

Wydział	Dzień Data		Nr zespołu
Nazwisko i Imię: 1. 2. 3.	Ocena z przygotowania	Ocena ze sprawozdania	Ocena Końcowa
Prowadzący		Podpis prowadzącego	

Sprawozdanie nr 4

1. Interferencja fal

1.1. Opis ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pomiar długości fal elektromagnetycznych metodami interferencyjnymi. Wykorzystujemy do tego następujące przyrządy:

- interferometr Michelsona
- interferometr Fabry-Perota
- siatkę dyfrakcyjną

W eksperymentach zostały wykorzystane mikrofałe oraz światło widzialne w postaci lasera o kolorze czerwonym.

1.2. Wstęp teoretyczny

Interferencja

Interferencja jest efektem nakładania się fal. W wyniku nałożenia może nastąpić wzmocnienie fali wypadkowej lub jej osłabienie. Warunkiem trwałej interferencji fal jest ich spójność, czyli korelacja faz i równość częstotliwości. W przeciwnym wypadku może dojść np. do dudnienia. Fale powinny też posiadać identyczną częstość kołową ω i mieć taką samą polaryzację. Natężenia nakładających się fal opisane są wzorami

$$E_1 = E_{01} \sin(\omega t - kx)$$

$$E_2 = E_{02} \sin(\omega t - k(x + \Delta))$$

gdzie dla fali drugiej przebywa ona dodatkową drogę Δ która powoduje różnicę w fazach pomiędzy falami.

Podczas interferencji czyli dodaniu się fal otrzymujemy następującą zależność

$$E = E_1 + E_2 = E_{01}\sin(\omega t - kx) + E_{02}\sin(\omega t - kx - \phi)$$

gdzie $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta$ - opisuje zmianę fazy spowodowaną przebyciem dodatkowej drogi optycznej.

Używane przez nas detektory reagują na średnią ilość energii padającej na jednostkę powierzchni w jednostce czasu. Energia fali jest proporcjonalna do kwadratu natężenia pola elektrycznego, zależność tą możemy otrzymać z poprzedniego wzoru wynosi ona:

$$E^2 = (E_1 + E_2)^2 = E_{01}^2\sin^2(\omega t - kx) + E_{02}^2\sin^2(\omega t - kx - \phi) + 2E_{01}E_{02}\sin(\omega t - kx)\sin(\omega t - kx - \phi)$$

Z czego po odpowiednich przekształceniach otrzymujemy

$$E^2 = E_{01}^2\sin^2(\omega t - kx) + E_{02}^2\sin^2(\omega t - kx - \phi) + E_{01}E_{02}[\cos\phi - \cos[2(\omega t - kx) - \phi]]$$

Mając powyższą zależność możemy wyznaczyć wcześniej wspomnianą średnią ilość energii na jednostkę powierzchni

$$I = E^2 = \frac{E_{01}}{2} \frac{E_{02}}{2} + E_{01}E_{02}\cos\phi$$

Ostatecznie otrzymując

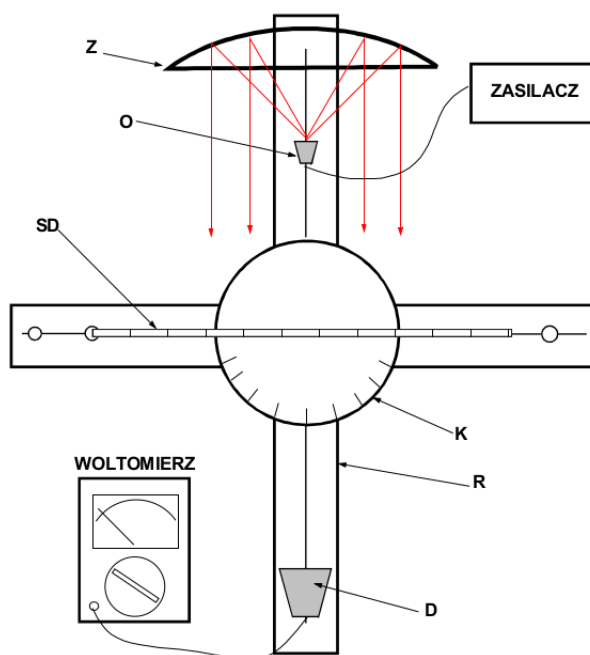
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\phi$$

