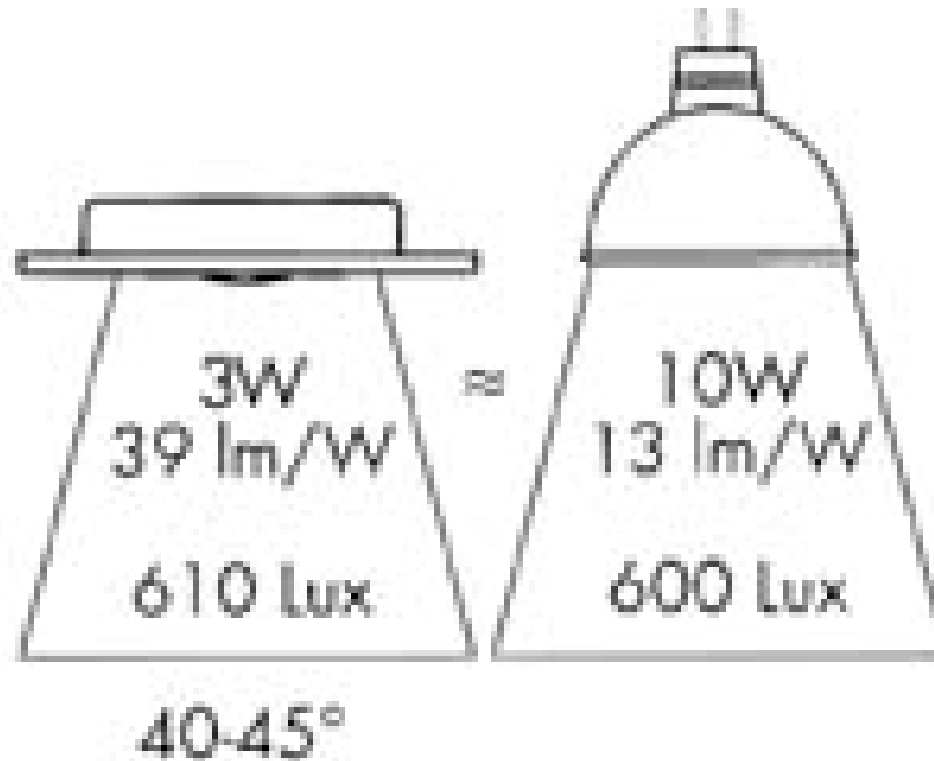


Diody świecące i Lasery półprzewodnikowe

Dioda LED

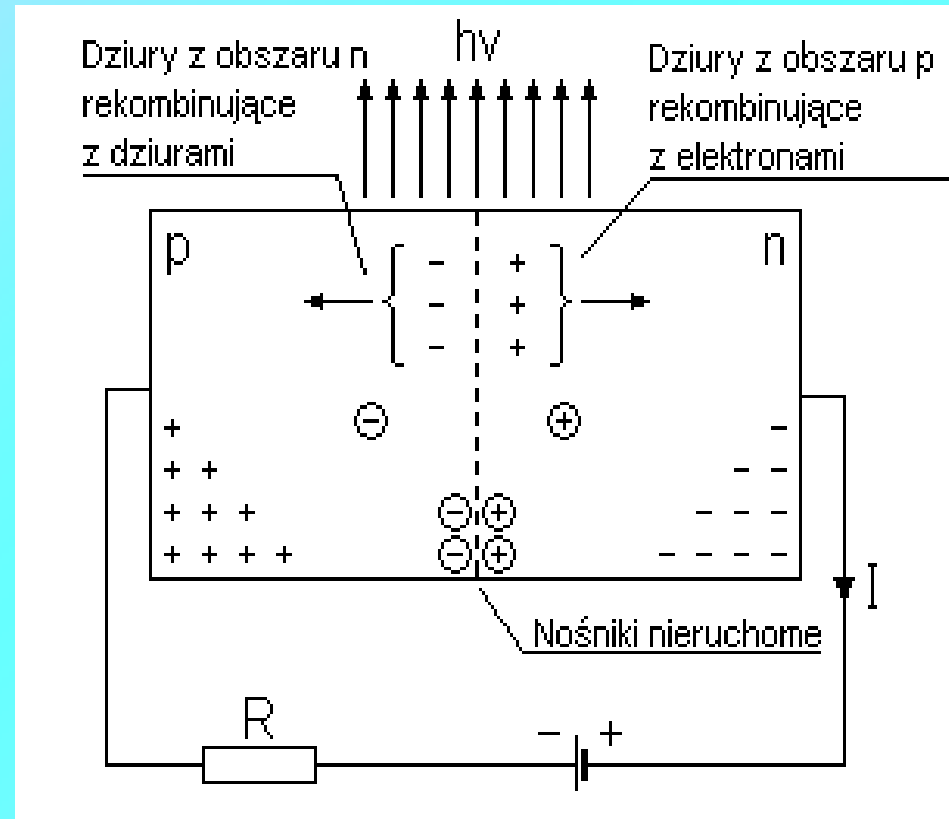
Porównanie diodowego źródła światła (z lewej) i żarówki halogenowej, pozwalających uzyskać takie samo natężenie oświetlenia



Złącze PN

- Połączenie się dwóch kryształów (monokryształów) ciała stałego (półprzewodnik, metal) w ten sposób że tworzą one ścisły kontakt nazywamy ZŁĄCZEM
- Złącze półprzewodnik-półprzewodnik:
 - heterozłącze-złącze powstałe w wyniku połączenia monokryształu krzemu i germanu
 - homozłącze-złącze wykonane w jednym monokryształe półprzewodnika, przy czym obszary złącza mają różne koncentracje domieszek czyli złącze powstałe w wyniku połączenia półprzewodnika typu P i N

Działanie opiera się zjawisku rekombinacji nośników ładunku (rekombinacja promienista). Zjawisko to zachodzi w półprzewodnikach wówczas, gdy elektrony przechodząc z wyższego poziomu energetycznego na niższy zachowują swój pęd. Jest to tzw. przejście proste. Podczas tego przejścia energia elektronu zostaje zamieniona na kwant promieniowania elektromagnetycznego. Przejścia tego rodzaju dominują w półprzewodnikach z prostym układem pasowym, w którym minimum pasma przewodnictwa i wierzchołkowi pasma walencyjnego odpowiada ta sama wartość pędu.



