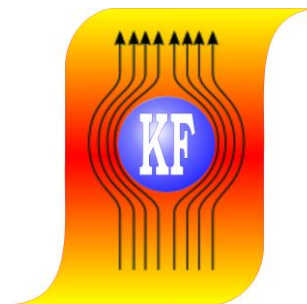
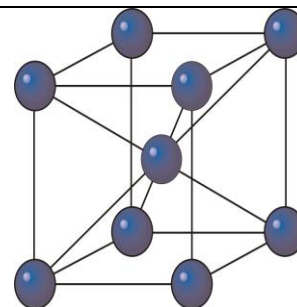


KATEDRA FIZYKI
**WYDZIAŁ INŻYNIERII PRODUKCJI
I TECHNOLOGII MATERIAŁÓW**
POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA



PRACOWNIA
FIZYKI CIAŁA STAŁEGO



ĆWICZENIE NR FCS - 8

**BADANIE CHARAKTERYSTYKI DIODY LED I
DIODY LASEROWEJ**

I. Zagadnienia do opracowania

1. Fizyczne podstawy działania laserów: emisja spontaniczna i wymuszona, inwersja obsadzeń, pompowanie energetyczne, własności promieniowania laserowego, rodzaje laserów.
2. Metale, izolatory i półprzewodniki w ujęciu teorii pasmowej ciał stałych, przerwa energetyczna.
3. Półprzewodniki samoistne i domieszkowe, dioda złączowa p-n, polaryzacja diody w kierunku przewodzenia i wstecznym.
4. Emisja światła w półprzewodnikach: półprzewodniki z prostą i skośną przerwą energetyczną, rekombinacja promienista.
5. Budowa i działanie diody LED homozłączowej i heterozłączowej.
6. Budowa i działanie diody laserowej homozłączowej, z pojedynczym i podwójnym heterozłączem (diody z jedną lub wieloma studniami potencjału).

II. Przebieg ćwiczenia

Przyrządy pomiarowe: czerwona dioda LED, czerwona dioda laserowa, fotodioda jako detektor światła, opornica dekadowa, woltomierz V562, amperomierz LM-3, 2 zasilacze 4,5 V.

1. Połączyć obwód z diodą LED według schematu. Końcówkę $V_{\Omega Hz}$ woltomierza V_2 podłączyć do bieguna dodatniego fotodiody, a końcówkę COM do bieguna ujemnego. Zbliżyć maksymalnie diodę do fotodiody wkładając ją do otworu w obudowie fotodiody.

Uwaga: podczas wykonywania pomiarów nie zmieniać odległości diody od fotodiody.

2. Za pomocą pokręteł ustawić na opornicy dekadowej maksymalny opór (we wszystkich okienkach 10).
3. Wcisnąć przyciski V i 20 na mierniku cyfrowym V_1 (digital multimeter), na woltomierzu V_2 wybrać zakres 2 V, na miliamperomierzu zakres 30 mA.
4. Włączyć przełączniki na diodzie i fotodiodzie w pozycję zał.
5. Dla każdej wartości napięcia na woltomierzu V_1 odczytać wskazania miliamperomierza i woltomierza V_2 . Pomiary rozpocząć od napięcia 1,64 V na diodzie (woltomierz cyfrowy V_1). Za pomocą pokręteł opornicy dekadowej zwiększać napięcie na diodzie co 0,02 V aż do napięcia 2,04 V.

