



Podstawy Fizyki Optyka

Praca zbiorowa

Ćwiczenie 48

LASERY

Pomiar długości fali przy pomocy doświadczenia Younga.

opr. tech. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny

Siedlce 2020

1. Wstęp

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze zjawiskami optycznymi zachodzącymi przy przejściu światła spójnego przez dwie równoległe szczeliny oraz doświadczalne wyznaczenie długości fali światła.

W ćwiczeniu studenci ugruntowują wiedzę związaną z prawami optyki geometrycznej, poznają metodykę wykonywania pomiarów z wykorzystaniem mikroskopu optycznego.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

- laser gazowy He-Ne
- mikroskop optyczny z oświetlaczem i obiektywem mikrometrycznym;
- płytka wzorcowa;
- slajdy z rysami (w różnej odległości między sobą);
- suwmiarka.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

-
- światło spójne
- typy laserów-
- budowa i zasada działania lasera He-Ne
- skalowanie mikroskopu
-
-
-

2. Wprowadzenie teoretyczne

Ze względu na budowę możemy mieć do czynienia z:

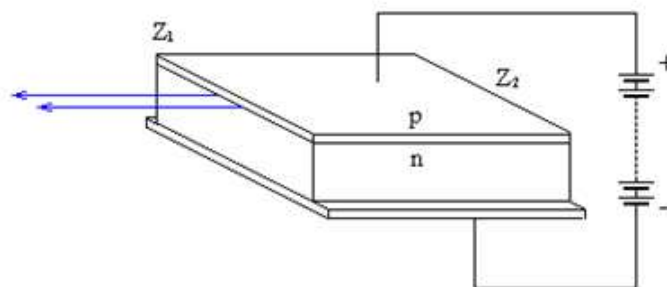
Laserem rubinowym. Wykorzystuje metodę pompowania optycznego. Centralną częścią lasera rubinowego jest kryształ rubinu ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{Cr}^{3+}$) oszlifowany w kształcie walca o zwierciadlanych podstawach (jedno zwierciadło jest półprzepuszczalne). Otrzymywane światło laserowe jest impulsowe (pompowanie optyczne - przygotowujące akcję laserową ma charakter periodyczny) otrzymywana długość fali to 6943 Å (czerwona). Wiązka jest spójna, spolaryzowana, o dużej mocy spektralnej, prawie równoległa.

Laserem półprzewodnikowym. W którym substancją czynną jest dioda półprzewodnikowa o złączu p-n.

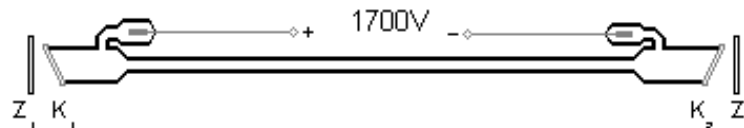
Rezonator optyczny to sześcienna płytki półprzewodnikowa.

Zwierciadła Z_1 i Z_2 są równoległe do siebie i prostopadłe do złącza p-n, które na rysunku obok narysowano w płaszczyźnie poziomej. Zwierciadło Z_2 jest nieprzepuszczalne a Z_1

półprzepuszczalne. Wykonano je z dielektryka, a odbicie światła następuje dzięki różnicy przenikalności dielektrycznej półprzewodnika i otoczenia. Po doprowadzeniu układu do rozkładu antyboltzmanowskiego w wyniku emisji wymuszonej pojawia się w płaszczyźnie złącza p-n promieniowanie spójne. W zależności od sposobu zasilania laser półprzewodnikowy może pracować impulsowo lub w sposób ciągły.



Laserem He - Ne. Podstawowym elementem budowy jest rura kwarcowa zamknięta dwoma okienkami kwarcowymi ustawionymi pod kątem Brewstera. Na zewnątrz rury umieszczono dwa półprzepuszczalne zwierciadła ustawione równoległe. Rurę napełniono mieszaniną helu (pod ciśnieniem 1 mm Hg) oraz neonu (pod ciśnieniem 0,1 mm Hg). Rura i zwierciadła stanowią wnękę rezonansową. Wewnątrz rury wywołuje się wyładowania przy pomocy generatora wysokiej częstotliwości. Schemat lasera gazowego przedstawiono na rysunku poniżej



