

LASERY I ICH ZASTOSOWANIE W MEDYCYNIE

Laboratorium

Instrukcja do ćwiczenia nr 3

Temat: Pomiar mocy wiązki laserowej

3. POMIAR MOCY WIĄZKI LASEROWEJ LASERA He - Ne

3.1. Cel ćwiczenia.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z metodą pomiaru mocy wiązki laserowej promieniowania ciągłego. Przedstawiona w ćwiczeniu metoda ma podstawowe znaczenie w technice laserowej i optoelektronice .

3.2. Wiadomości ogólne.

W praktyce laboratoryjnej i przemysłowej często pojawia się problem detekcji światła laserowego, promieniowania ciągłego przeważnie w rozkładzie gaussowskim intensywności w przekroju poprzecznym wiązki.

3.2.1. Wiązka laserowa.

Monochromatyczne światło laserowe w modzie podstawowym TEM_{00} jest najczęściej używane w pomiarach różnych wielkości fizycznych. Znajomość wartości mocy wiązki laserowej w wielu przypadkach jest niezbędna. Moc wiązki laserowej jest jednym z podstawowych parametrów dla danego typu lasera. Czasowe fluktuacje mocy wiązki laserowej powodowane między innymi niestabilnością rezonatora mogą nawet dochodzić do 20% wartości mocy średniej.

3.2.2. Fotodetektor.

Fotodetektory działają na zasadzie zewnętrznego lub wewnętrznego efektu fotoelektrycznego. Zewnętrzny efekt foto-elektryczny polega na emisji elektronów pod wpływem padających fotonów czyli kwantów promieniowania świetlnego (fotokomórka fotopowielacz). Wewnętrzny efekt fotoelektryczny polega na przechodzeniu elektronów z pasma walencyjnego do pasma przewodzenia pod wpływem fotonów absorbowanych przez półprzewodnik. Na tej zasadzie działają powszechnie stosowane fotodiody półprzewodnikowe ze złączem p-n. Gdy złącze p-n jest spolaryzowane napięciowo w kierunku zaporowym wtedy zjawisku absorpcji fotonów towarzyszy odpowiednia zmiana impedancji złącza oraz wynikający stąd prąd I (efekt fotoprzewodzenia). Jeżeli natomiast złącze p-n nie było spolaryzowane, pod wpływem światła pojawi się na zaciskach różnica potencjałów U (efekt fotowoltaiczny). W tym ćwiczeniu zastosowano fotoogniwo BPYP 07, w którym strukturę światłoczułą wykonano techniką planarną w krzemie. Powierzchnia światłoczuła w kształcie koła o polu 1 cm pokryta jest warstwą przeciwodblaskową (rys.3.1).

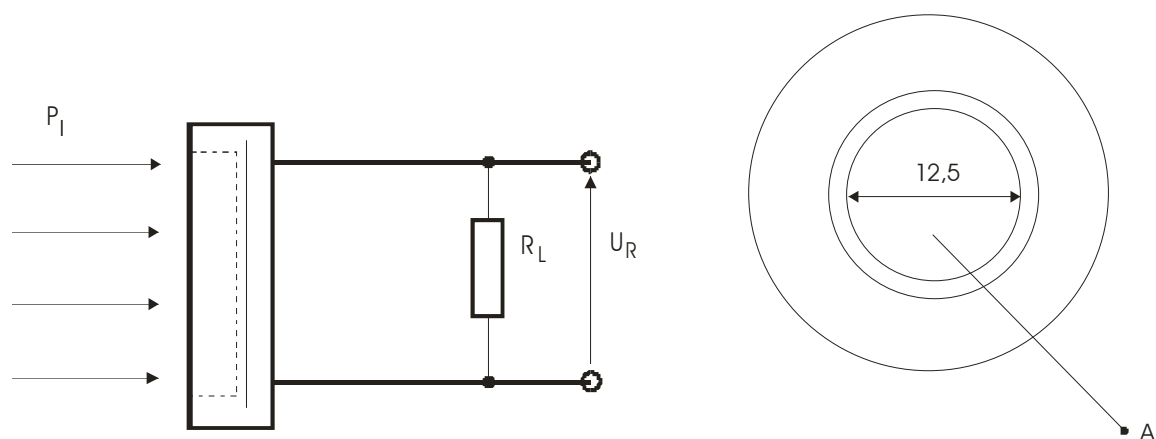
Parametry fotoogniwa

Lp	Parametr	Symbol	Jednostki	Wartość	Warunki pomiaru
1	Czułość prądowa na promieniowanie monochromatyczne	S_{λ}	A/W	0,352 $\pm 0,018$	$\lambda = 632,8 \text{ nm}$ $P_{\lambda} = 100 \mu\text{W}$ $R_L = 1 \text{ k}\Omega$
2.	Liniowy zakres pracy (z dokładnością $\pm 1\%$)	U_{RL}	mV	180	
3.	Pojemność elektryczna	C	nF	34	$P_{\lambda} = 0$ $U_R = 0$
4.	Dopuszczalna gęstość	P_{λ}/A	mW/cm^2	1	