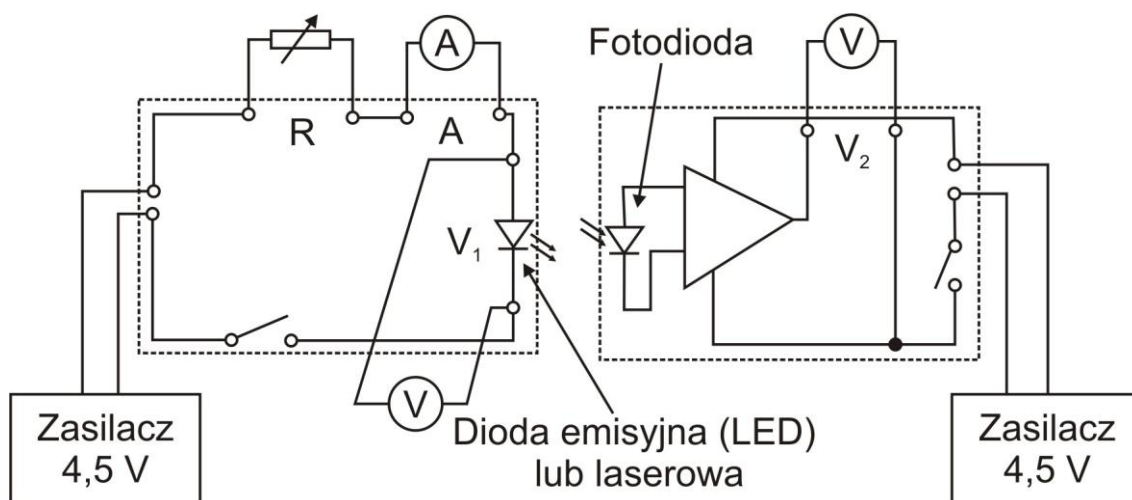
Uwaga: czynność tę wykonywać ostrożnie począwszy od skrajnego lewego pokręta opornicy dekadowej.

6. Wyniki wpisać do tabeli 1.
7. Wymienić w obwodzie diodę LED na diodę laserową. Na mierniku cyfrowym V_1 wybrać zakres 20 V, na woltomierzu V_2 zakres 20 V, na miliamperomierzu zakres 30 mA i powtórzyć czynności 1-5. Pomiary rozpocząć od wartości napięcia 1,6 V na diodzie (woltomierz cyfrowy V_1). Za pomocą pokręteł opornicy dekadowej zmieniać napięcie co 0,02 V aż do napięcia 2,2 V.

Uwaga: nie kierować wiązki promieniowania laserowego wprost do oka.

8. Wpisać wyniki do tabeli 2.

III. Schemat obwodu



III. Tabele pomiarowe

Tabela 1

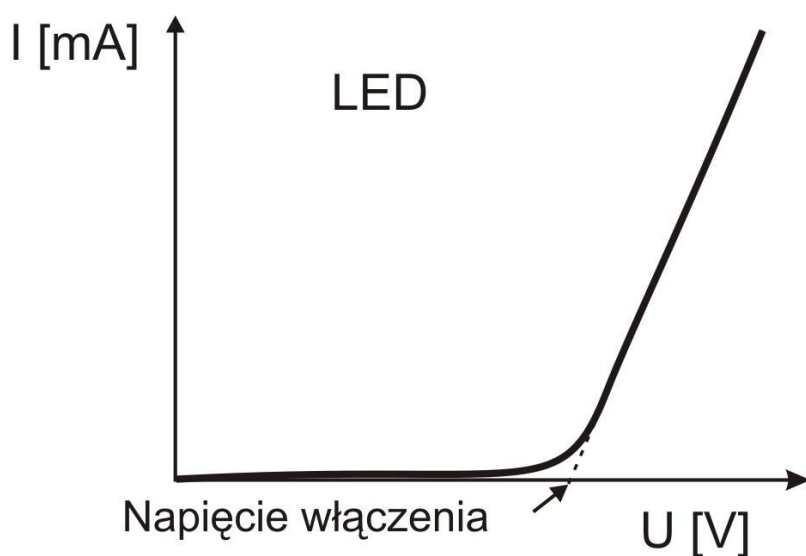
Napięcie na diodzie LED U_1 [V]	Natężenie prądu I [mA]	Napięcie na fotodiodzie U_2 [V]	Natężenie promieniowania LED J [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]
1,64			
1,66			
1,68			
1,70			
.			
.			
.			
2,04			