• Długość fali generowanego promieniowania $\lambda = \frac{ch}{W_g}$

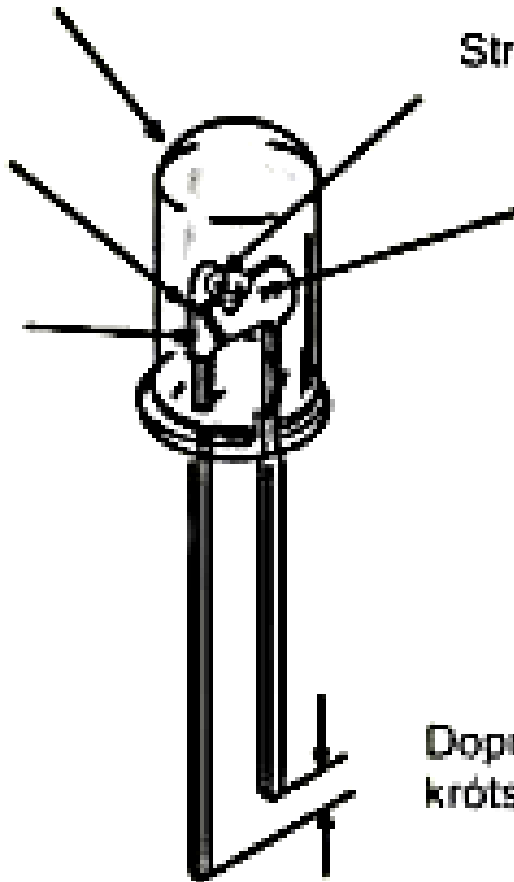
$W_g = W_c - W_v$ szerokość pasma zabronionego lub różnica energii poziomów między którymi zachodzi rekombinacja

Białe diody świecące

Obudowa epoksydowa
z soczewką kopułą

Przewód zasilający

Anoda



Struktura LED

Katoda z odbłyśnikiem

Doprowadnik katody,
krótszy niż anody

- Sprawność kwantowa - jest to parametr określający udział przejść rekombinacyjnych w wyniku których generowane są fotony do ilości nośników ładunków przechodzących przez warstwę zaporową złącza PN, przejścia rekombinowane zachodzą w obszarze czynnym złącza.

$$\nu_{qw} = \frac{N_{fot}}{N_{no\acute{s}o}} = \frac{P_{prom}}{I/q}$$

N_{fot} - całkowita ilość fotonów generowanych wewnątrz obszaru czynnego;

$N_{no\acute{s}o}$ - całkowita ilość nośników wstrzykiwanych do obszaru czynnego złącza;

P_{prom} - moc promieniowania generowanego wewnątrz półprzewodnika;

ν - częstotliwość generowanego promieniowania;

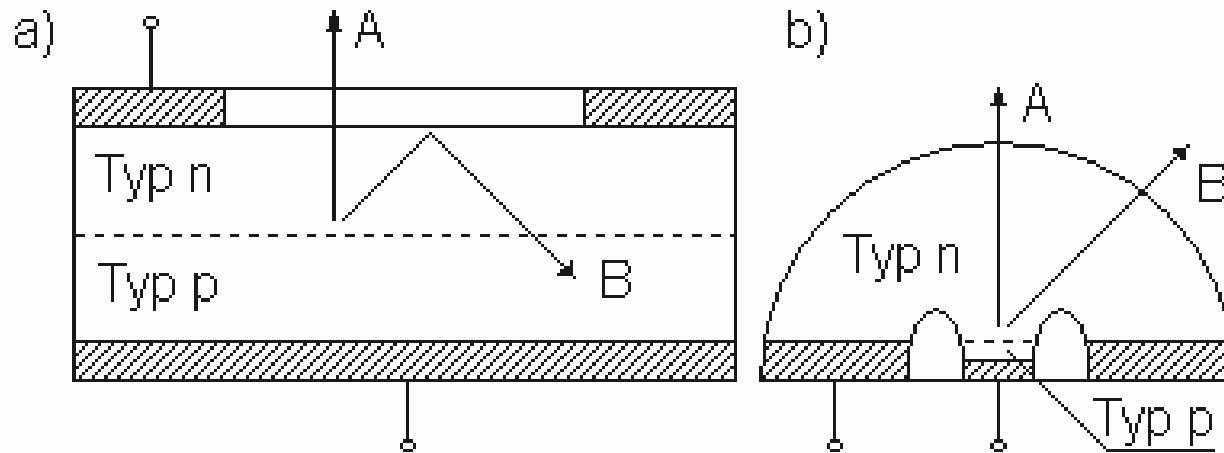
I - prąd elektryczny doprowadzony do diody;

q – ładunek elektronu.

Luminescencja-emitowanie przez materię promieniowania elektromagnetycznego pod wpływem czynnika pobudzającego, które dla pewnych długości fali przewyższa emitowane przez tę materię promieniowanie temperaturowe.

W diodzie LED mamy do czynienia z tzw. elektroluminescencją, przy wytworzeniu której źródłem energii pobudzającej jest prąd elektryczny dostarczony zewnątrz, czasami pole elektryczne. Najefektywniejsza elektroluminescencja w półprzewodniku powstaje w wyniku rekombinacji swobodnych nośników ładunku w złączu p-n, gdy jest one spolaryzowane w kierunku przewodzenia. Intensywność świecenia zależy od wartości doprowadzonego prądu, przy czym zależność ta jest liniowa w dużym zakresie zmian prądu.

- Przekroje diod elektroluminescencyjnych a) płaskiej; b) półsferycznej



- Kąt krytyczny, przy którym występuje pełne odbicie wewnętrzne

$$q_{kr} = \arcsin \frac{1}{n^*}$$

n^* -współczynnik załamania.