co dla przypadku przez nas badanego $I_1 = I_2$ sprowadza się do związku

$$I = 2I_0 + 2I_0\cos\phi$$

w zależności od kąta przesunięcia fazowego $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta$ otrzymujemy 0 lub $4I_0$ bo $\cos\phi$ odpowiednio osiąga wartości -1 lub 1 . Z powyższych rozważań wynika ostatecznie że $\lambda = 2\frac{\Delta}{2m+1}$ dla osłabienia oraz $\lambda = \frac{\Delta}{m}$ dla wzmocnienia.

1.3. Siatka dyfrakcyjna



Rys. 8. Schemat układu pomiarowego z siatką dyfrakcyjną. O - źródło fal elektromagnetycznych, D - detektor fal elektromagnetycznych, Z - zwierciadło, K - kątomierz, R - ruchome ramię ławy konstrukcyjnej, SD - siatka dyfrakcyjna

Rysunek 1: Schemat układu pomiarowego dla siatki dyfrakcyjnej

Do przeprowadzenia eksperymentu z siatką dyfrakcyjną posłużono się układem widocznym na rysunku 1. Źródło mikrofal które znajdowało się w odległości $\frac{1}{2}$ promienia krzywizny zwierciadła wysyłało fale elektromagnetyczne które odbijały się od zwierciadła. Dzięki temu osiągaliliśmy równoległe fale elektromagnetyczne. Następnie przechodziły przez szczeliny siatki dyfrakcyjnej i zgodnie z zasadą Huyghensa były one wtórnymi źródłami fal kulistych które ze sobą interferowały dając minima oraz maksima sygnału obserwowanego na woltomierzu w miejscach o odpowiednich kątach względem siatki dyfrakcyjnej w których znajdował się odbiornik fal. Na siatce dyfrakcyjnej dochodzi do powstania fal rozchodzących się kulście jeśli różnica dróg widoczna na rysunku 2 wynosi $dsin\alpha_m = m\lambda$ wówczas dochodzi do maksymalnego wzmocnienia fali wynikowej.

Otrzymano następujące wyniki:

1.4. Interferometr Michelsona - mikrofałe

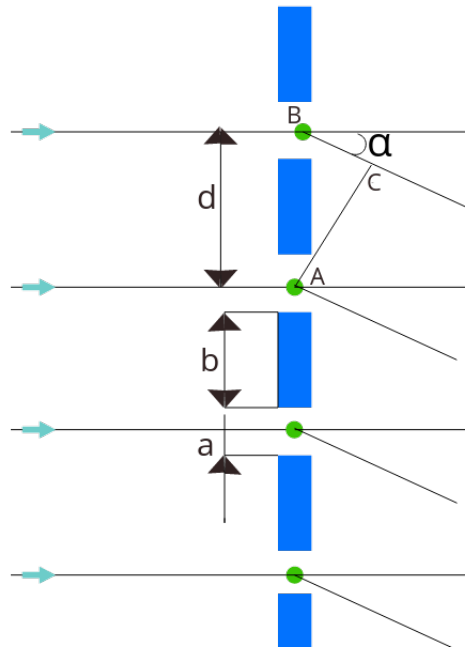
Wiązka mikrofal wychodzi ze źródła i pada na płytkę półprzepuszczalną. Połowa wiązki odbija się od płytki pada na jedno ze zwierciadeł, odbija się i wraca tą samą drogą, przechodzi przez płytkę i pada na detektor. Druga połowa wiązki przechodzi przez płytkę odbija się od drugiego zwierciadła i wraca tą samą drogą, odbija się od płytki, spotyka się z wiązką pierwszą w detektorze. Przesuwając jedno ze zwierciadeł zbadaliśmy ilość maksymalnych wzmocnień obserwowanych w detektorze oraz odległość na jakiej miało miejsce dane wzmocnienie. Wyniki zestawiliśmy w poniższej tabeli.