Tabela 2

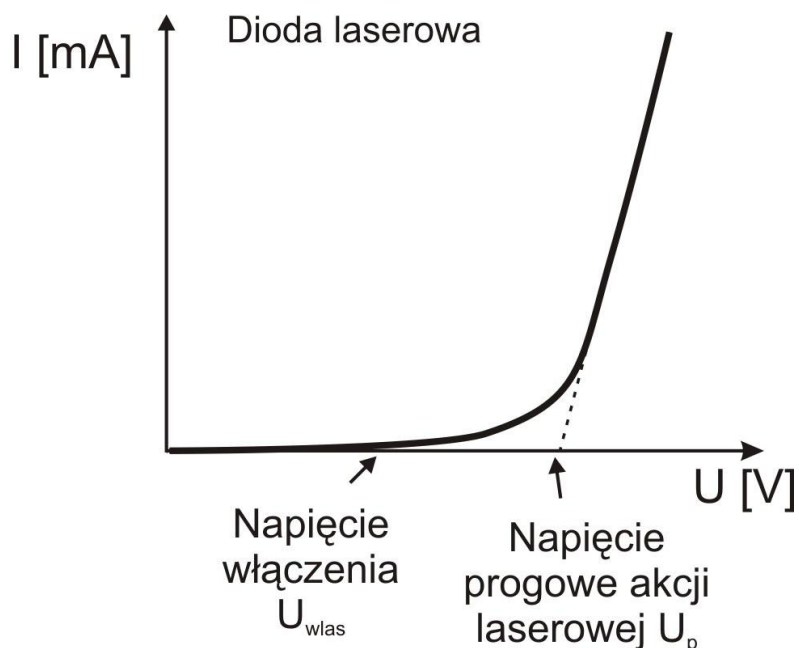
Napięcie na diodzie laserowej U_1 [V]	Natężenie prądu I [mA]	Napięcie na fotodiodzie U_2 [V]	Natężenie promieniowania diody laserowej J [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]
1.60			
1.62			
1.64			
1.66			
.			
.			
.			
2,20			

IV. Opracowanie wyników pomiarów

1. Z podanej zależności $U_2[V] = 0,079 \left[\frac{Vcm^2}{\mu W} \right] J$ obliczyć natężenie promieniowania diody LED i diody laserowej, a wyniki wpisać do tabel 1 i 2.
2. Wykreślić zależność $I = f(U_1)$ dla diody LED i diody laserowej (charakterystyki diody LED i diody laserowej).
3. Wykreślić zależności $J = f(I)$ dla diody LED i diody laserowej.
4. Obliczyć bezwzględne niepewności pomiarowe mierników $|\Delta U_1|$ i $|\Delta I|$. Obliczone błędy bezwzględne $|\Delta U_1|$ i $|\Delta I|$ nanieść na wykresy zależności $I = f(U_1)$.
5. Z charakterystyki diody LED odczytać wartość napięcia włączenia U_{wLED} w sposób wskazany na rysunku 1.



6. Z charakterystyki diody laserowej odczytać wartości napięcia włączenia U_{wlas} i napięcia progowego U_p akcji laserowej w sposób przedstawiony na rysunku 2.



7. Obliczyć długość fali promieniowania laserowego ze wzoru:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \cong eU_{wlas} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{eU_{wlas}}$$

gdzie: h - stała Plancka, $h=6,625 \cdot 10^{-34}$ Js;
 e - ładunek elektronu, $e=1,602 \cdot 10^{-19}$ C;
 c - prędkość światła, $c=3 \cdot 10^8$ m/s

8. Obliczyć błąd bezwzględny $|\Delta\lambda|$ metodą różniczki zupełnej.
 9. Obliczyć błąd względny wyznaczonej długości fali promieniowania laserowego.
 10. Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników.

V. Literatura

1. Encyklopedia Fizyki Współczesnej
2. Ch. Kittel - Fizyka ciała stałego.
3. M. Nowak - Wybrane zagadnienia fizyki technicznej.
4. K. Booth, S. Hill - Optoelektronika.

Parametry mierników cyfrowych wykorzystywanych w ćwiczeniu

TABELA 3

Pomiar napięcia stałego

ZAKRES	DOKŁADNOŚĆ D	ROZDZIELCZOŚĆ R
200 mV	± (0,5% wskazań +1 cyfra)	100 μV
2 V	± (0,5% wskazań +1 cyfra)	1 mV
20 V	± (0,5% wskazań +1 cyfra)	10 mV
200 V	± (0,5% wskazań +1 cyfra)	100 mV
1000 V	± (0,8% wskazań +2 cyfry)	1 V

Pomiar napięcia zmiennego

ZAKRES	DOKŁADNOŚĆ D	ROZDZIELCZOŚĆ R
2 V	± (0,8% wskazań +3 cyfry)	1 mV
20 V	± (0,8% wskazań +3 cyfry)	10 mV
200 V	± (0,8% wskazań +3 cyfry)	100 mV
750 V	± (1,2% wskazań +3 cyfry)	1 V

