

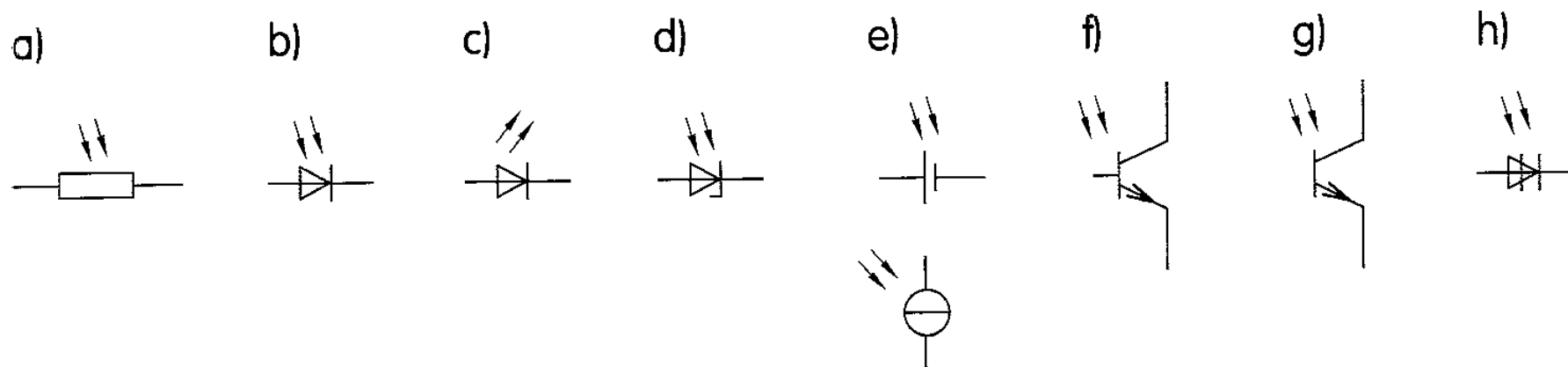
# Elementy optoelektroniczne



Materiały dydaktyczne dla kierunku Technik Optyk (W12) Kwalifikacyjnego kursu zawodowego.

## Półprzewodnikowe elementy optoelektroniczne

Są one elementami sterowanymi natężeniem światła. Wyjątkiem są diody LED i lasery półprzewodnikowe, które same są źródłem światła.



**Rys. 7.2.** Symbole półprzewodnikowych elementów optoelektronicznych: a) fotorezystor, b) fotodiody, c) dioda elektroluminescencyjna, d) fotodiody lawinowa, e) fotoogniwo, f) fototranzystor, g) fototranzystor bez wyprowadzonej bramki, h) fototyrystor diodowy

## Wyróżniamy:

- fotorezystory (ich rezystancja maleje wraz ze wzrostem natężenia światła)
- fotodiody (wartość prądu wstecznego zależy od strumienia światła)
- fotoogniwa (źródła napięcia elektrycznego)
- fototranzystory (rolę bazy spełnia strumień światła)
- fototyristory (rolę bramki spełnia strumień światła)
- diody elektroluminescencyjne – LED (emitują światło podczas przepływu prądu w kierunku przewodzenia)
- lasery półprzewodnikowe (bazują na technologii LED)
- transoptory (wykorzystują światło do separacji obwodów elektrycznych)