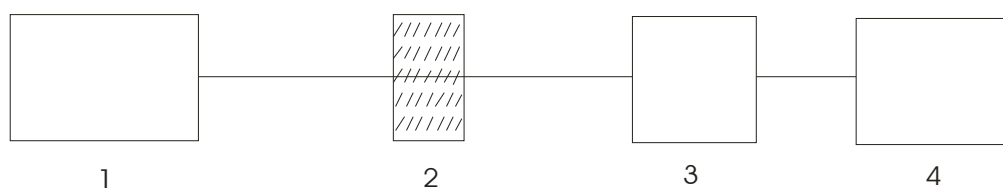
3.3. Przebieg ćwiczenia.

3.3.1. Pomiar mocy wiązki laserowej.

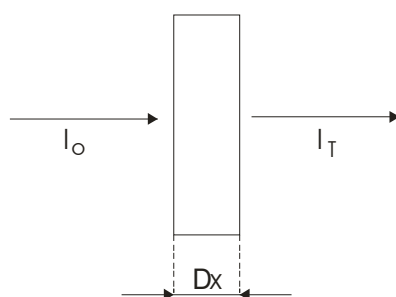
Układ pomiarowy przedstawia rys.3.2. Cała wiązka promieniowania laserowego powinna trafić na powierzchnię światłoczułą fotoogniwa. Należy przestrzegać, aby natężenie promieniowania padającego na powierzchnię światłoczułą nie przekraczało $1 \text{ mW}/\text{cm}^2$. Średnica wiązki laserowej w przekroju powierzchni światłoczułej fotoogniwa powinna być niewiele mniejsza niż 12,5 mm.



Rys.3.1. Fotodetektor (fotoogniwo). A - powierzchnia światłoczuła fotoogniwa, U_{R_L} - spadek napięcia na oporniku R_L , P_λ - moc światła monochromatycznego.



Rys.3.2. Układ pomiarowy, 1 - laser, 2 - filtr neutralny, 3 - fotodetektor, 4 - woltomierz.



Rys.3.3. Filtr neutralny.

Lp.	U_{RL}	$P_\lambda = \frac{1}{S_\lambda} \cdot \frac{U_{RL}}{R_L}$	\bar{P}_λ	$\varepsilon_i = \bar{P}_\lambda - P_{\lambda i}$
-	mV	mW	mW	mW
1				
2				
3				
4				
5				

$$u(P_\lambda) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \quad \text{dla pięciu pomiarów} \quad U(P_\lambda) = 8,6 \cdot u(P_\lambda) \quad (\text{rozkład studenta})$$

Zaleca się wcześniejsze nagrzanie lasera i wykonanie piętnastu pomiarów co jedną minutę. Wówczas niepewność P_λ wyznaczamy metodą typu A (rozkład normalny). Należy narysować wykres mocy lasera w funkcji czasu i wyznaczyć linię trendu.

3.3.2. Sprawdzenie warunku dopuszczalnej gęstości światła.

Wykonujemy pomiary średnicy wiązki laserowej w płaszczyźnie światłoczułej fotodetektora i skanujemy małym otworkiem w przekroju poprzecznym wiązki laserowej. Średnica otworku skanującego winna być o rząd mniejsza od średnicy wiązki. Z wykresu na poziomie I_{\max}/e^2 odczytujemy średnicę wiązki i obliczamy maksymalne natężenie I_{\max} w rozkładzie gaussowskim wiązki laserowej (rys.1.1).

$$I = \frac{2P_\lambda}{\pi\omega_z^2} \exp\left(-2\frac{r^2}{\omega_z^2}\right);$$

gdzie: $I_{\max} = \frac{2P_\lambda}{\pi\omega_z^2}$

$2\omega_z$ - średnica wiązki laserowej.

Jeżeli $I_{\max} > 1 \text{ mW/cm}^2$ wtedy stosujemy filtry neutralne i pomiary powtarzamy. Gęstość optyczna D filtru neutralnego zdefiniowana jest jako logarytm dziesiętny I_0/I_T .

$$D = \log\left(\frac{I_0}{I_T}\right)$$

gdzie: I_T - natężenie światła wychodzącego z ośrodka (rys. 3.3)
 I_0 - natężenie światła padającego na ośrodek

Dla mocy

$$D = \log\left(\frac{P_0}{P_T}\right)$$

gdzie: P_0 – moc badanego lasera
 $P_T = P_\lambda$ – moc mierzona przez detektor

Literatura.

1. Heard H.G.: Laser Parameter Measurements Handbook - New York, John Wiley 1968.
2. Reedy J.F.: Effects of High-Power laser Radiation, New York, Academic Press, 1971.
3. Зубов. В.А.: Методы измерения характеристик лазерного излучения. Москва. Наука 1973.