

**LABORATORIUM LASEROWE TECHNIKI
OBRÓBKI I WYTWARZANIA**

Instrukcja do ćwiczenia 4

**POMIAR MOCY
WIĄZKI LASEROWEJ**

Zagadnienia do samodzielnego opracowania

1. Czulość spektralna fotodetektora
2. Warunki prawidłowego pomiaru mocy
3. Dryft mocy wiązki laserowej
4. Filtry neutralne
5. Indykatrysa rozproszenia
6. Podział laserów ze względu na czas działania wiązki laserowej
7. Mod poprzeczny lasera wykorzystywanego na laboratorium
8. Moc podawana przez producenta
9. Czulość kierunkowa fotodetektora

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 .

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.

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.

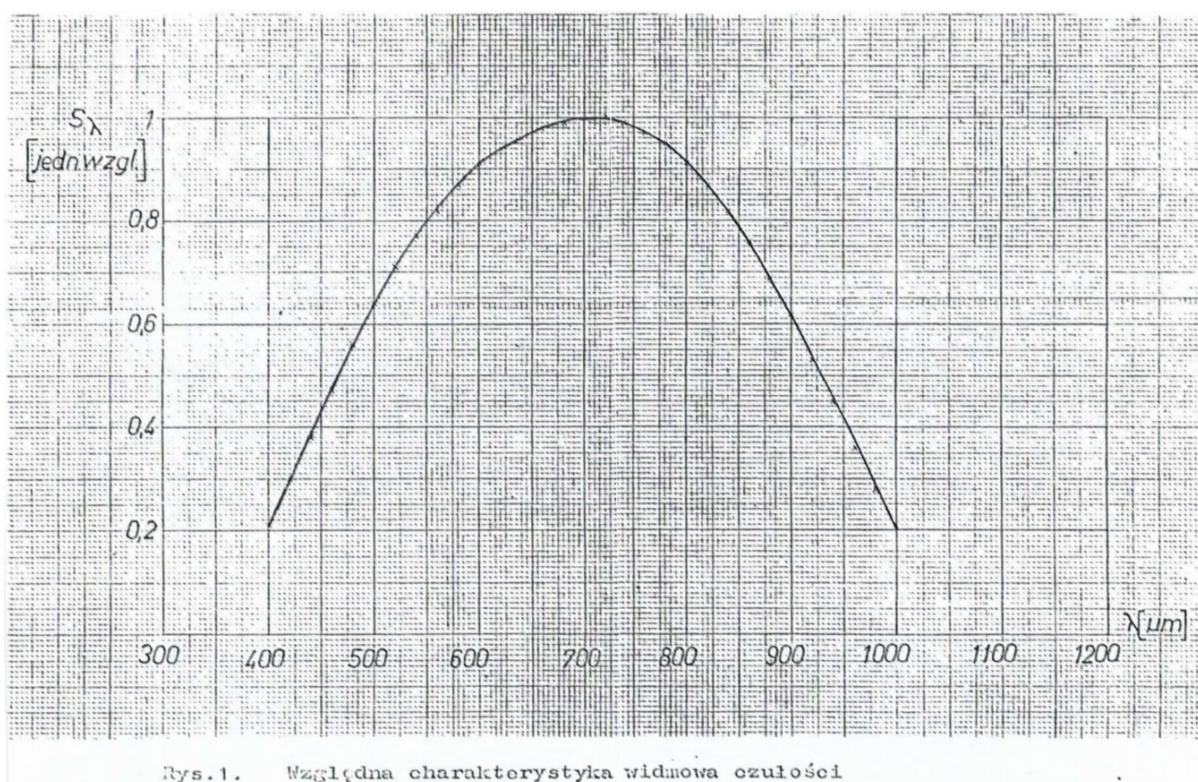
2.2. Fotodetektor

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). Często stosowane jest fotoogniwo, w którym strukturę światłoczułą wykonuje się techniką planarną w krzemie. Powierzchnia światłoczuła w kształcie koła pokryta jest warstwą przeciwodblaskową.

Tab. 1 Parametry przykładowego fotoogniwa

Lp	Parametr	Sym-bol	Jedno- stki	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	

Powierzchnia detektora nie jest jednakowo czuła na promieniowanie o różnych długościach fali. Przykładową zależność względnej czułości od długości fali jest przedstawiona na Rys. 1. Widać, że największą czułość przykładowe fotoogniwo wykazuje dla światła czerwonego (710 nm), a dla światła fioletowego (400 nm) i bliskiej podczerwieni (1000 nm) maleje ona pięciokrotnie.



Z tego względu przed dokonaniem pomiaru należy sprawdzić, jaką długością fali charakteryzuje się badany laser i ustalić przelicznik dla mierzonej mocy kierując się widmową charakterystyką czułości.

2.3. Pomiar mocy wiązki laserowej przy użyciu specjalistycznego miernika.



Rys. 2. Miernik mocy wiązki laserowej PM100D (www.thorlabs.com)

Pomiar mocy wiązki laserowej możliwy jest dzięki zastosowaniu miernika mocy (Rys. 2) wraz z odpowiednio dobranym detektorem (Rys. 3 i tabela 2).