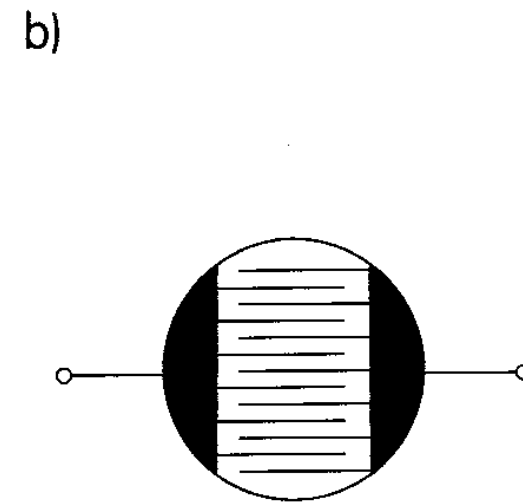
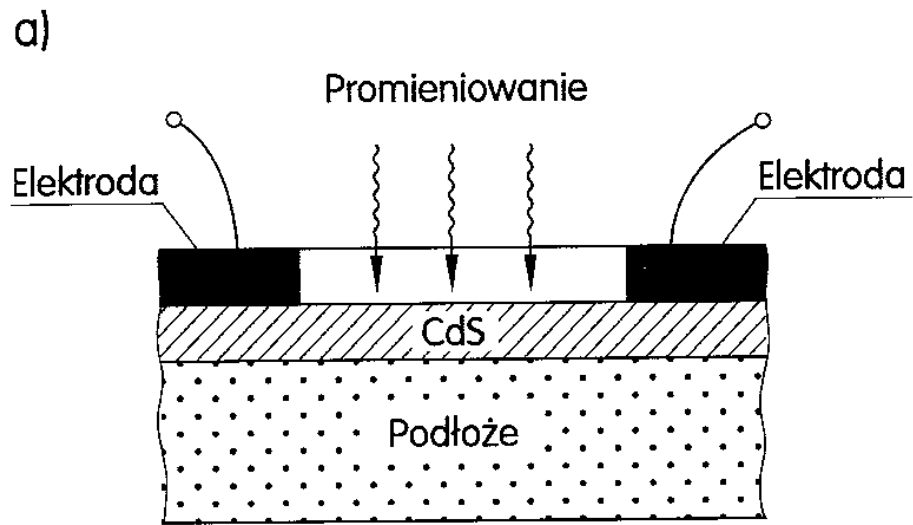
## Fotorezystory

Fotorezystor jest najprostszym przykładem fotodetektora. Jego rezystancja zmienia się pod wpływem padającego promieniowania i jest niezależna od kierunku napięcia zewnętrznego.

W obwodzie elektrycznym w wyniku oddziaływania na fotorezystor promieniowania optycznego zwiększa się wartość przepływającego prądu, co jest równoznaczne zmniejszaniu się rezystancji.

Parametrami fotorezystora są:

- rezystancja ciemna
- rezystancja jasna (dla 50 lX)



**Rys. 7.3.** Fotorezystor: a) budowa, b) kształt elektrod

## Fotoogniwa

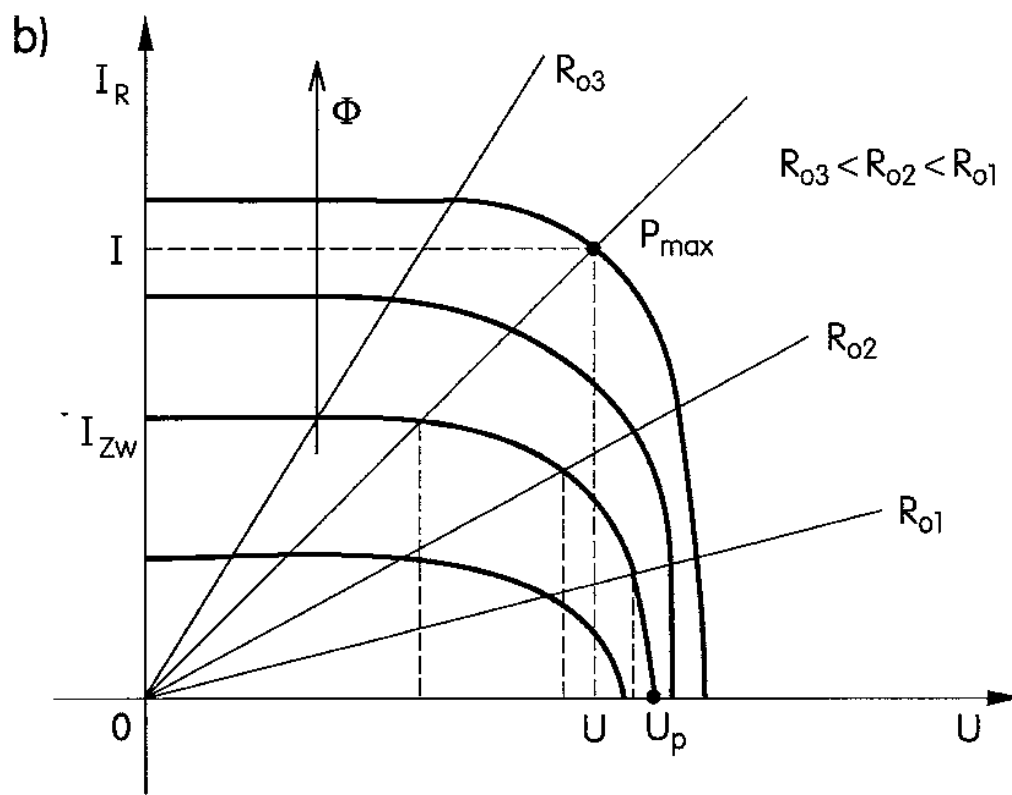
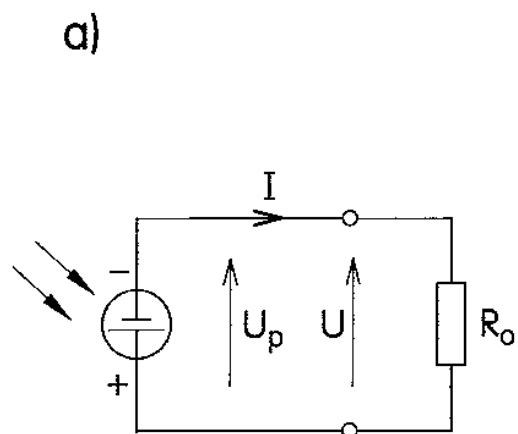
Fotoogniwo (ogniwo fotowoltaniczne) – przetwornik energii promieniowania optycznego na energię elektryczną. Jest to fotodioda, na której zaciskach jest generowane napięcie fotoelektryczne pod wpływem promieniowania padającego na całą powierzchnię złącza.

