

ŹRÓDŁA ŚWIATŁA STOSOWANE W TECHNICIE ŚWIATŁOWODOWEJ

<http://www.pdf-tools.com>

KLASYFIKACJA ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Ogólna:

- źródła światła białego (słońce, żarówka)
- źródła monochromatyczne (LED, żarówka z filtrem)
- źródła światła spójnego (lasery)

Według spektrum:

- UV, VIS, IR, FIR

Według mechanizmu generacji:

- jądrowe (słońce)
- żarowe (żarówka)
- fluorescencyjne („jarzeniówka”)
- jarzeniowe (neony)
- łukowe (Hd, Xe, Na)
- elektroluminescencyjne (LED)
- laserowe

KLASYFIKACJA ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA DLA OPTOELEKTRONIKI

Diody elektroluminescencyjne (LED):

- diody powierzchniowe**
- diody krawędziowe**
- RCE LED (Resonance Cavity Enhanced)**

Lasery (diody laserowe)

- lasery FP (Fabry-Perota)**
- lasery DFB (Distributed Feedback) i DBR (Distributed Bragg Reflector)**
- lasery VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Lasers)**
- lasery światłowodowe**

Najczęściej obecnie stosowane źródła światła to źródła półprzewodnikowe

(• diody LED ; • diody laserowe)

Ich zalety to m.in.:

- niewielkie rozmiary**
- wysoka wydajność**
- duża niezawodność**
- odpowiedni zakres długości fali**
- małe pole emisji dopasowane do średnicy rdzenia światłowodowego**
- możliwość bezpośredniej modulacji w stosunkowo szerokim zakresie częstotliwości**

PODSTAWY FIZYCZNE

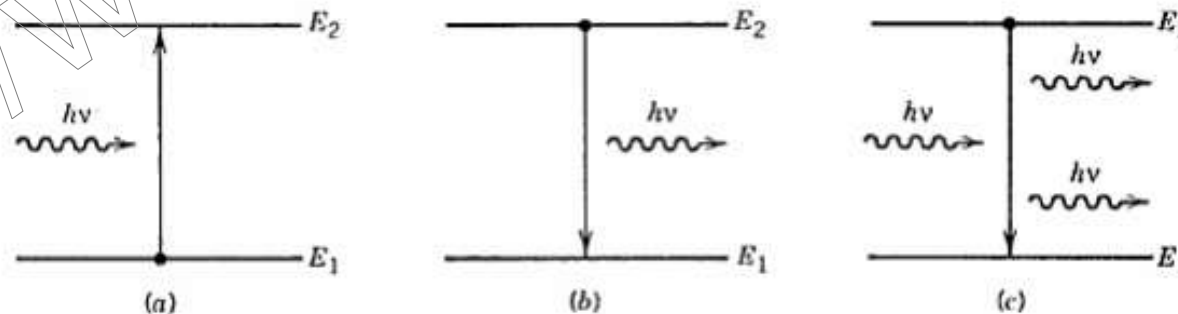
Podstawowe zjawiska zachodzące między dwoma stanami energii atomu:

(a) absorpcja promieniowania

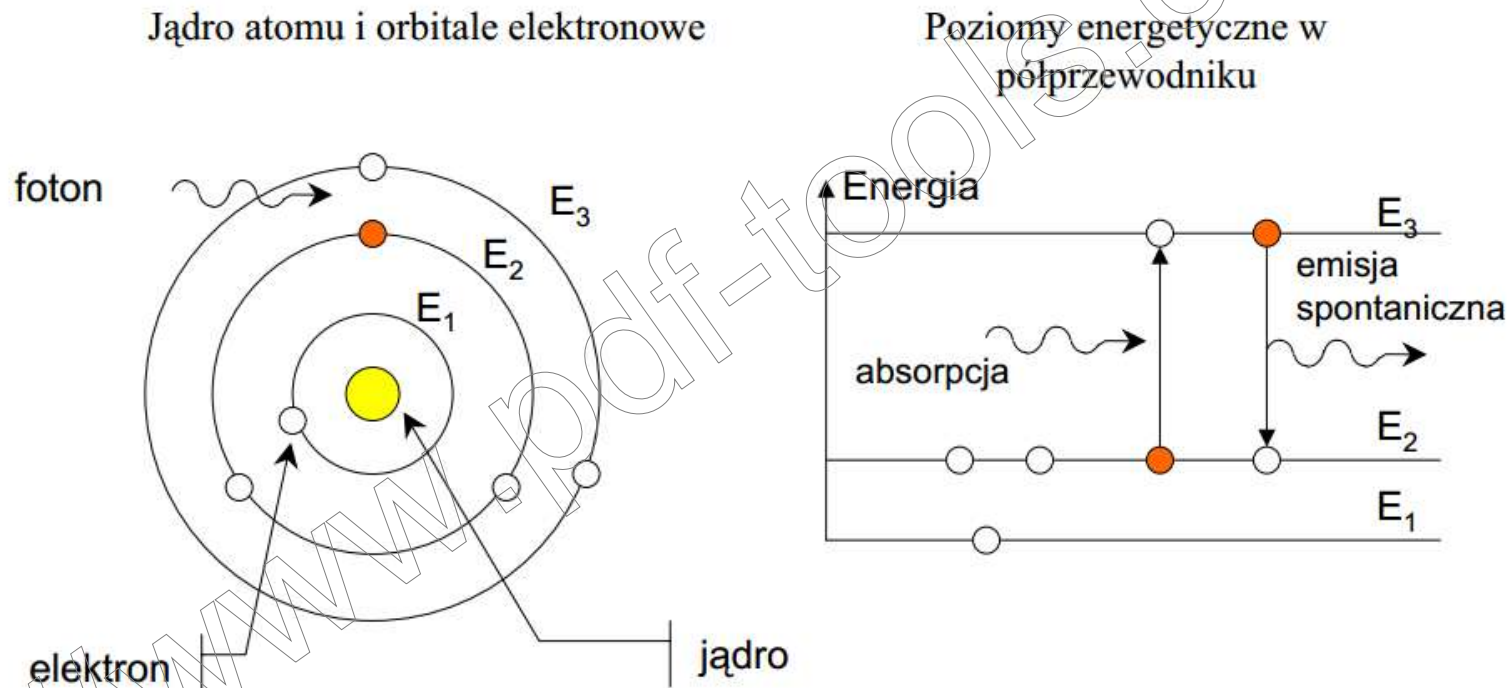
(b) emisja spontaniczna promieniowania - diody LED