- Pochłanianie wewnętrzne może być wyrażane za pomocą funkcji $\exp[-a(l)x]$

Całkowitą sprawność zamiany energii elektrycznej na energię promienistą w przypadku omawianej diody płaskiej określa zależność

$$\mu_{qz} = \frac{q}{P} \frac{4n^*}{n^* + 1} (1 - \cos \Phi_{kr}) \frac{\int \Phi(\lambda) [1 + \operatorname{Re} \exp(-2\alpha_n(\lambda)x_n)] \exp(\alpha_p(\lambda)x_p) d\lambda}{\int \Phi(\lambda) d\lambda}$$

P - moc wejściowa elektryczna;

$4n^*/(n^*+1)^2$ - współczynnik transmisji (przepuszczalności) promieniowania z wnętrza półprzewodnika do powietrza;

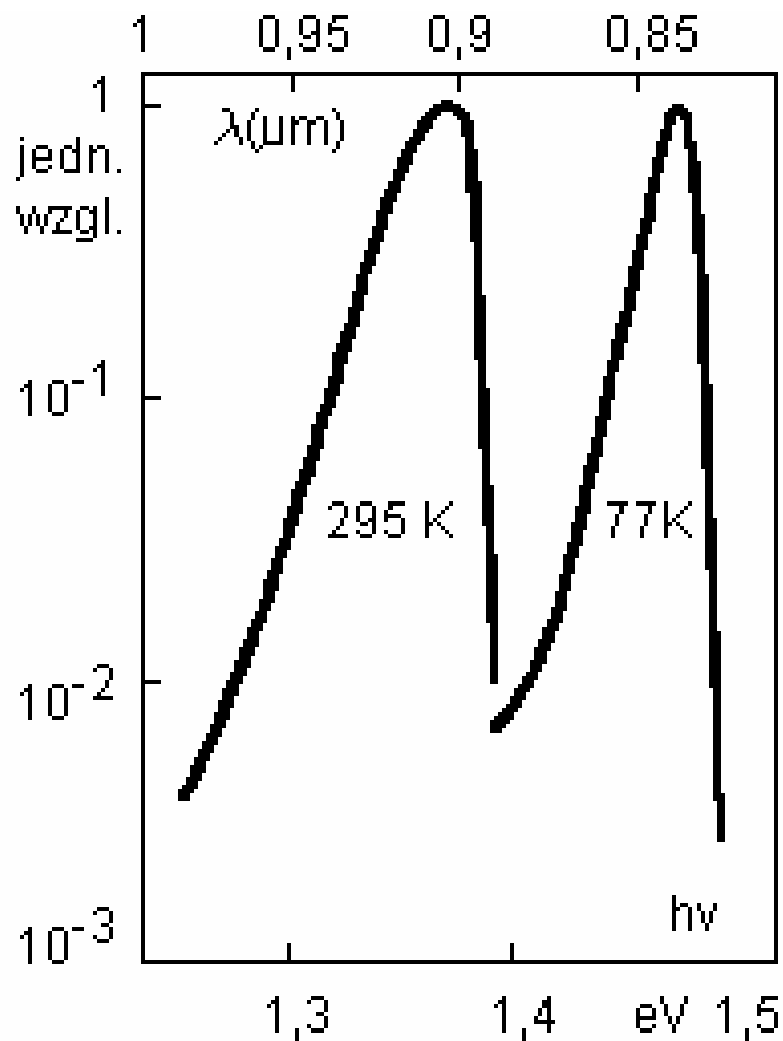
$f(\lambda)$ - strumień fotonów;

R - współczynnik odbicia od kontaktu tylnego

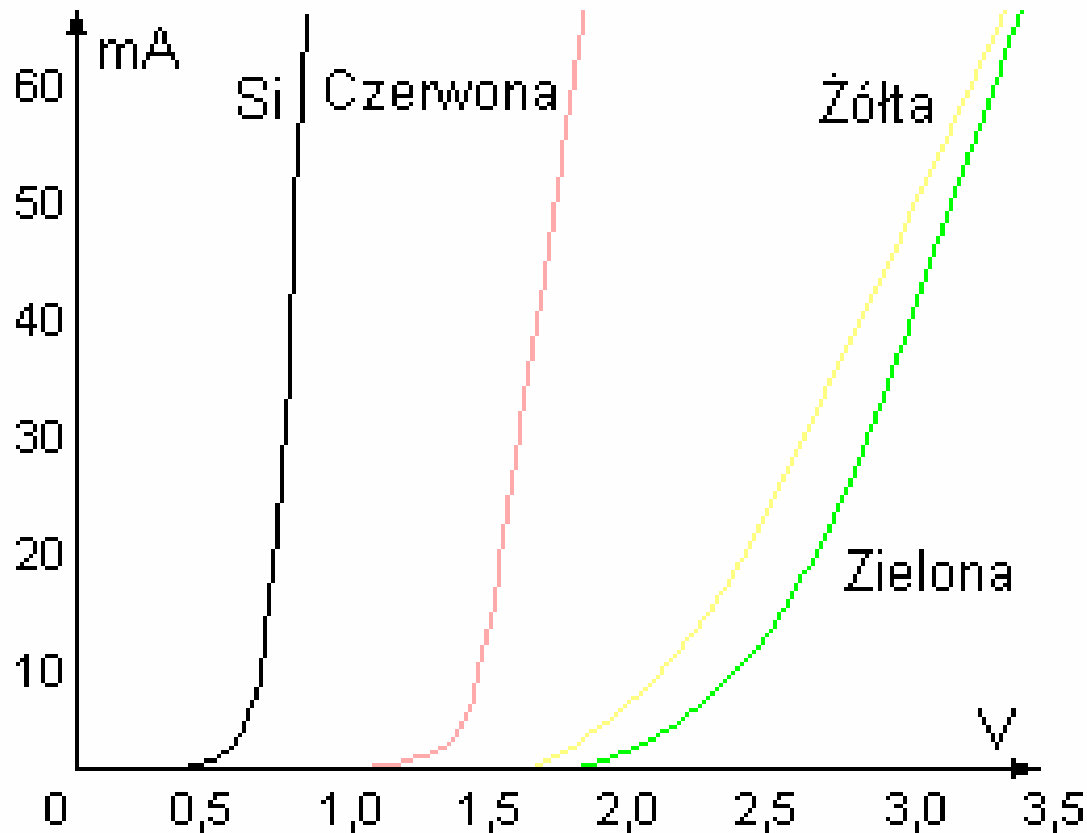
α_n, α_p - współczynnik absorpcji w obszarze n lub p diody;

x_n, x_p - grubość obszaru n lub p diody.

