

Sprzężanie światłowodu z półprzewodnikowymi źródłami światła (stanowisko nr 5)

Zadanie laboratoryjne miało na celu zaobserwowanie różnic między dwoma półprzewodnikowymi źródłami światła (dioda LED o długości fali 870 μm oraz laser LD o długości fali 785 μm) na podstawie zbadanych wartości mocy optycznej na wyjściu w funkcji natężenia prądu dostarczonego do źródła.

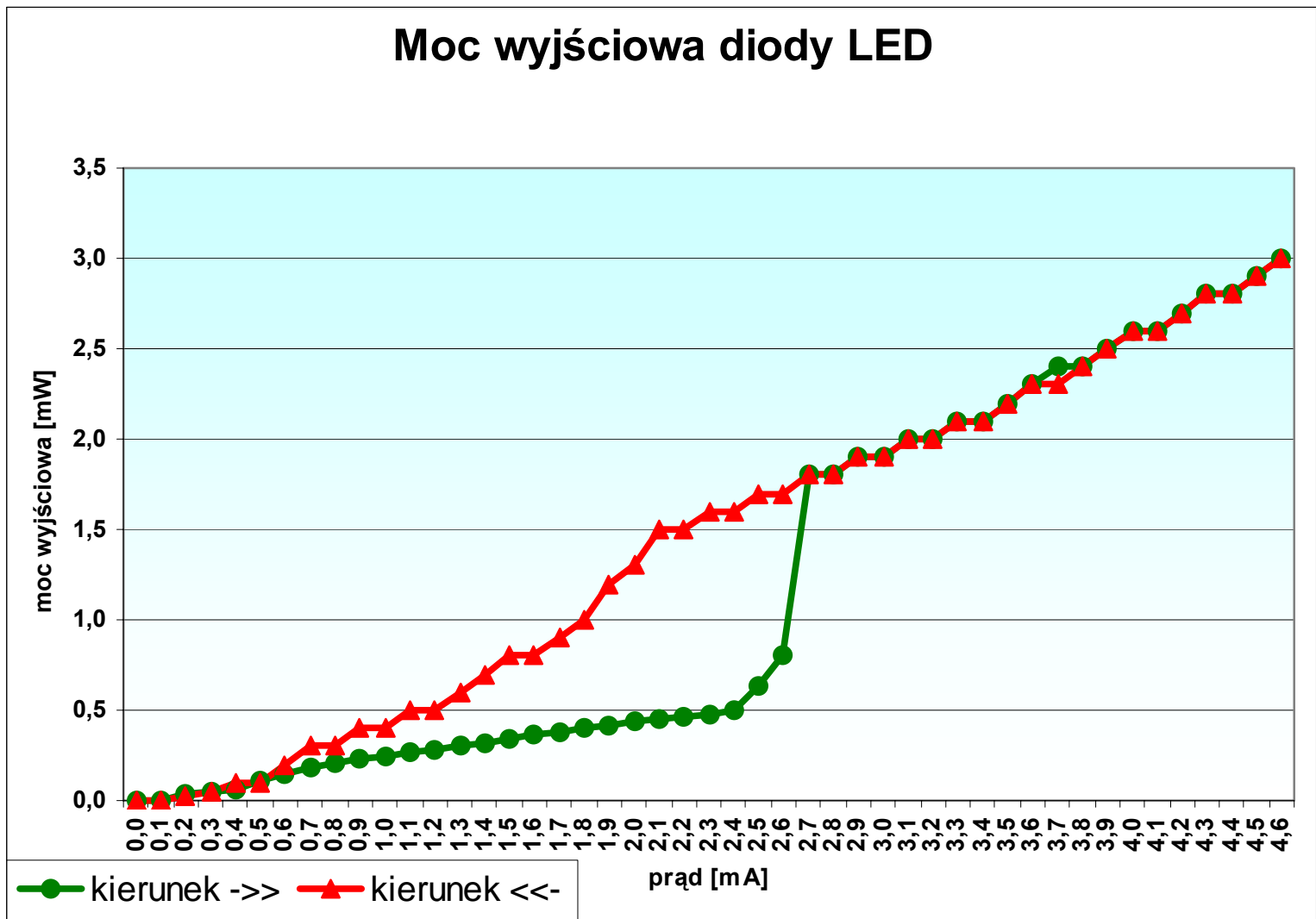
Luminescencja z jaką ma się do czynienia w przypadku diod elektroluminescencyjnych, powstaje w wyniku rekombinacji promienistej swobodnych nośników ładunku w złączu p-n w procesie ich wstrzykiwania przy polaryzacji złącza w kierunku przewodzenia. W temperaturze pokojowej, mechanizm promieniowania polega po prostu na wstrzykiwaniu elektronów do obszaru p złącza, a następnie ich rekombinacji z dziurami znajdującymi się w tym obszarze. Towarzyszy temu emisja fotonów o energii odpowiadającej różnicy poziomów energetycznych, pomiędzy którymi zachodzi rekombinacja.