(c) emisja wymuszona promieniowania - diody laserowe:

- emitowane fotony są tej samej energii, częstotliwości i kierunku propagacji;
- emitowane światło jest koherentne (spójne)



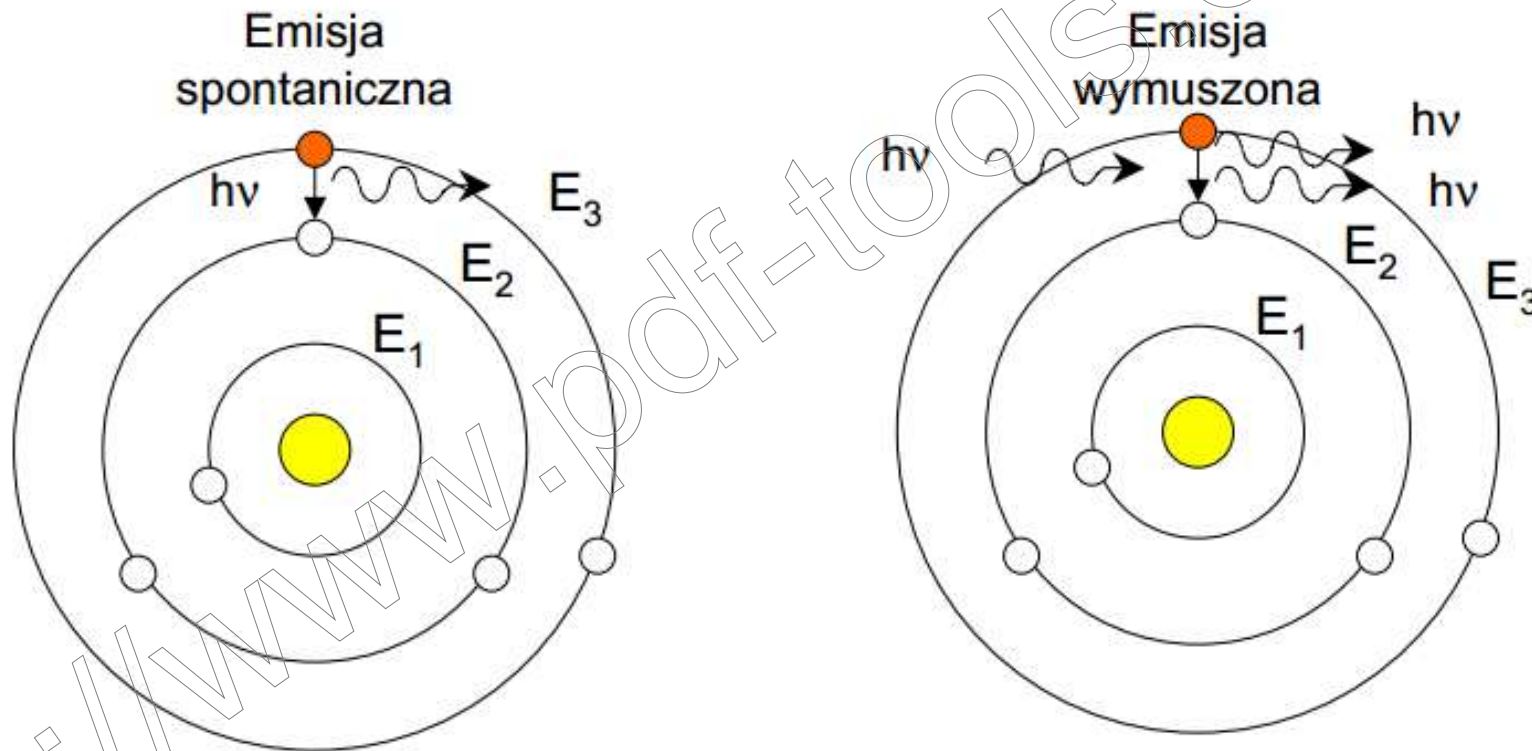
ODDZIAŁYWANIE FOTONÓW Z ATOMAMI – ABSORPCJA



$$E_3 - E_2 = h c / \lambda$$

wzbudzenie elektronu w inny stan energetyczny, z którego to elektron na drodze rekombinacji, najczęściej promienistej, może wrócić do stanu równowagi