Charakterystyki spektralne diod elektroluminescencyjnych z GaAs pomierzone w temperaturach 77 K i 295 K.



Charakterystyka prądowo-napięciowa diody LED



- GaAs- podczerwień
- GaP- czerwona, zielona, żółta
- $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ czerwona, pomarańczowa, żółta
- $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -czerwona, podczerwień

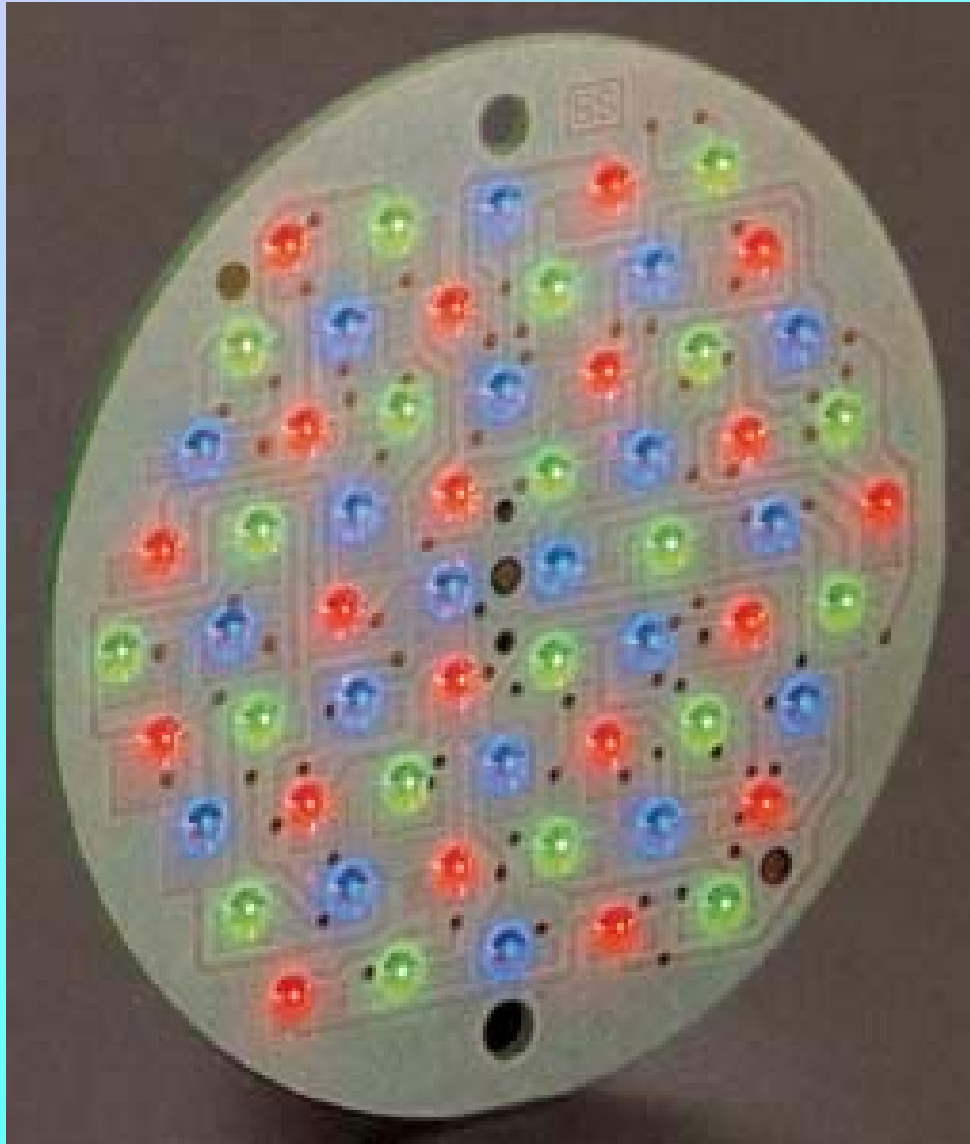
Zalety półprzewodnikowych źródeł światła

- Wysoka skuteczność świetlna
- Wysoka trwałość
- Duża wytrzymałość
- Bogata kolorystyka
- Łatwe współdziałanie z systemami kontroli i sterowania
- Niskie, bezpieczne napięcie zasilania SELV (safety extra-low voltage);
- Mały pobór mocy w porównaniu z tradycyjnymi źródłami światła;