Lp.	α ($^{\circ}$)
1	0
2	26
3	26
4	53
5	55

Tablica 1: Wielokrotne pomiary prądu I_{R_4} i napięcia U_{R_4} na rezystorze R_4 .

Lp.	odległość (cm)
1	2
2	3.7
3	5.5
4	7.3
5	9.0
6	10.8
7	12.5
8	14.2
9	16.0
10	17.7
11	19.4
12	21.2
13	23.0
14	24.7
15	26.4
16	28.2
17	29.9

Tablica 2: Wielokrotne pomiary prądu I_{R_4} i napięcia U_{R_4} na rezystorze R_4 .



Rysunek 2: Schemat układu pomiarowego dla siatki dyfrakcyjnej

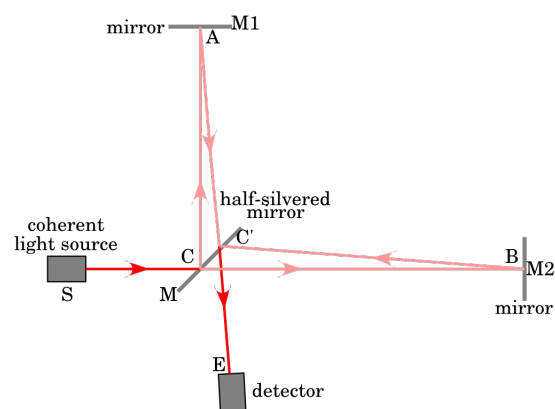
	Lp.	odległość (cm)
Numer maksimum, odległość (cm)	0	9.0
	18	38.9

Tablica 3: Wielokrotne pomiary prądu I_{R_4} i napięcia U_{R_4} na rezystorze R_4 .

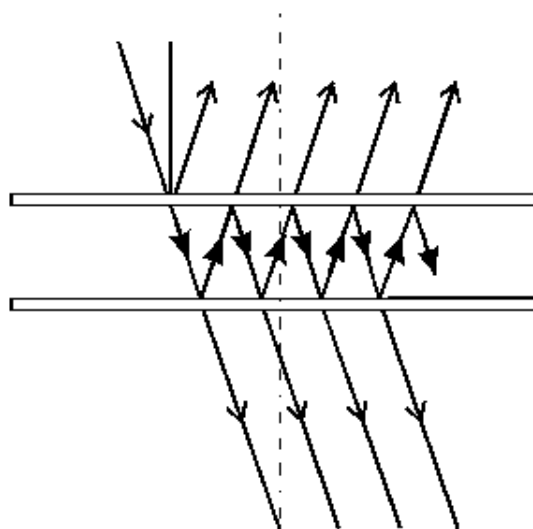
1.5. Interferometr Fabry-Perot

Interferometr Fabry – Perota składa się z dwóch płytek, jedna z nich przepuszcza część promieniowania, a druga ma zdolność do odbijania. Płytki ustawiamy tak aby, powietrze pomiędzy płytkami tworzyło płaskorównoległą warstwę. Fale, które przez górną płytkę przedostają się do warstwy powietrza, ulegają wielokrotnym odbiciom od ścianek płytek. Jeśli na pierwszą płytkę pada wiązka fal, to z drugiej płytki wychodzi szereg równoległych wiązek. Badaliśmy odległości pomiędzy płytkami P przy maksymalnym wzmocnieniu. Wyniki zestawiliśmy w poniższej tabeli.

Wyniki zestawiliśmy w poniższej tabeli.



Rysunek 3: Schemat układu pomiarowego dla interferometru michelsona [https :
//upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Michelson_interferometer_with_iabels.svg/1024px-Michelson_interferometer_with_iabels.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Michelson_interferometer_with_labels.svg/1024px-Michelson_interferometer_with_labels.svg.png)



Rysunek 4: Schemat układu pomiarowego dla interferometru Fabry-Perot [http :
//www.lodd.p.lodz.pl/ konrad/wyklad8/wyklad8/wyklad2.gif](http://www.lodd.p.lodz.pl/konrad/wyklad8/wyklad8/wyklad2.gif)