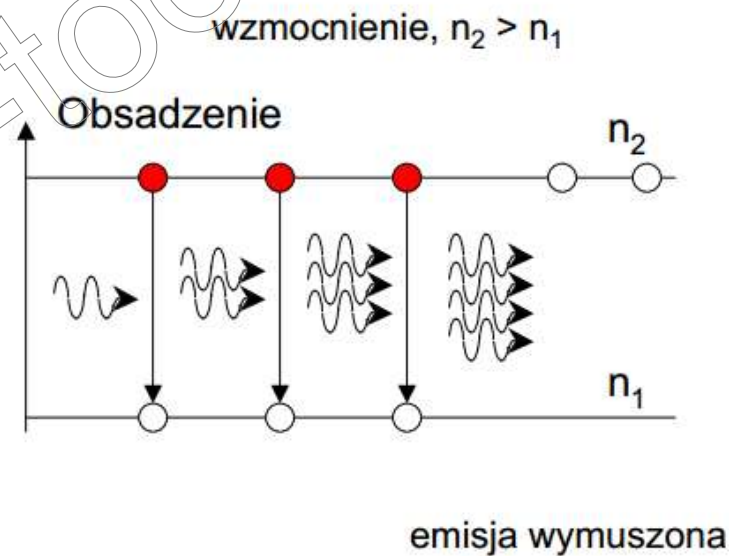
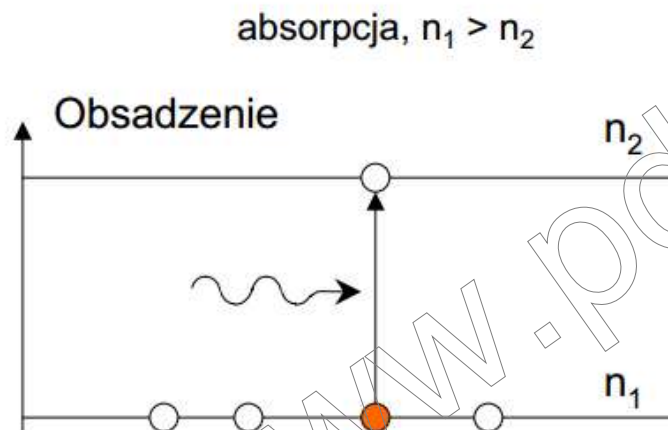
ODDZIAŁYWANIA FOTONÓW Z ATOMAMI - EMISJA SPONTANICZNA I EMISJA WYMUSZONA



Emitowane fotony mają taką samą długość fali, fazę, polaryzację i kierunek rozchodzenia się.

INWERSJA OBSADZEŃ

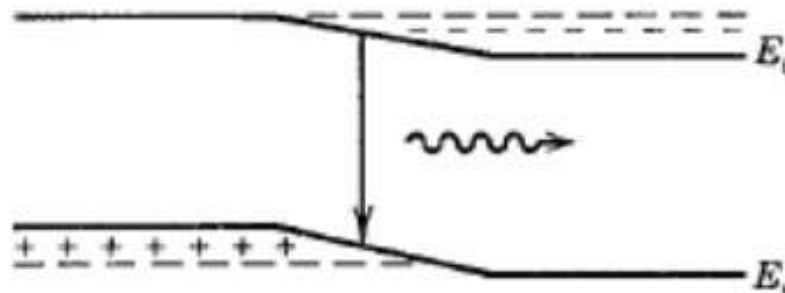
Stan układu, w którym liczba cząstek o energii większej jest większa niż cząsteczek o energii niższej...



ZŁĄCZA P-N

Złącze p-n jest podstawową strukturą stosowaną w optycznych źródłach

- Dla półprzewodników samoistnych poziom Fermiego znajduje się po środku przerwy energetycznej.
- Dla półprzewodników typu n poziom Fermiego znajduje się tym bliżej pasma przewodzenia im półprzewodnik bardziej domieszkowany donorami.
- Dla półprzewodników typu p poziom Fermiego znajduje się tym bliżej pasma walencyjnego im półprzewodnik bardziej domieszkowany akceptorami.
- Półprzewodniki zdegenerowane – na tyle silnie domieszkowane donorami (akceptorami), że poziom Fermiego znajduje się w paśmie przewodzenia (walencyjnym).



EMISJA ŚWIATŁA W ZWŁĄCZU P-N

W stanie przewodzenia w obszarze zubożonym złącz znajdują się jednocześnie dziury i elektrony, które mogą rekombinować - emisja spontaniczna lub wymuszona. **Emisja światła następuje w wyniku rekombinacji elektronów z dziurami.**

Podstawowa budowa złącza p-n stosowanego jako źródło światła:

- złącze jednorodne
 - proces rekombinacji ma miejsce w stosunkowo szerokim obszarze ($\approx 1-10\mu\text{m}$) związanym z drogą dyfuzji dziur i elektronów.
 - mała gęstość nośników w pobliżu złącza
- Hetero-złącza:
 - „Wstawienie” między obszary **n** i **p** cienkiej warstwy (tzw. **warstwa aktywna**), w której przerwa energetyczna między pasmem walencyjnym a przewodzenia jest mniejsza w porównaniu z obszarami otaczającymi, co powoduje:
 - Ograniczenie obszaru w którym występuje rekombinacja, a tym samym zwiększenie gęstości nośników biorących udział w emisji światła
 - Kontrolując grubość wprowadzonej warstwy (typowo $0.1\mu\text{m}$) można zmieniać gęstość nośników