Dioda elektroluminescencyjna emituje światło o mocy narastającej w przybliżeniu liniowo ze wzrostem prądu zasilania (jedną z przyczyn nieliniowości jest wzrost temperatury złącza przy dużych prądach). Nieliniowość wynika z typu diody. Lasery (z wyjątkiem laserów typu gain-guided) są w tym aspekcie lepsze.

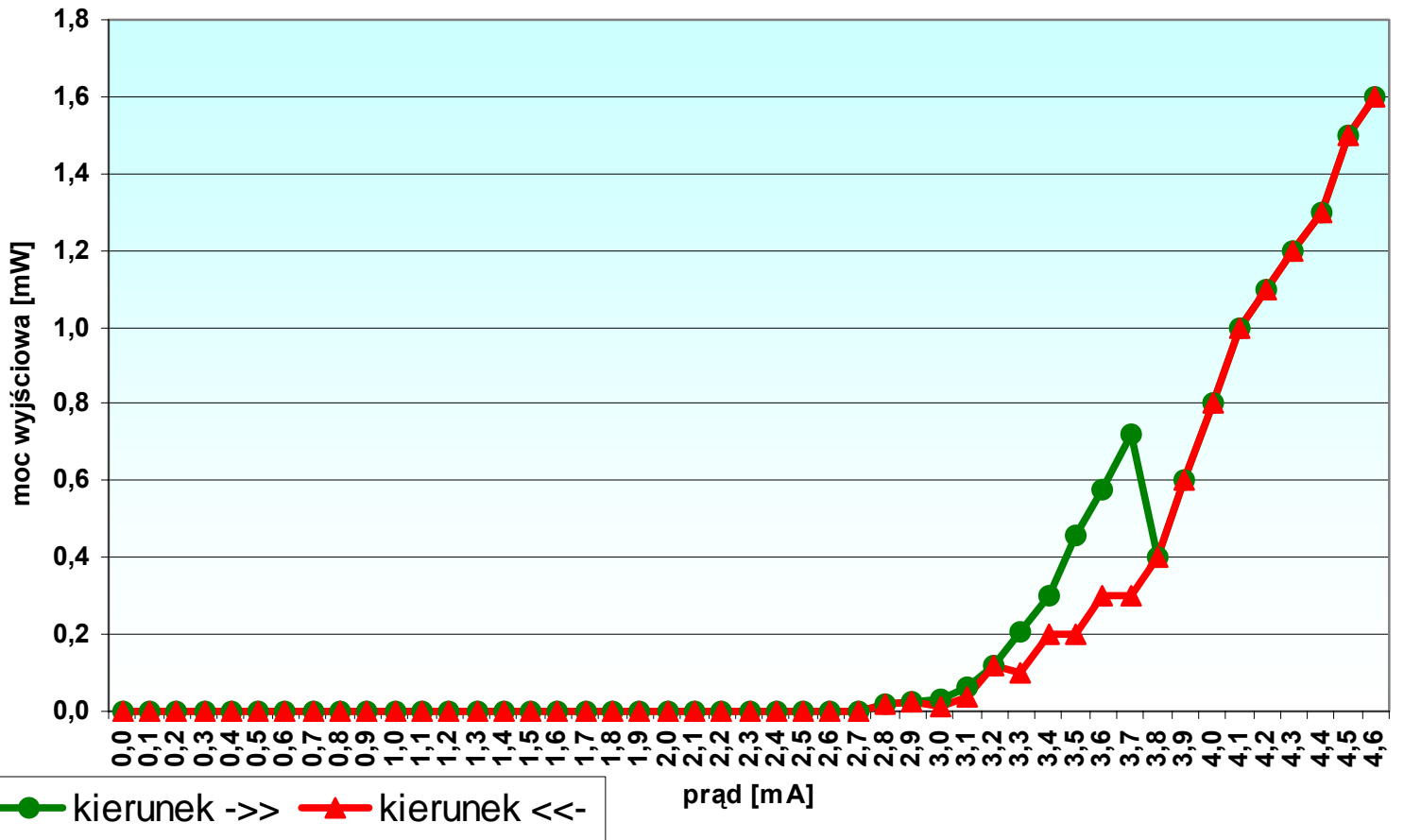
- Diodowa emisja spontaniczna jest emisją nieuporządkowaną i zachodzi w rozbieżnych kierunkach, kąt rozbieżności jest zwykle większy od 20° . W laserze występuje natomiast emisja wymuszona.
- LED emituje dość szerokie widmo ciągłe z pewnego przedziału długości fali - rzędu kilkudziesięciu nm. Laser emituje widmo węższe od 1.5 nm.
- LED emituje małą moc sygnału - w granicach 10-50 mW. Laser emituje dużą moc sygnału - do 1000 mW.