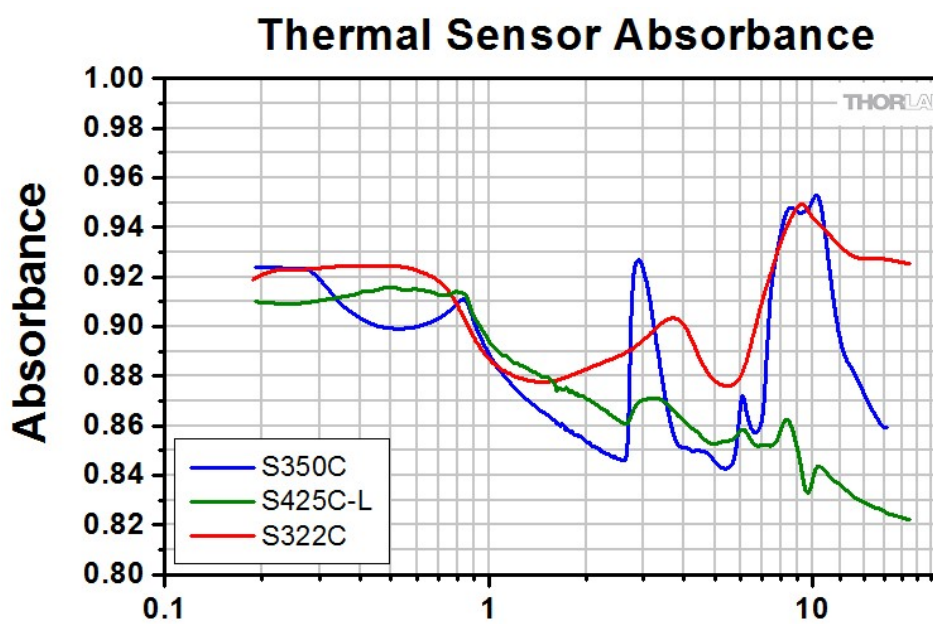


Rys. 3. Głowica pomiarowa S322C (www.thorlabs.com)

Tab. 2. Parametry głowicy pomiarowej S322C.

Zakres długości fal	250 – 11000 nm
Zakres mocy	100 mW - 200 W (250 W – czas ekspozycji maksymalnie 2 minuty)
Powierzchnia aktywna	Ø25 mm
Maksymalna gęstość mocy optycznej	4 kW/cm ² (Avg., CO ₂)
Typ detektora	Termiczna powierzchnia absorbująca (termostos)
Liniowość	± 1 %
Rozdzielczość	5 mW
chłodzenie	Wymuszone powietrzne
Czujnik temperatury	Termistor NTC (negatywny współczynnik temperaturowy - wzrost temperatury powoduje zmniejszanie się rezystancji)

Głowica pomiarowa S322C używana w doświadczeniu działa w oparciu o termostos. Termostos służy do pomiaru natężenia promieniowania elektromagnetycznego. Zbudowany jest on z połączonych szeregowo termoelementów zwiększających napięcie termiczne działających w oparciu o zjawisko termoelektryczne. W zjawisku tym styku dwóch metali powstaje napięcie, proporcjonalne do zmian temperatury. Komponenty tego typu można stosować np. w urządzeniach do bezdotykowego pomiaru temperatury oraz w pomiarach kontaktowych (termopara). Charakterystyka spektralna (widmowa) detektora przedstawiona jest na Rys. 4.



Rys. 4. Charakterystyka spektralna detektora w zależności od typu zastosowanej głowicy (www.thorlabs.com)

We współczesnych miernikach, jak również w mierniku zastosowanym w ćwiczeniu, uwzględnienie widmowej charakterystyki czułości odbywa się półautomatycznie. Przed dokonaniem pomiaru w mierniku należy ustawić długość fali badanego lasera.

3. Przebieg ćwiczenia

1. Przy wyłączonym laserze włączyć miernik mocy i ustawić długość fali badanego lasera.
2. Włączyć laser, zadbać o to, żeby cała wiązka promieniowania laserowego trafiła na powierzchnię światłoczułą fotoogniwa (głowicy pomiarowej).
3. Jak najszybciej zacząć pomiar mocy. Na początku z powodu nagrzewania się lasera jego moc zmienia się. Dlatego pierwszego pomiaru mocy dokonujemy w zależności od czasu – w odstępach 15 sekundowych, potem w miarę stabilizacji mocy – w odstępach półminutowych, a potem minutowych.
4. Po ustabilizowaniu się mocy lasera (około 45 min.) dokonać właściwego pomiaru mocy promieniowania lasera. Pomiar ten dla pewności powtórzyć np. 30-krotnie, ponieważ moc fluktuuje w małym stopniu. Jednak dla uniknięcia sugerowania się (np. podświadome pomijanie takiej samej lub podobnej jak poprzednio wartości) osoba wielokrotnie odczytująca moc z miernika powinna cały czas, oprócz czasu bezpośredniego pomiaru, zasłaniać wyświetlacz miernika lub mieć zamknięte oczy. Odślonięcie wyświetlacza miernika lub otwarcie oczu powinno odbywać się tylko na czas odczytu (ok. 0.5 sek).

4. Opracowanie danych pomiarowych

1. Wykonać **wykres mocy** promieniowania lasera w zależności od czasu dla procesu nagrzewania się lasera.
2. Obliczyć **średnią moc** promieniowania ustabilizowanego lasera i **odchylenie standardowe fluktuacji mocy** (odchylenie standardowe **pojedynczego pomiaru**, metoda typu A, patrz skrypt „Fizyka laboratorium” używany na I pracowni fizycznej, rozdz. Obliczanie niepewności pomiaru).
3. Obliczyć **niepewność średniej mocy** metodą typu A (odchylenie standardowe **średniej**).
4. Poprawnie zapisać wynik pomiaru mocy wiązki laserowej i wyciągnąć wnioski.

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.