_{\max})^4}}$$

oraz niepewność $u(\lambda)$.

4. Wyznaczyć maksimum zdolności emisyjnej dla obydwu charakterystyk i korzystając z prawa Wiena, oszacować temperaturę włókna żarówki w obydwu przypadkach.
5. Obliczyć niepewność wyznaczonej temperatury:

$$u(T) = \frac{u(\lambda_{\max})}{\lambda_{\max}} T \text{ [K]}$$

Przyjąć $u(\lambda_{\max})$ równe odpowiedniej wartości $u(\lambda)$.

Literatura:

Wykłady: 2, 3 „Źródła i detektory”

Pytania kontrolne

1. Termiczne i nietermiczne źródła promieniowania
2. Prawa promieniowania ciała doskonale czarnego
3. Zasada działania termopary jako detektora promieniowania elektromagnetycznego