- LED podlega modulacji z częstotliwościami 3 Mhz - 350 Mhz. Laser większymi od 350 Mhz.

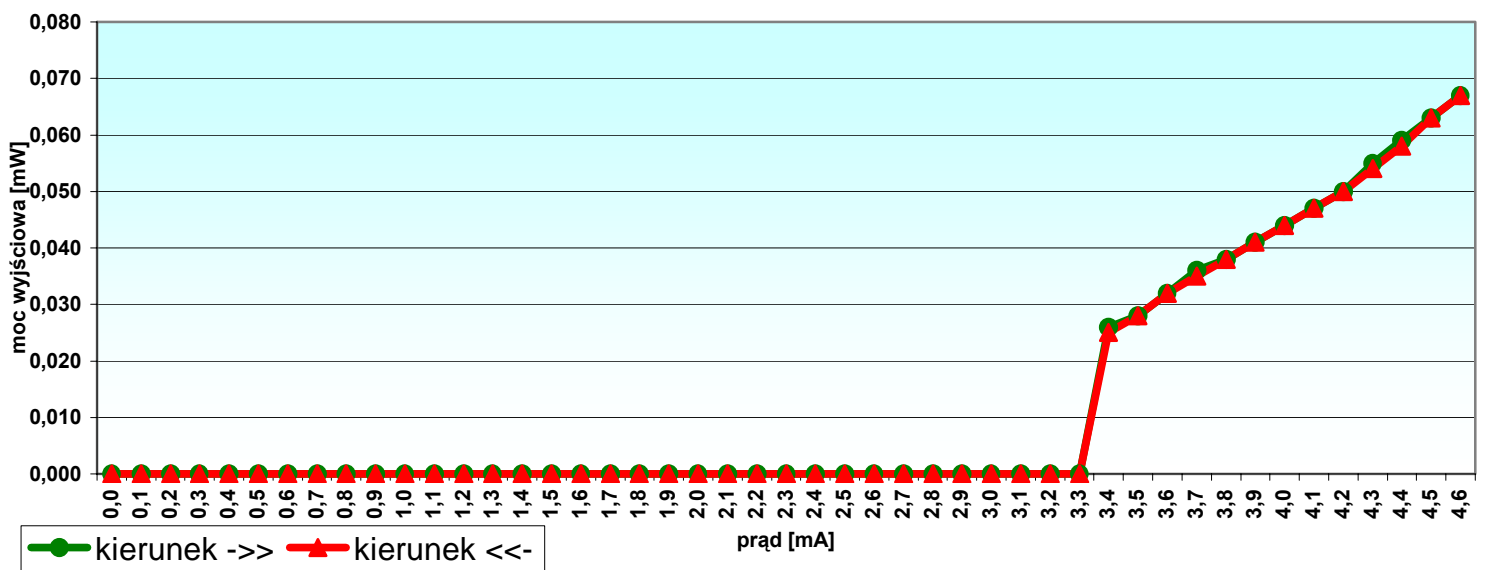
Przebieg ćwiczenia i sposób pomiaru polegał na odpowiednim zestawieniu wspomnianych źródeł światła z fotodetekтором (tak by wiązka światła padająca na powierzchnię czynną fotodetektora dała najbardziej optymalną wartość mocy optycznej) i stopniowym zwiększaniu natężenia prądu zasilacza źródła. W odstępach 0,1 mWatowych odczytywana była wartość mocy optycznej na mierniku podłączonym do fotodetektora (nastrojonym na odpowiednią długość fali). Następnie odczyty wykonywane były w trakcie stopniowego zmniejszania prądu. W końcu pomiary powtórzone zostały dla wiązki przepuszczonej przez włókno światłowodowe.