Lasery półprzewodnikowe

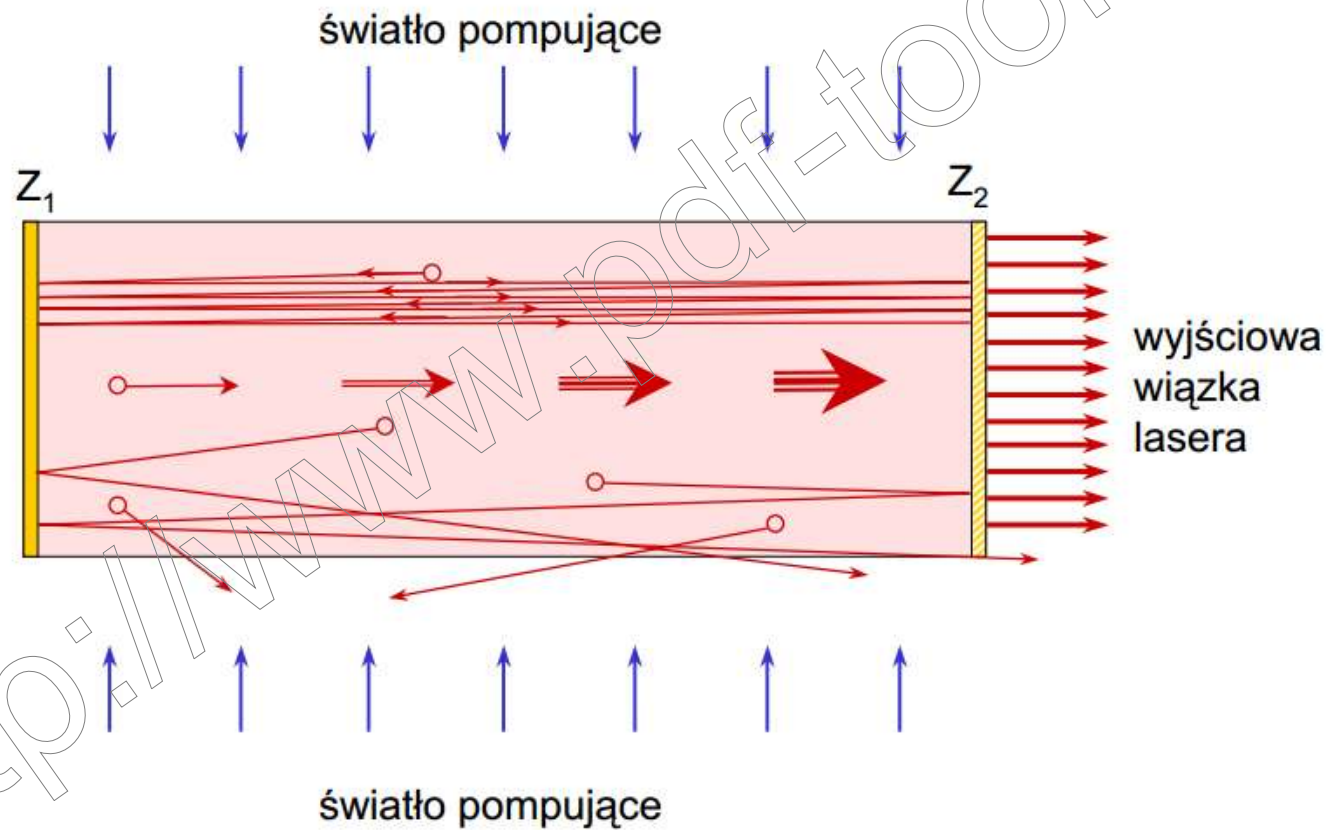
<http://www.pdf-tools.com>

Lasery półprzewodnikowe, czyli kwantowe generatory optyczne są laserami złączowymi, w których ośrodkiem czynnym (aktywnym) jest półprzewodnik. Inwersję obsadzeń poziomów energetycznych, (inaczej pompowanie) uzyskuje się poprzez wstrzykiwanie mniejszościowych nośników ładunku do obszaru złącza P-N (lub heterozłącza) spolaryzowanego w kierunku przewodzenia.

Rezonator czyli wnęka ma najczęściej kształt prostopadłościanu o rozmiarach rzędu ułamka milimetra. Sprężenie optyczne uzyskuje się dzięki parze zwierciadeł prostopadłych do płaszczyzny obszaru czynnego (rezonator Fabry'ego-Perota) lub dzięki specjalnie pofałdowanej powierzchni równoległej do tego obszaru.

Optyczne sprzężenie zwrotne - rezonator Fabry-Perota

- zapewnia dodatnie sprzężenie zwrotne (wzmacniacz staje się generatorem),
- wymusza oscylacje na częstościach rezonansowych (powstają mody - fale stojące)



Stosowane w telekomunikacji lasery dają dużą moc dochodzącą do jednego wata. Istotną zaletą diody laserowej jest jej wąskie widmo częstotliwościowe promieniowania, rzędu kilku nanometrów lub nawet kilku dziesiątych części nanometra.

Wyróżnia się dwa typy laserów:

- **wielomodowe - generacja kilku (co najmniej dwóch) modów laserowych różniących się częstotliwością i długością fali świetlnej.**
- **jednomodowe - generacja jednego modu laserowego czyli jednej częstotliwości i jednej długości fali świetlnej.**

Typ lasera	λ [nm]	Rodzaj pracy, długość impulsu	Zastosowanie
rubinowy	694,3	impulsowa, $30 \div 3 \cdot 10^5 \text{ m}^3$	technologiczne, spawanie, topienie, wiercenie, dentystyka, biologia
neodymowy	1060	ciągła lub impulsowa (15ns)	telekomunikacja, laserowe układy śledzące, kontrolowane reakcje jądrowe
półprzewodnikowy GaInAsP, GaAs, AlGaAs	800÷1600	ciągła lub impulsowa (10^2 ns)	telekomunikacja
barwnikowy	przestrzajany 200÷800	ciągła lub impulsowa ($2 \div 2 \cdot 10^3 \text{ ns}$) pompowany laserem N_2 lub Ar	spektroskopia, rozdzielanie izotopów, biologia
He-Ne	632,8	ciągła	interferometria, metrologia, holografia, geodezja
argonowy jonowy	488÷514,5	ciągła lub impulsowa (10^3 ns)	chirurgia, spektroskopia
azotowy	337,1	impulsowa (10ns)	spektroskopia, reakcje fotochemiczne
CO_2	10600	ciągła lub impulsowa ($10^2 \div 5 \cdot 10^4 \text{ ns}$)	laserowe układy śledzące, chirurgia, obróbka materiałów, cięcie i spawanie metali, kontrolowane reakcje jądrowe, rozdzielanie izotopów