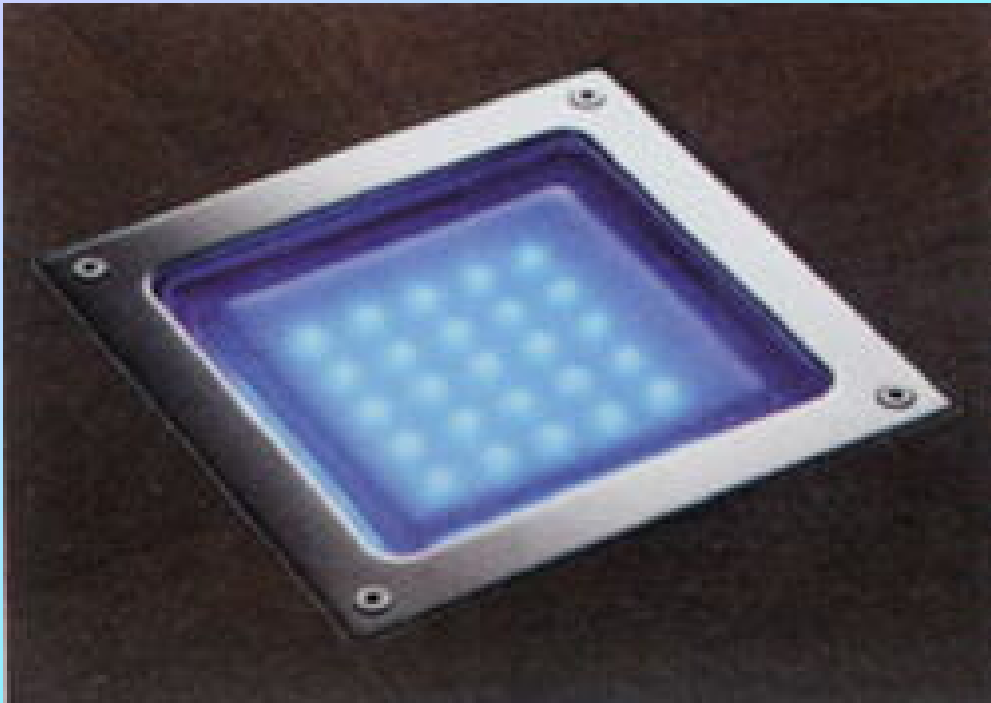
Zastosowania

- Pierwsze diody świecące w zastosowaniach zewnętrznych zostały użyte w ciężarówkach, w wysoko montowanych światłach „stop”.
- W sygnalizatorach sterujących ruchem ulicznym.
- Jako źródła światła używane w sygnalizatorach wyjść ewakuacyjnych, oświetleniu bezpieczeństwa oraz wszelkiego rodzaju znakach świetlnych.
- W oprawach oświetlenia miejscowego umożliwiających czytanie pasażerom samochodów, autobusów i samolotów.
- W rowerowych światłach pozycyjnych, wskaźniki świetlne w miernikach laboratoryjnych,
- wyłącznikach podświetlanych,
- W sprzęcie komputerowym,
- Urządzeniach audio/wideo,
- Aparatach fotograficznych
- Monitory

stosowania w miejscach użyteczności publicznej "multicolor"



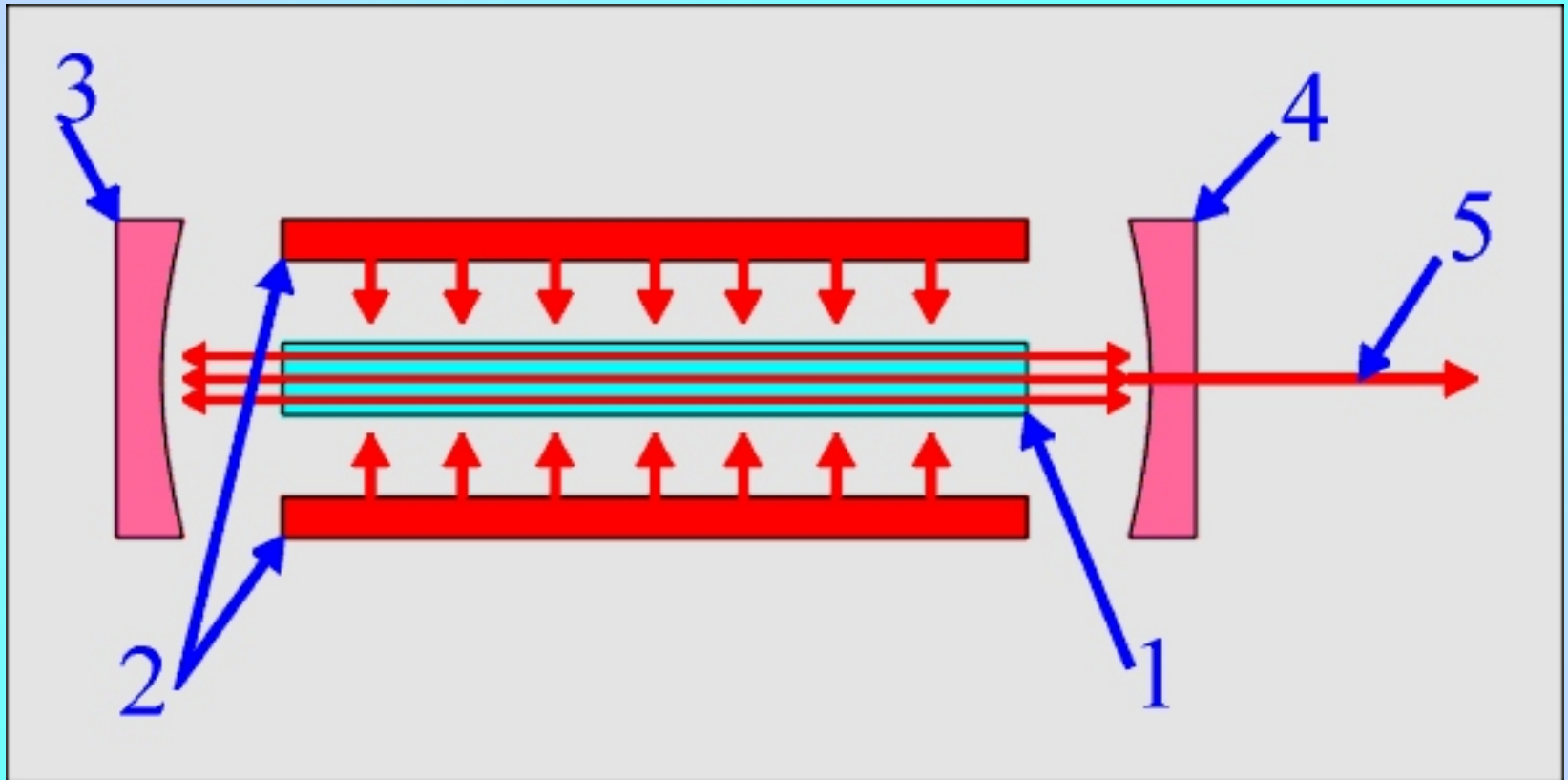
Oprawy przeznaczone do montażu w podłodze



Odmiany i zastosowania diod LED:

- **IR** – emitujące promieniowanie podczerwone – wykorzystywane w łączach światłowodowych, a także w urządzeniach zdalnego sterowania
- **HBLED**, *High Brightness LED* – diody o wysokiej jasności świecenia; za takie uważa się, których jasność przekracza 0.2 cd; znajdują one zastosowanie w miejscach, gdzie zwykle używa się tradycyjnych źródeł światła – w sygnalizacji ulicznej, w oświetleniu pojazdów, w latarkach
- **tricolor LED** – dioda mająca struktury do generowania trzech podstawowych barw (czerwony, zielony, niebieski), a co za tym idzie, przez możliwość ich mieszania, praktycznie dowolnej barwy
- **warm white LED** – dioda LED generująca światło bardzo zbliżone do światła żarówki (temperatura barwy 3500 K, odpowiednio dobrana jaskrawość)

- **Laser** - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - wzmocnienie światła poprzez wymuszoną emisję promieniowania.