Moc wyjściowa lasera LD



Moc wyjściowa lasera LD z włóknem światłowodowym



Zestawienie wyników badań:

Moc wyjściowa [mW]						
prąd [mA]	diody LED		lasera LD		lasera LD z włóknem	
	->>	<<-	->>	<<-	->>	<<-
0	0	0	0	0	0	0
0,1	0	0	0	0	0	0
0,2	0,034	0,02	0	0	0	0
0,3	0,047	0,05	0	0	0	0
0,4	0,066	0,1	0	0	0	0
0,5	0,11	0,1	0	0	0	0
0,6	0,15	0,2	0	0	0	0
0,7	0,18	0,3	0	0	0	0
0,8	0,21	0,3	0	0	0	0
0,9	0,23	0,4	0	0	0	0
1	0,25	0,4	0	0	0	0
1,1	0,27	0,5	0	0	0	0
1,2	0,28	0,5	0	0	0	0
1,3	0,3	0,6	0	0	0	0
1,4	0,32	0,7	0	0	0	0
1,5	0,34	0,8	0	0	0	0
1,6	0,36	0,8	0	0	0	0
1,7	0,38	0,9	0	0	0	0
1,8	0,4	1	0	0	0	0
1,9	0,42	1,2	0	0	0	0
2	0,44	1,3	0	0	0	0
2,1	0,45	1,5	0	0	0	0
2,2	0,46	1,5	0	0	0	0
2,3	0,48	1,6	0	0	0	0
2,4	0,5	1,6	0	0	0	0
2,5	0,64	1,7	0	0	0	0
2,6	0,81	1,7	0	0	0	0
2,7	1,8	1,8	0,002	0,001	0	0
2,8	1,8	1,8	0,019	0,018	0	0
2,9	1,9	1,9	0,027	0,027	0	0
3	1,9	1,9	0,033	0,01	0	0
3,1	2	2	0,06	0,04	0	0
3,2	2	2	0,12	0,12	0	0
3,3	2,1	2,1	0,21	0,1	0	0
3,4	2,1	2,1	0,3	0,2	0,026	0,025
3,5	2,2	2,2	0,46	0,2	0,028	0,028
3,6	2,3	2,3	0,58	0,3	0,032	0,032
3,7	2,4	2,3	0,72	0,3	0,036	0,035
3,8	2,4	2,4	0,4	0,4	0,038	0,038
3,9	2,5	2,5	0,6	0,6	0,041	0,041
4	2,6	2,6	0,8	0,8	0,044	0,044
4,1	2,6	2,6	1	1	0,047	0,047
4,2	2,7	2,7	1,1	1,1	0,05	0,05
4,3	2,8	2,8	1,2	1,2	0,055	0,054
4,4	2,8	2,8	1,3	1,3	0,059	0,058
4,5	2,9	2,9	1,5	1,5	0,063	0,063
4,6	3	3	1,6	1,6	0,067	0,067

Wnioski:

Wszystkie przeprowadzone badania wykazują znaczne nieliniowości charakterystyk mocy optycznej w funkcji prądu. Ponadto charakterystyki te przyjmują różne kształty w zależności od kierunku zmian natężenia. Po części wynikać one mogą z zaokrąglenia przy zmianie zakresów miernika, po części z budowy i sposobu fizycznego funkcjonowania samych źródeł. Ich typy nie zostały jednakże określone w dokumentacji stanowiska, można więc jedynie spekulować. Na przykład załamanie charakterystyki widoczne na wykresie dla lasera bez włókna w okolicy 3,7mA jest znaną cechą laserów typu gain-guided powodowaną zmianami emitowanego modu poprzecznego. Można tylko przypuszczać, że zastosowany w ćwiczeniu laser należy do tejże grupy. Natomiast rozbieżności w wykresach dla różnych kierunków zmiany prądu powodowane być mogą nieliniowością charakterystyk pojemnościowych zastosowanych urządzeń, bądź jak wyżej struktura i funkcjonowaniem konkretnego typu źródła światła.

Powiedzieć za to można, że zastosowany w ćwiczeniu laser w danym zakresie natężenia dla uzyskania określonej mocy optycznej wymaga większego prądu zasilania niż zastosowana dioda LED oraz, że przy danej dokładności miernika wzrost wartości mocy w przypadku lasera występuje dopiero od natężenia 2,7mA podczas gdy dioda osiąga już w tym punkcie wartość 1,8mW - większą niż maksymalna moc uzyskana w danym zakresie prądu przez laser. Nie oznacza to jednak, że diody uzyskują większe moce wyjściowe niż lasery - jest dokładnie na odwrót - temperaturowe zakrzywienie charakterystyk diody występuje jednak przy natężeniach leżących poza zakresem ćwiczeniowego zasilacza i nie dało się zaobserwować.

Inny wnioskiem jest niedoskonałość zastosowanego w ćwiczeniu sprzężenia źródła światła ze światłowodem zestawionego w gruncie rzeczy „na oko” na podstawie wskazań karty IR. Skutkiem tego jest uzyskany średnio ponad dziesięciokrotny spadek mocy na wyjściu światłowodu. Moc wyjściowa w tym przypadku wykazuje liniowość.

Szczegółowe zestawienie różnic półprzewodnikowych źródeł światła:

Cecha lub parametr	LED	Dioda Laserowa
Mechanizm rekombinacji promienistej	Emisja spontaniczna	Emisja wymuszona
Faza promieniowania	Niekoherentna	Koherentna
Liniowość wiązki	Dowolna	Liniowa

Długość fali: 665 nm	Struktura: GaAsP	Struktura: GaAlAs
Długość fali: 800-930 nm	Struktura: Ga _{1-x} Al _x As	Struktura: Ga _{1-x} Al _x As
Długość fali: 1300, 1550 nm	Struktura: InGaAsP	Struktura: InGaAsP
Szerokość spektralna	$\Delta\lambda \approx 1.45 \lambda^2 kT$ λ [nm], kT [eV], k = stała Boltzmana, T = temperatura złącza	
Szerokość spektralna, GaAlAs	dziesiątki nm	< 1.5 nm
Szerokość spektralna, InGaAsP	dioda powierzchniowa, 100 nm diody krawędziowa, 60 - 80 nm	
Inne ważne parametry	Zależność pasma modulacji i mocy: Pasma rośnie kosztem mocy	Prąd graniczny: LD heterozłączeniowy, <i>Index guided</i> : 10 - 30 mA LD homozłączeniowy, <i>Gain guided</i> : 60 - 150 mA
Czas życia	10 ⁵ - 10 ⁸ godzin	10 ⁵ godzin
Efekty termiczne	Długość fali rośnie 0.6 nm/°C	Długość fali zmienia się o 0.25 nm/°C Prąd graniczny rośnie o 0.5mA/°C
Czas narostu	1 - 100 ns	< 1 - 10 ns
Moc wyjściowa	10 - 50 mW	1 - 1000 mW
Modulacja	3 Mhz - 350 Mhz	> 350 Mhz

(tabela ze strony z wykładami Sergiusza Pateli)