KLASYFIKACJA LASERÓW

1. Lasery na ciele stałym: czynnik laserujący umieszczony jest w matrycy ciała stałego. (Przykłady: lasery neodymowy-YAG 1,064 μm , rubinowy)

2. Lasery gazowe

- Atomowy He-Ne, 632,8 nm
- Cząsteczkowy (molekularny) CO₂ , 10,6 μm
- Jonowy Ar⁺, podstawowe długości fali 488, 514 nm
- Ekscymerowe (Ekscymery – zjonizowane fluorki gazów szlachetnych) ultrafiolet

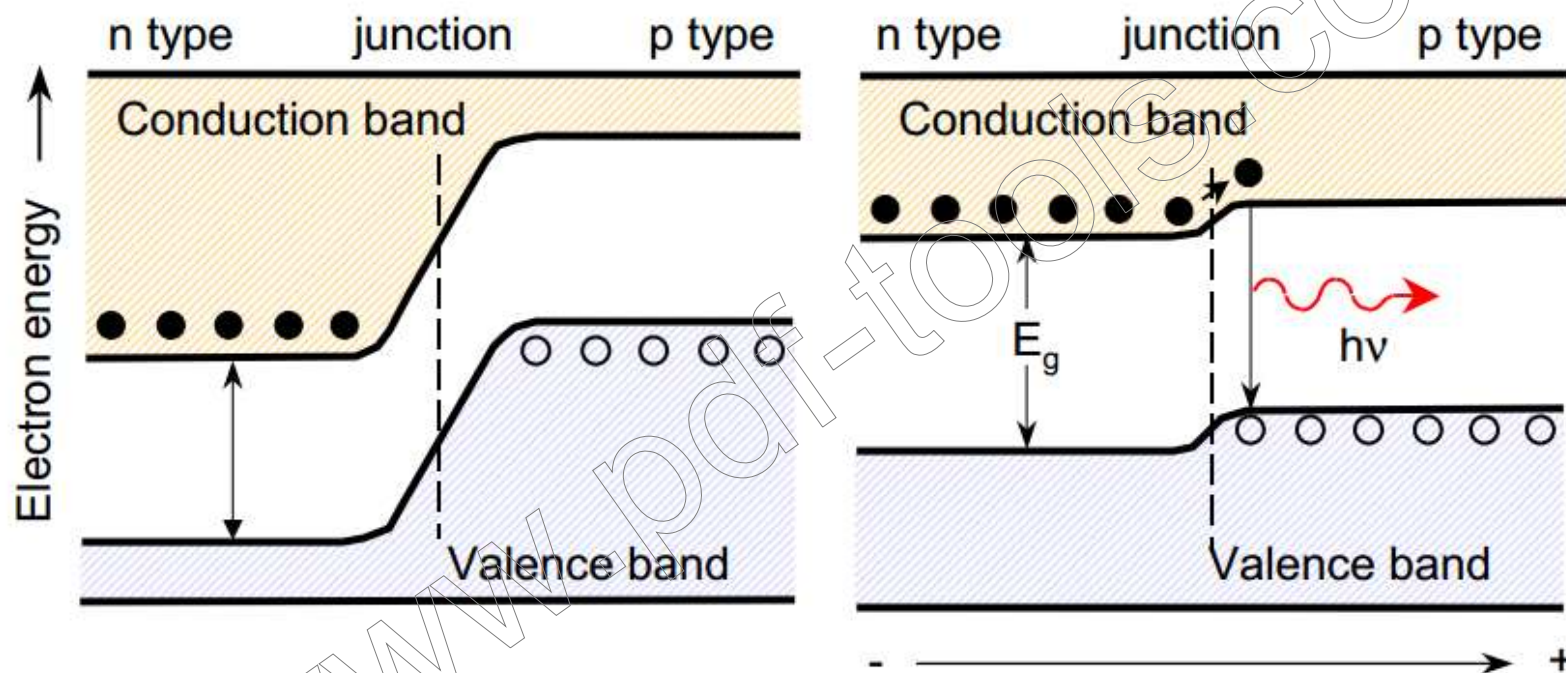
3. Lasery barwnikowe zawierają barwnik organiczny w ciekłym roztworze. Lasery te umożliwiają strojenie długości fali; zakres widzialny i bliska podczerwień. Zakres strojenia zależy od użytego barwnika.