1. ośrodek wzmacniający, 2. elementy pompujące; 3. zwierciadło odbijające całkowicie; 4. zwierciadło częściowo przepuszczalne; 5. wyjściowa wiązka laserowa

Krótką historia laserów

- Często podaje się datę 1954 skonstruowania masera, pierwszego wzmacniacza kwantowego
- Pierwszy laser (rubinowy) zbudował w 1960 roku Theodore Maiman, ośrodkiem czynnym był kryształ korundu domieszkowany chromem - rubin.
- W tym samym roku zbudowany został pierwszy laser półprzewodnikowy z pompowaniem diodowym
- W latach 1967-69 Bagdasarow i Kamiński zbudowali laser na bazie kryształu perowskitu itrowo-glinowego domieszkowanego neodymem, a Homer, Linz i Gabbe wykorzystali fluorek litowo-irytowy (YLF).
- Kilka lat później (w 1979 roku) skonstruowano laser z przestrajanem częstotliwości na kryształach aleksandrytu, a w roku 1982 Moulton zaprezentował laser na bazie tioru.

■ Otrzymane światło:

- ma bardzo małą szerokość linii emisyjnej;
- ma dużą moc w wybranym obszarze widma;
- ma bardzo małą rozbieżność;
- jest spójne w czasie i przestrzeni;
- jest monochromatyczne;

Laser półprzewodnikowy

- Laser oparty na półprzewodniku, rodzaj diody luminescencyjnej o dużej wydajności
- Nie mając rur wypełnionych ośrodkiem laserującym, składają się z cieniutkich płytek kryształów, emitujących światło, gdy zostaną złożone razem co odróżnia je od tradycyjnych laserów

Lasery półprzewodnikowe

- złączowe

- na materiale objętościowym

- na studniach kwantowych

- na kropkach kwantowych

- bezzłączowe

- kwantowy laser kaskadowy

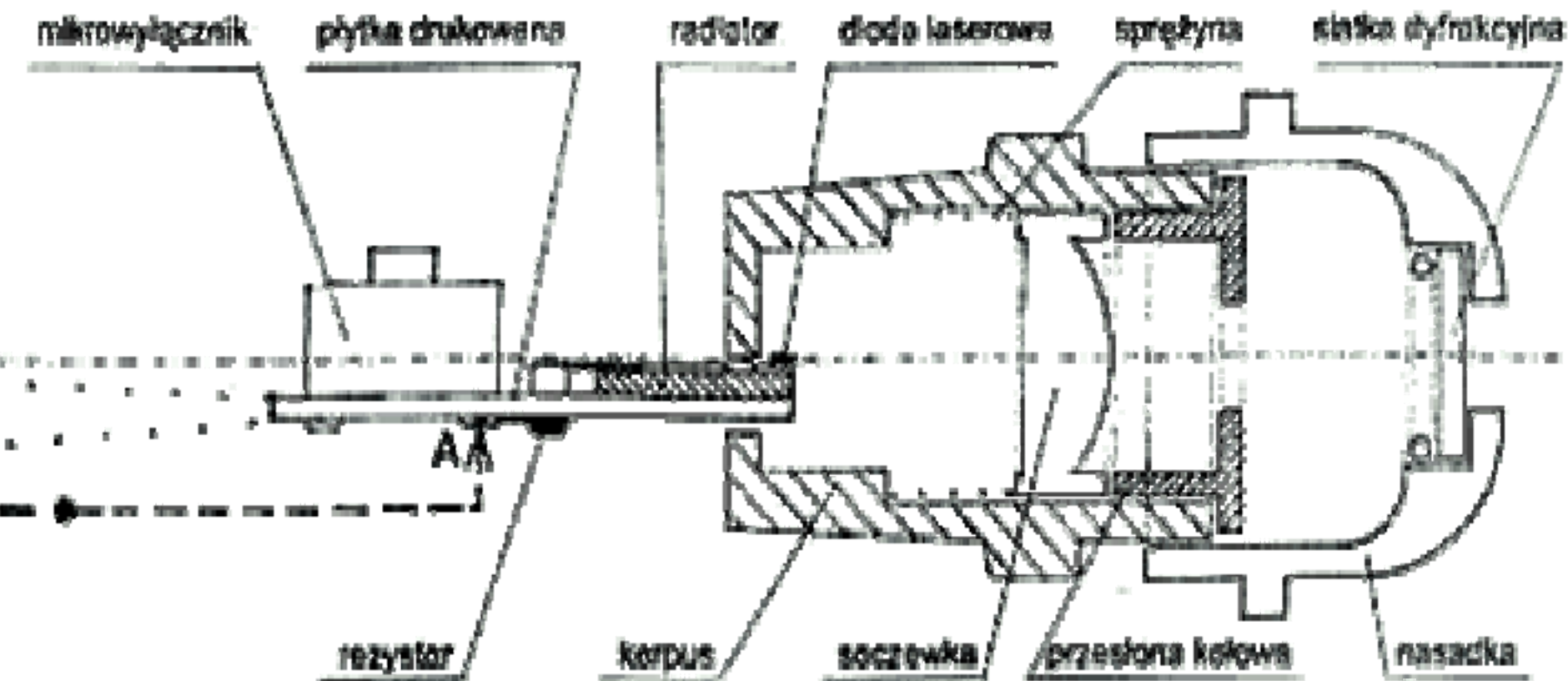
- wielomodowe - generacja kilku (co najmniej dwóch) modów laserowych różniących się częstotliwością i długością fali świetlnej.