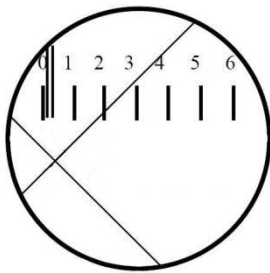
Przyłożone wysokie napięcie rozpędza elektrony, które zderzając się z atomami helu wzbudzają je. Wzbudzone atomy helu zderzają się z atomami neonu, w wyniku zderzenia przekazywana jest energia wzbudzenia helu na atomy neonu, w krótkim czasie powstaje duża liczba wzbudzonych atomów neonu. Układ został przygotowany do emisji wymuszonej. W momencie osiągnięcia rozkładu antyboltzmanowskiego pojawia się spójne promieniowanie czerwone o $\lambda = 6348\text{Å}$ oraz podczerwone o $\lambda = 11500\text{Å}$. Procesy wyżej opisane przebiegają w sposób ciągły. Energia spektralna tego promieniowania jest dużo mniejsza niż w przypadku laserów pracujących impulsowo. Szerokość spektralna linii jest bardzo mała.

3. Pomiary pomocnicze

Aby przystąpić do właściwych pomiarów należy wykonać skalowanie okularu mikrometrycznego umieszczonego w tubusie mikroskopu. Zdjęcie samego okularu mikrometrycznego przedstawia rysunek.



Kiedy spojrzymy w mikrometr zobaczymy:



1. skalę główną od 0 – 6 (przy innych powiększeniach może być widoczna od 0 -8);
2. znacznik na tle skali (dwie linie równoległe)
3. skrzyżowanie nici pajęczych (w połowie wysokości obrazu)

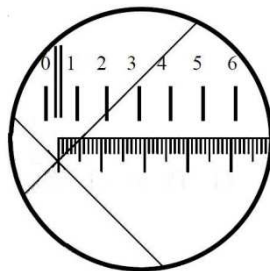
W momencie kiedy na stoliku mikroskopu położymy płytkę wzorcową (patrz rysunek)



zobaczymy skalę o minimalnej działce $d_0=0,01\text{mm}$ (w kółku).

Tak ustawiamy płytkę wzorcową by po znalezieniu ostrego obrazu skali, by znalazła się ona na poziomie nici pajęczej, a skrzyżowanie znalazło się na 0 podziałce

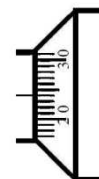
skali wzorcowej, przy takich ustawieniach w okularze mikroskopu zobaczymy:



Aby dokonać odczytu należy:

- ze skali głównej zapisać położenie znacznika (w tym przypadku 0)
- z pokrętki śruby mikrometrycznej wskazać wartość (patrz rysunek obok).

Ostatecznie zapis miałby postać: 0,24

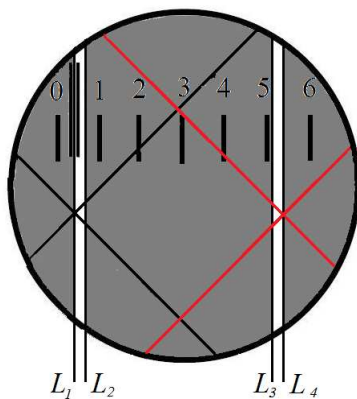


Następnie należy odczytać ze skali głównej i z bębna mikrometru wartość L_i , gdy przecięcie nici pajęczych znajdzie się odpowiednio na 10, 20....., 50 kresce skali wzorcowej. (Lub zgodnie z wytycznymi prowadzącego zajęcia). Wyniki zanotować w tabeli. Przykładowo:

Położenie skrzyżowania nici pajęczej na podziałce skali wzorcowej	Odczyt ze skali głównej i śruby mikrometrycznej
L_i	
L_0	0,24
L_{10}	
L_{20}	
L_{30}	
L_{40}	
L_{50}	

Następnie na stoliku mikroskopowym umieszczamy przezroczce i zmierzmy szerokości szczelin. Zobaczymy obraz widoczny na rysunku poniżej.

Aby wyznaczyć odległość między środkami szczelin należy ustawić kolejno skrzyżowanie nici pajęczej na krawędzie szczelin i odczytać kolejne położenia.