4. Lasery półprzewodnikowe (diody laserowe)

5. Lasery światłowodowe

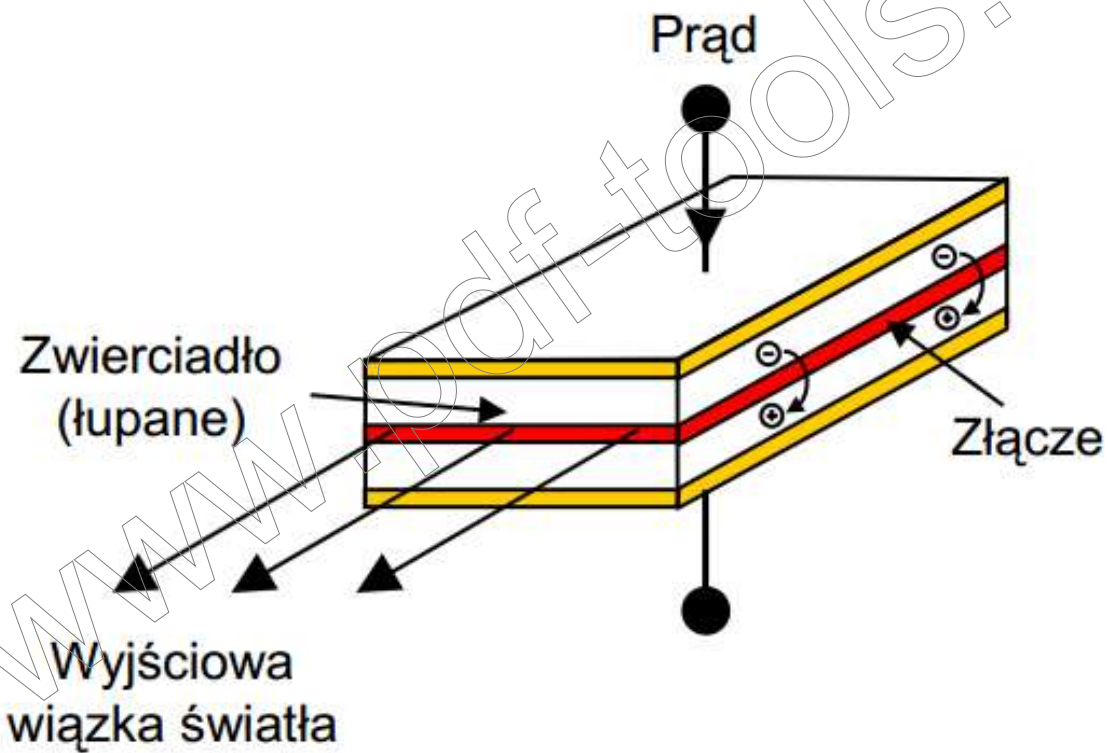
6. Lasery na swobodnych elektronach (FEL)

POMPOWANIE W LASERZE PÓŁPRZEWODNIKOWYM - polaryzacja złącza

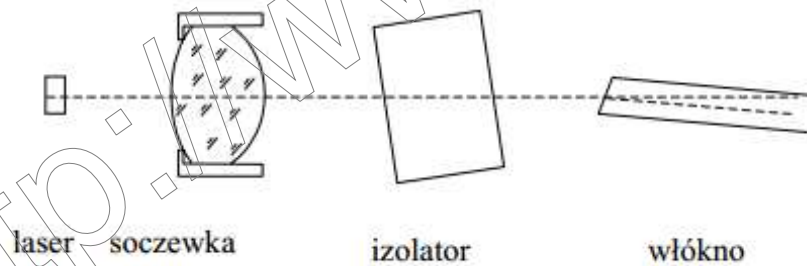
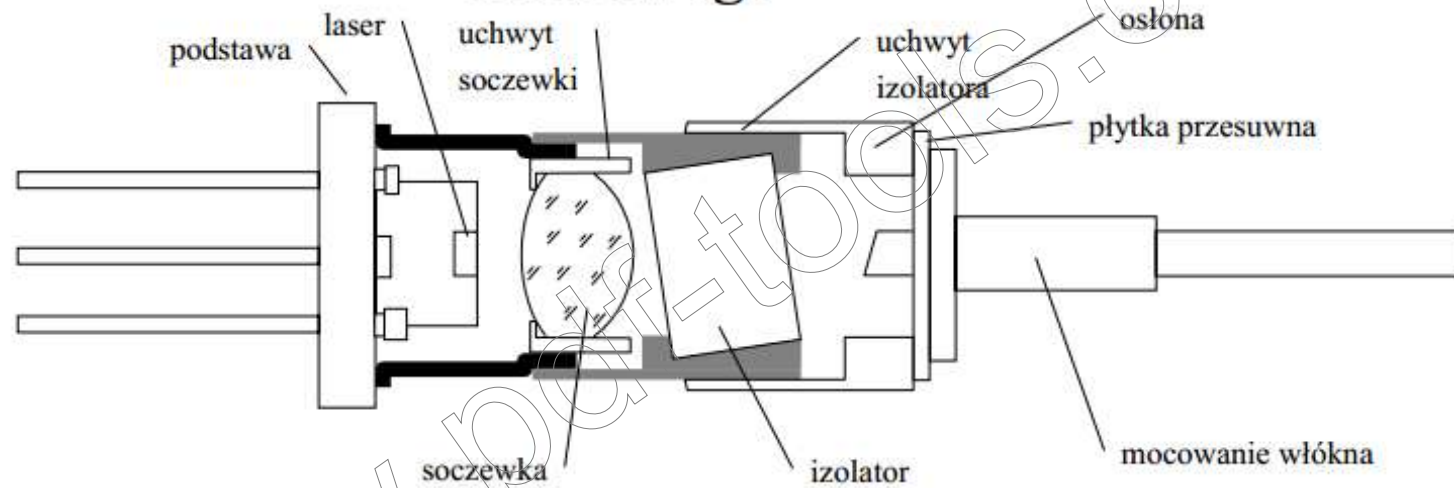