- jednomodowe - generacja jednego modu laserowego czyli jednej częstotliwości i jednej długości fali świetlnej.

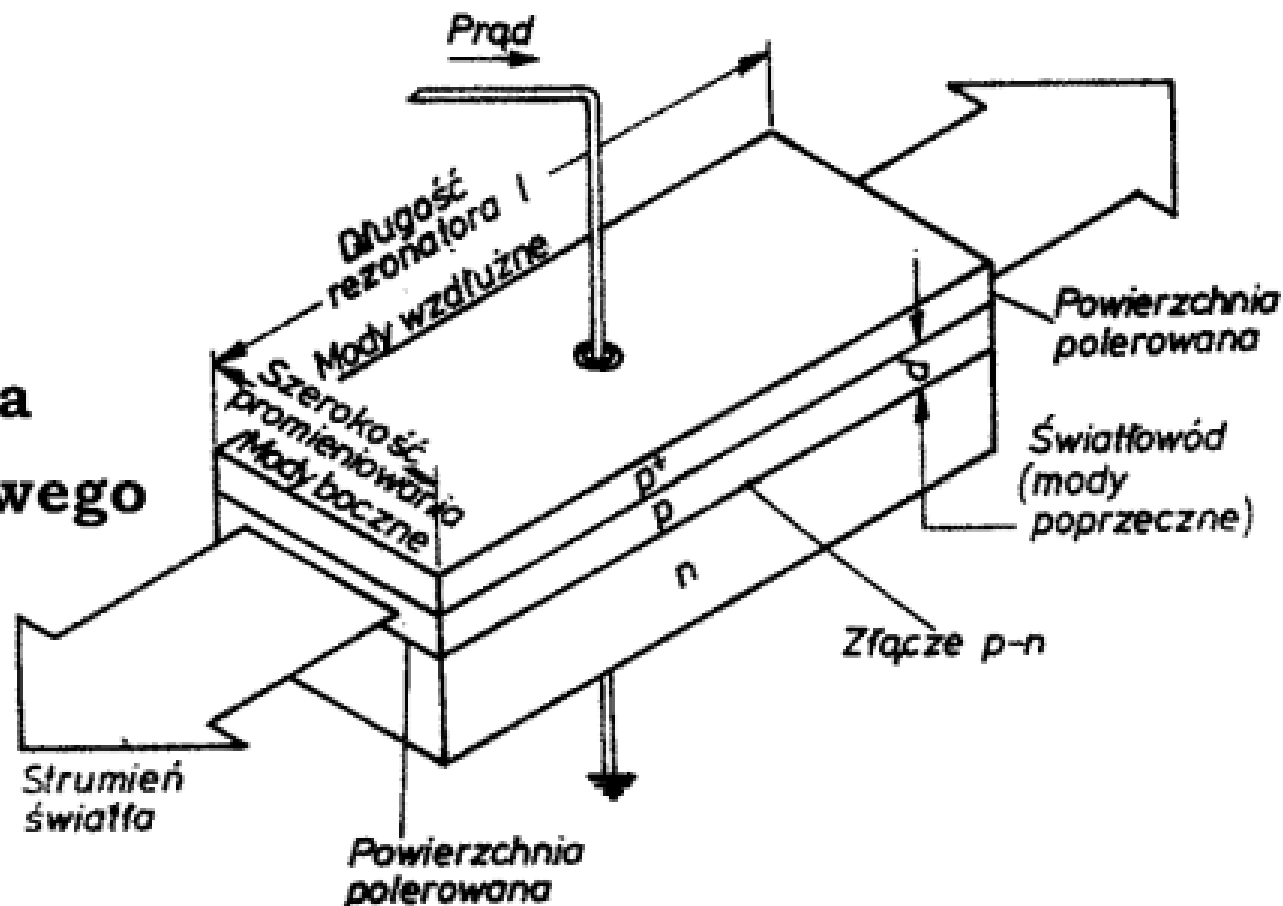
Lasery półprzewodnikowe

- Ośrodkiem czynnym (aktywnym) jest półprzewodnik;
- Inwersję obsadzeń poziomów energetycznych, uzyskuje się poprzez wstrzykiwanie mniejszościowych nośników ładunku do obszaru złącza $p-n$ (lub heterozłącza) spolaryzowanego w kierunku przewodzenia;
- Rezonator ma najczęściej kształt prostopadłościanu o rozmiarach rzędu ułamka milimetra;
- Sprzężenie optyczne uzyskuje się dzięki parze zwierciadeł prostopadłych do płaszczyzny obszaru czynnego (rezonator Fabry'ego-Perota) lub dzięki specjalnie pofałdowanej powierzchni równoległej do tego obszaru (lasery z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym DFB - Distributed FeedBack);
- Obszar czynny leży w płaszczyźnie złącza $p-n$ i jest zwykle ograniczony do wąskiego paska ;