Pomiar natężenia prądu stałego

ZAKRES	DOKŁADNOŚĆ D	ROZDZIELCZOŚĆ R
2 mA	± (0,8% wskazań +1 cyfra)	1 μA
20 mA	± (0,8% wskazań +1 cyfra)	10 μA
200 mA	± (1,5% wskazań +1 cyfra)	100 μA
20 A	± (2% wskazań +5 cyfr)	10 mA

Pomiar natężenia prądu zmiennego

ZAKRES	DOKŁADNOŚĆ D	ROZDZIELCZOŚĆ R
20 mA	± (1% wskazań +3 cyfry)	10 μA
200 mA	± (1,8% wskazań +3 cyfry)	100 μA
20 A	± (3% wskazań +7 cyfr)	10 mA

cyfra - tu: jednostka ostatniego miejsca odczytu - w praktyce równa rozdzielczości R
Obliczanie bezwzględnej niepewności pomiarowej (błędu bezwzględnego) miernika cyfrowego

$$|\Delta x| \equiv \text{dokładność D}$$

Przykładowe obliczenia:

P1. Zmierzono, wykorzystując zakres 200 V, napięcie zmienne. Odczyt wyniósł 28,7 V.

$$|\Delta U| = (0,8/100) \cdot 28,7 \text{ V} + 3 \cdot 0,1 \text{ V} = 0,2296 \text{ V} + 0,3 \text{ V} = 0,5296 \text{ V} \approx 0,6 \text{ V}$$

P2. Zmierzono napięcie zmienne, wykorzystując zakres 750 V. Odczyt wyniósł 220 V.

$$|\Delta U| = (1,2/100) \cdot 220 \text{ V} + 3 \cdot 1 \text{ V} = 2,64 \text{ V} + 3 \text{ V} = 5,64 \text{ V} \approx 6 \text{ V}$$

Zasada sporządzania wykresów

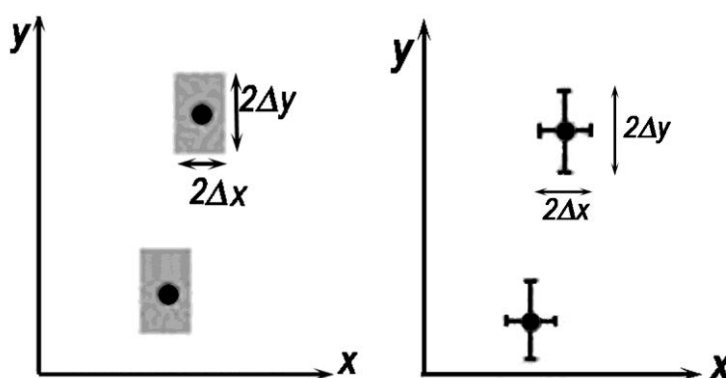
Prawidłowe opracowanie wyników pomiarów wymaga wykonania odpowiedniego wykresu. Podczas robienia wykresu należy kierować się następującymi zasadami:

1. Wykres wykonuje się na papierze milimetrym. Na układzie współrzędnych definiujemy liniowe osie liczbowe w przedziałach zgodnych z przedziałami zmienności wartości X i Y ; oznacza to, że na każdej z osi odkładamy tylko taki zakres zmian mierzonej wielkości fizycznej, w którym zostały wykonane pomiary. Nie ma zatem obowiązku odkładania na osiach punktów zerowych, gdy nie było w ich okolicy punktów pomiarowych (chyba, że w dalszej analizie konieczne będzie odczytanie wartości Y dla $X=0$). Skalę na osiach układu nanosimy zazwyczaj w postaci równooddalonych liczb. Ich wybór i gęstość na osi musi zapewniać jak największą prostotę i wygodę korzystania z nich. Na osiach wykresu muszą być umieszczone odkładane wielkości fizyczne i ich jednostki lub wymiary.

2. Punkty nanosimy na wykres tak, by były wyraźnie widoczne, zaznaczamy je kółkami, trójkątami, kwadracikami itp. Na rysunku należy zaznaczyć również niepewności pomiarowe w postaci prostokątów lub odcinków.