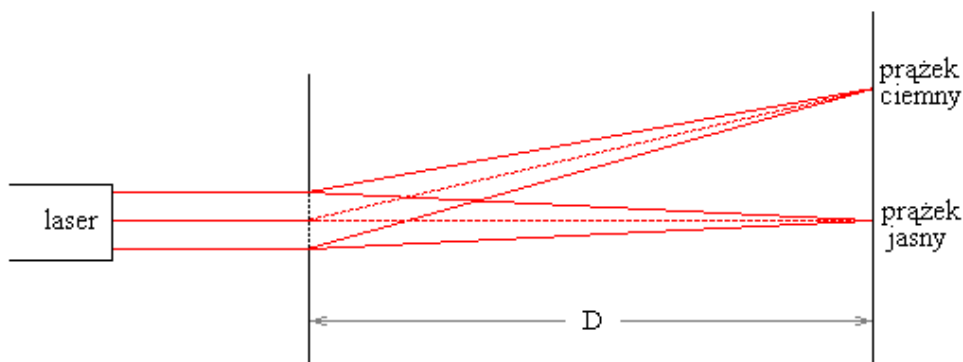
Na rysunku obok zaznaczono kolorem czarnym skrajną krawędź pierwszej szczeliny (L_1) a kolorem czerwonym skrajną z drugiej szczeliny (L_4). Wyniki należy zanotować.

	L1	L2	L3	L4
1				
2				
2				
średnia				

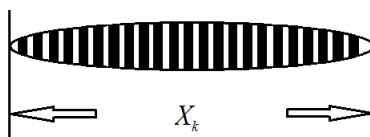
Po wykonaniu powyższych pomiarów przystępujemy do **wyznaczenia długości fali światła przy pomocy doświadczenia Younga**

4. Wykonanie pomiarów

Po przepuszczeniu wiązki światła spójnego przez układ dwóch równoległych szczelin na ekranie ustawionym w odległości D od szczelin pojawia się układ prążków interferencyjnych. Schemat doświadczenia przedstawiono na rysunku.



1. Wykonaj skalowanie mikroskopu.
2. Zmierz odstęp między środkiem szczelin posługując się przezroczem wskazany przez prowadzącego zajęcia (lub przezroczem nr 12, 13, 15).
3. Po uruchomieniu lasera **NA WYRAŹNE POLECENIE PROWADZĄCEGO** i przepuszczeniu wiązki przez zmierzone szczeliny. Na ekranie zobaczymy obraz dyfrakcyjny



4. Zmierz przy pomocy suwmiarki odległość X_k między k ciemnymi prążkami. Wyniki zanotuj w tabeli.

	X_k [mm]	k	D [mm]
1			
2			
2			
średnia			

5. Zmierz D (trzykrotnie), wyznaczyć średnią. Wynik zanotuj

5. Obliczenia

1. Oblicz pięciokrotnie współczynnik skalowania podstawiając do wzoru sąsiednie pomiary (L_{10} i L_0 ; następnie L_{20} i L_{10} ; i tak do L_{50} i L_{40})

$$P_1 = \frac{L_{10} - L_0}{nd_0}$$

wtedy : n - liczba działek skali wzorcowej (10) o którą przesuwamy skrzyżowanie nici pajęczej d_0 – to wartość mm najmniejszej podziałki skali wzorcowej.

2. Wyznacz średni współczynnik skalowania.
3. Wyznacz odległość między środkami szczelin ze wzoru

$$a = \frac{\frac{L_4+L_3}{2} - \frac{L_1+L_1}{2}}{P_{\text{śr}}}$$

4. Oblicz odstęp między kolejnymi prążkami ze wzoru:

$$x = \frac{X_k}{k-1}$$

5. Obliczyć długość fali ze wzoru:

$$\lambda = \frac{x \cdot a}{D}$$

6. Oblicz błąd popełniany przy obliczeniu długości fali jako błąd dla wartości złożonych'
7. Porównaj otrzymany wynik z wartością λ spisaną z tabliczki znamionowej lasera. Przeprowadzić dyskusję wyników.

6. Literatura:

1. A. Piekara - Nowe oblicze optyki
2. J.R. Meyer-Arendt - Wstęp do optyki.
3. J. Orear - Fizyka t.2.
4. S.Szczeniowski - Fizyka doświadczalna t.IV. Optyka.
5. <http://lpf.wppt.pwr.edu.pl/instrukcje/cwn077.pdf>