Najprostsza budowa lasera półprzewodnikowego

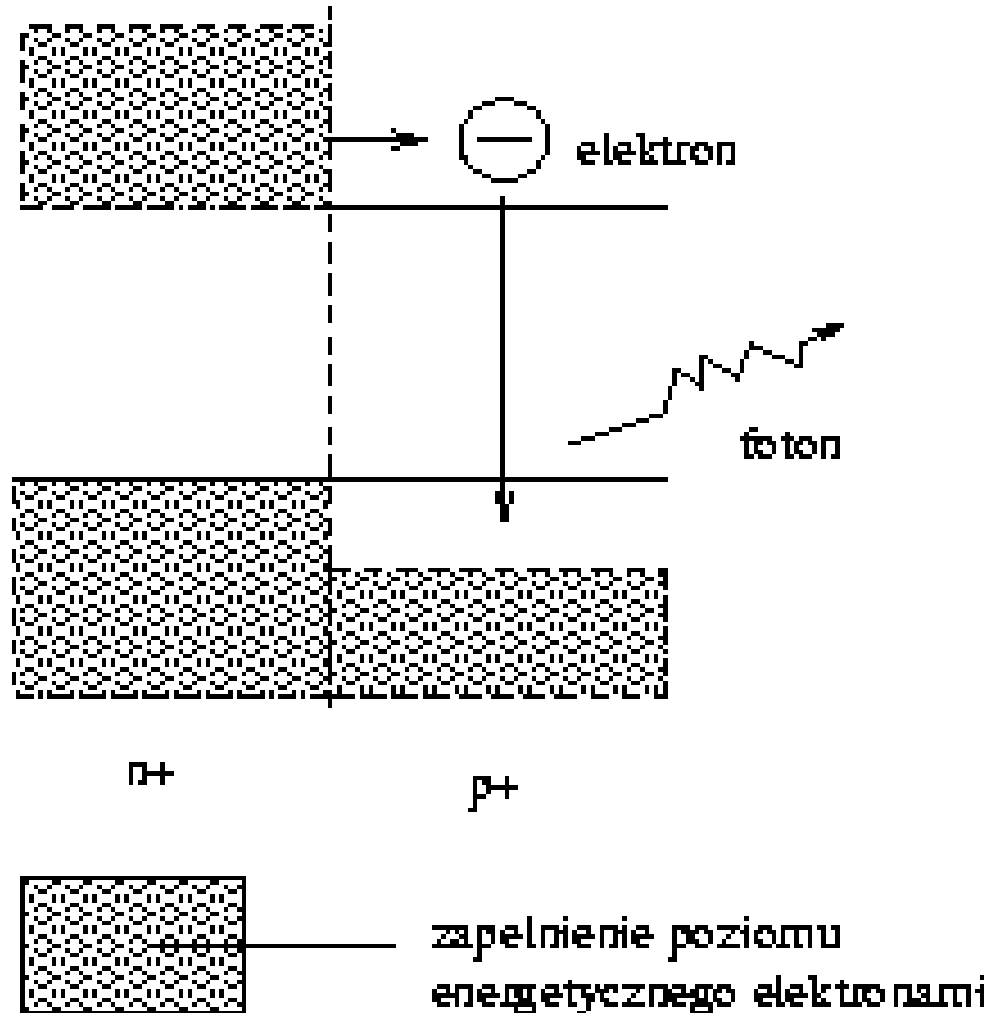


Rezonator lasera półprzewodnikowego



- Urządzenia wąskopasmowe, które emitują światło pojedynczego koloru o określonej długości fali świetlnej
- Generują promieniowanie w zakresie od 800nm do 1600nm w zależności od zastosowanych materiałów półprzewodnikowych: ZnSSe, AlGaAs, GaInAsP, InAsSbP, PbSnSeTe itp.
- Rodzaj pracy :ciągły lub impulsowy.
- Długość impulsu 10^2 ns.
- Widmo częstotliwościowe promieniowania jest widmem dyskretnym.

Zasada działania

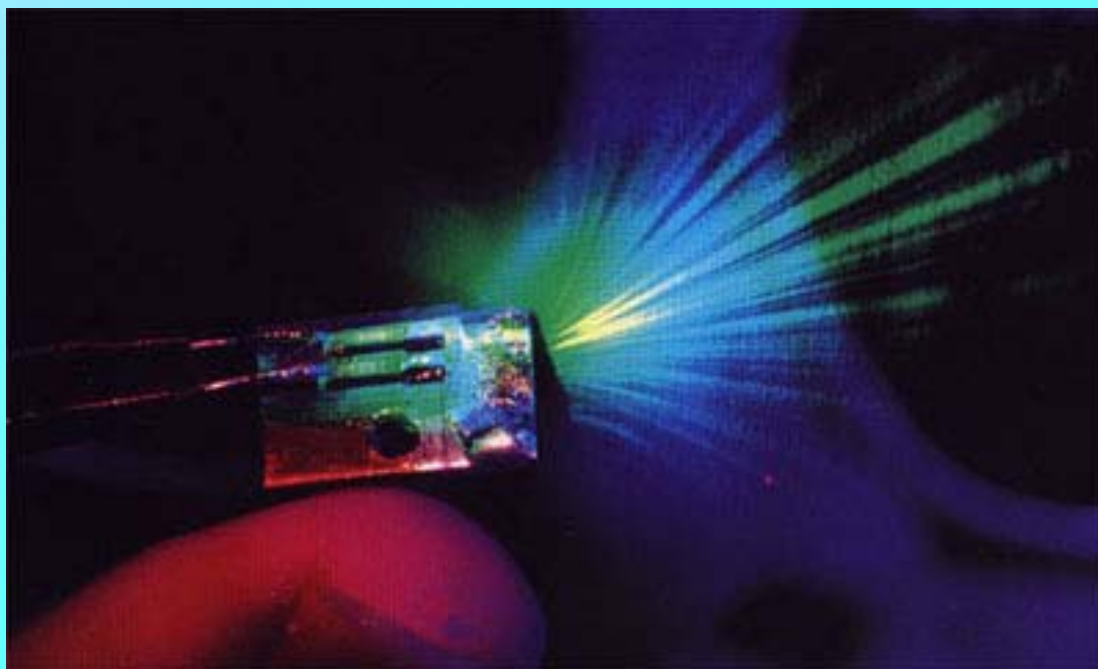


NIEBIESKI LASER

- Pozwoliłby czterokrotnie zwiększyć gęstość zapisu płyt kompaktowych. Jest to możliwe, ponieważ fala promieniowania niebieskiego jest dwukrotnie krótsza od fali obecnie używanych laserów emitujących światło czerwone, a ponieważ zapis odbywa się na płaszczyźnie dysku, gęstość upakowania informacji może zostać czterokrotnie zwiększona

Zastosowanie

- Źródło modulowanego promieniowania w telekomunikacji światłowodowej.
- W odtwarzaczach i napędach optycznych przy odczycie informacji optycznej zapisanej na płytach CD (małej mocy)



- w przemyśle do cięcia i spawania, występują o mocach do 10 kW
- czytnikach kodów paskowych przy kasach w supermarketach

Literatura:

- Wiktor L. Boncz-Brujewicz, Siergiej G. Kałasznikow „Fizyka półprzewodników” PWN, W-wa 1985
- Barbara Pióro, Marek Pióro „Podstawy elektroniki” WSziP, W-wa 1996