Inne (niż prądowe w złączu pn) metody pompowania: optyczne, wiązką elektronową,

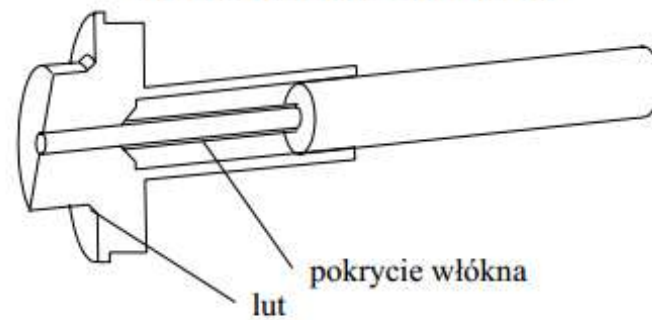
Laser w homostrukturze półprzewodnikowej



Konstrukcja modułu laserowego



Mocowanie włókna



PARAMETRY LASERÓW PÓŁPRZEWODNIKOWYCH STOSOWANYCH W SIECIACH ŚWIATŁOWODOWYCH



Diody laserowe (LD) są dostępne w wersji z wyprowadzeniem światłowodowym lub z gniazdem dla standardowego złącza światłowodowego.

typ LD	λ	moc lasera	moc we włóknie	typ włókna
	nm	mW	mW	
FP	1310	5	1	9/125
FP	1310	5	2	62.5/125
FP	1550	5	1	9/125
DFB	1550	5	1	9/125

BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z LASERAMI – KLASYFIKACJA

Klasa I: Lasery światła widzialnego, uważane za bezpieczne nawet przy spoglądaniu w wiązkę. Dopuszczalna moc $< 0,4 \mu\text{W}$

Klasa II: Lasery światła widzialnego małej mocy (pracy ciągłej lub impulsowe o dużej częstotliwości powtarzania) dla których krótkie spojrzenie w wiązkę nie uszkadza oka. Moc poniżej 1 mW dla $\lambda=0,6\mu\text{m}$.

Klasa IIIa: Lasery średniej mocy. Zogniskowana wiązka może uszkodzić oko. Moc 1 do 5 mW dla $\lambda=0,6\mu\text{m}$.

Klasa IIIb: Lasery średniej mocy. Odbite światło rozproszone nie stanowi zagrożenia. Lasery nie tworzą zagrożenia pożarowego. Dla światła widzialnego (laser Ar) moc 5 do 500 mW.

Klasa IV: Lasery dużej mocy. Nawet światło rozproszone jest groźne. Lasery tworzą zagrożenie pożarowe.

Uwaga: Moc bezpieczna zależy od długości fali - im krótsza długość, tym dopuszczalna moc mniejsza. Moc dopuszczalna zależy również od konfiguracji urządzenia.

Diody elektroluminescencyjne (LED)

Diody elektroluminescencyjne

Najprostsza dioda to po prostu złącze P-N spolaryzowane w kierunku przewodzenia.

Istnieją różne podziały diod LED. Najczęściej stosowane to:

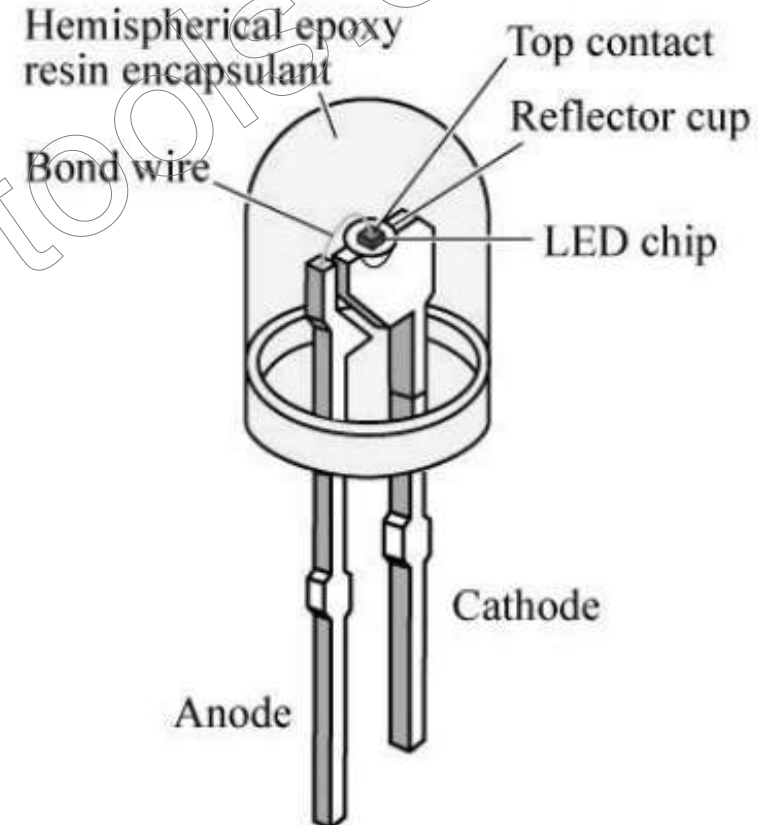
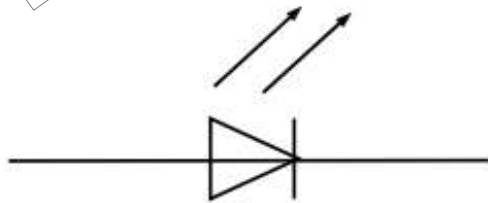
- 1. ze względu na materiał: homozłączowe i heterozłączowe,**
- 2. ze względu na kierunek wyprowadzenia światła względem płaszczyzny złącza P-N: powierzchniowe i krawędziowe,**
- 3. ze względu na zastosowania: sygnałowe i do sprzęgania ze światłowodami.**