Graficzne przedstawienie niepewności systematycznej:

Założmy, że wartości x i y otrzymane z pomiarów są obarczone odpowiednio niepewnościami Δx i Δy . Oznacza to, że rzeczywiste wartości tych wielkości mieszczą się w przedziałach od $x-\Delta x$ do $x+\Delta x$ oraz od $y-\Delta y$ do $y+\Delta y$. Na wykresie zależności $Y(X)$ przedziały te wyznaczają wokół punktów (x,y) prostokąty o bokach $2\Delta x$ i $2\Delta y$. Niepewności te można również zaznaczać wokół punktu pomiarowego (x,y) poprzez odcinki o długości $2\Delta x$ i $2\Delta y$ (rys.1)

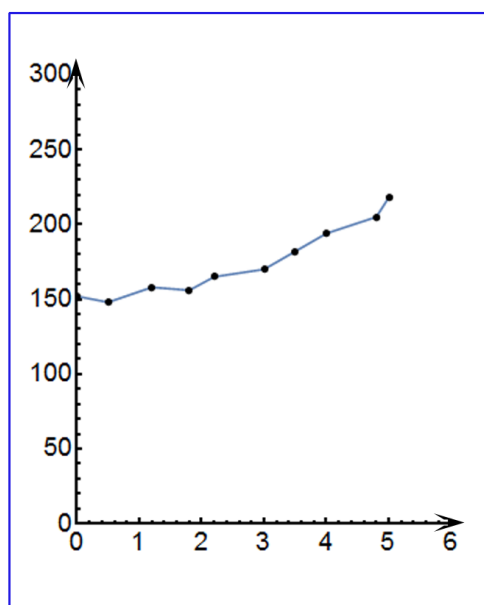


Rys.1 Zaznaczanie niepewności wokół punktów pomiarowych.

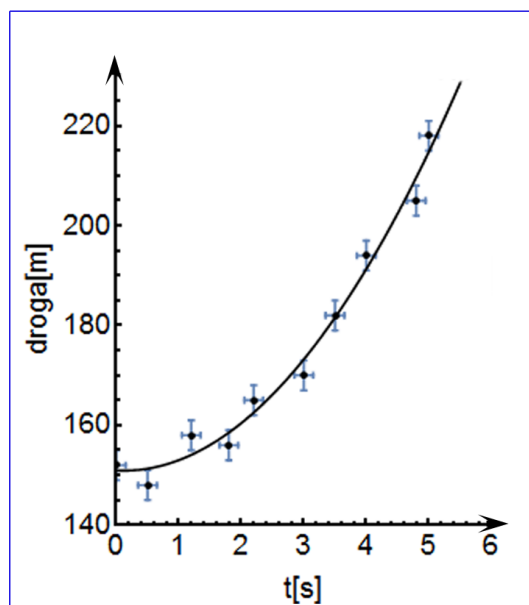
Uwaga: Jeżeli wartość zmiennej X jest dokładnie znana (czyli $\Delta x=0$), to na wykresie zaznaczamy tylko niepewności na osi zmiennej zależnej (na osi y).

3. Rozmiar wykresu nie jest dowolny i nie powinien wynikać z tego, że dysponujemy takim, a nie innym kawałkiem papieru (na rys.2 arkusz papieru milimetrowego zaznaczony jest kolorem niebieskim). Rozmiar powinien być określony przez niepewności pomiarowe tych wielkości, które odkłada się na osiach. Niepewność ta powinna w wybranej skali być odcinkiem o łatwo zauważalnej, znaczącej długości.
4. Następnie prowadzimy odpowiednią krzywą (nie może to być linia łamana!) tak, by przecinała w miarę możliwości punkty pomiarowe, ale nie należy dążyć do tego, aby przechodziła ona przez wszystkie punkty, ponieważ każdy z nich obarczony jest niepewnością. W przypadku dużych rozrzutów staramy się, by ilość punktów poniżej i powyżej krzywej była zbliżona- w ten sposób uśredniamy graficznie wyniki pomiarów. W przypadku zależności nieliniowych korzystamy z krzywek.
5. Każdy rysunek powinien być podpisany. Etykieta wykresu wyjaśnia, co rysunek zawiera, co reprezentują zaznaczone krzywe.

PODSUMOWANIE:



zły wykres



dobry wykres

Rys.2