Diody LED

Elektroluminescencja

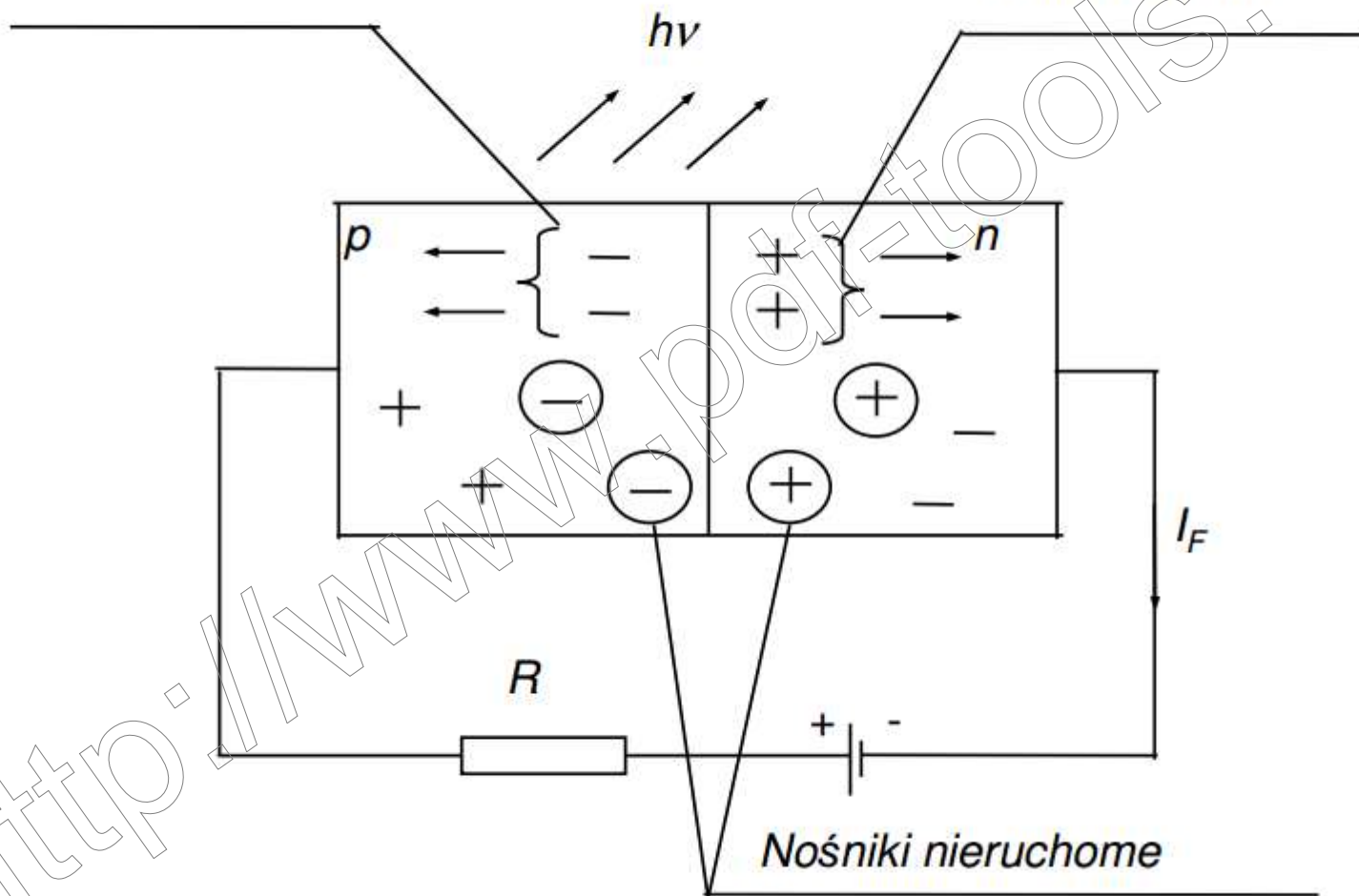
emisja światła przez spolaryzowane w kierunku przewodzenia złącze p-n (spontaniczna emisja fotonów)

Emitowane światło jest niekoherentne – o stosunkowo szerokim widmie (30–60 nm) i szerokim rozrzucie kątowym



Elektrony z obszaru n
rekombinujące
z dziurami

Dziury z obszaru p
rekombinujące
z elektronami



PARAMETRY DIOD LED STOSOWANYCH W SIECIACH ŚWIATŁOWODOWYCH

typ	material	λ	moc we włóknie - typ włókna	szerokość linii (FWHM)	pasmo 3 dB
		nm	μW	nm	MHz
SLED	AlGaAs	860	95 - 62.5/125 60 - 50/125 2.5 - 9/125	50	50
ELED	InGaAsP	1300	20 - 9/125	60	350
ELED	InGaAsP	1550	8 - 9/125		

Podstawowe materiały na diody elektroluminescencyjne

Kolor	Materiał	Typ przejścia
Podczerwień	GaAs	proste
Czerwony	GaP(Zn,O)	skośne
	GaAs _{0,6} P _{0,4}	proste
	Al _{0,3} Ga _{0,7} As	proste
Pomarańczowy	GaAs _{0,35} P _{0,65}	skośne
	Ga _{0,7} In _{0,3} P	proste
Żółty	GaAs _{0,15} P _{0,85} :N	skośne
	GaInN:Mg	proste
	GaP:N ⁺⁺	skośne
Zielony	GaP:N	skośne
	(In,Ga)N:Mg	proste
Niebieski	(In,Ga)N:Mg	proste
Fioletowy	GaN:Mg	proste
Ultrafiolet	GaN:Mg	proste
Biały	GaN + luminofor	proste

.... KONIEC:D