Parametrami charakterystycznymi fotoogniwa są:

- napięcie fotoelektryczne ( $U_p = 0,6 - 0,9V$ )
- prąd zwarcia  $I_{zw}$

Fotoogniwa dzielimy na:

- pomiarowe
- zasilające



**Rys. 7.6.** Fotoogniwo: a) schemat obwodu, b) charakterystyka prądowo-napięciowa

## Fotodiody

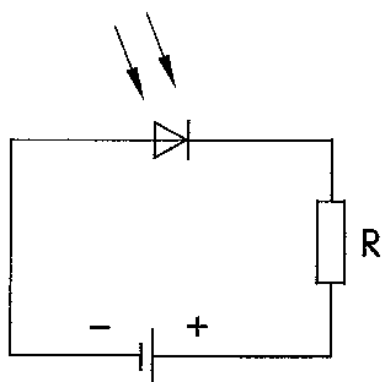
Fotodiody jest zbudowana podobnie jak krzemowa dioda prostownicza, z tym, że w obudowie znajduje się okienko wypełnione soczewką płaską lub wypukłą, umożliwiającą oświetlenie jednego z obszarów złącza strumieniem skupionym.

Jako detektor pracuje ona przy polaryzacji w kierunku zaporowym. Przy braku oświetlenia płynie przez nią prąd wsteczny o minimalnej wartości – **ciemny prąd wsteczny**. Przy zwiększeniu natężenia oświetlenia pojawia się dodatkowo **prąd fotoelektryczny**.

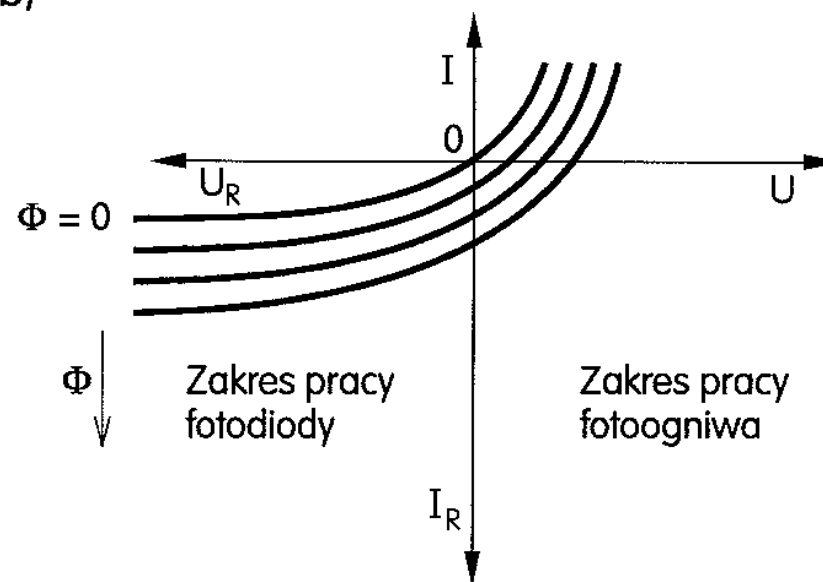
Obszar pracy fotodiody leży w III ćwiartce jej charakterystyki. Natomiast w drugiej ćwiartce pracuje ona jako fotoogniwo.



a)

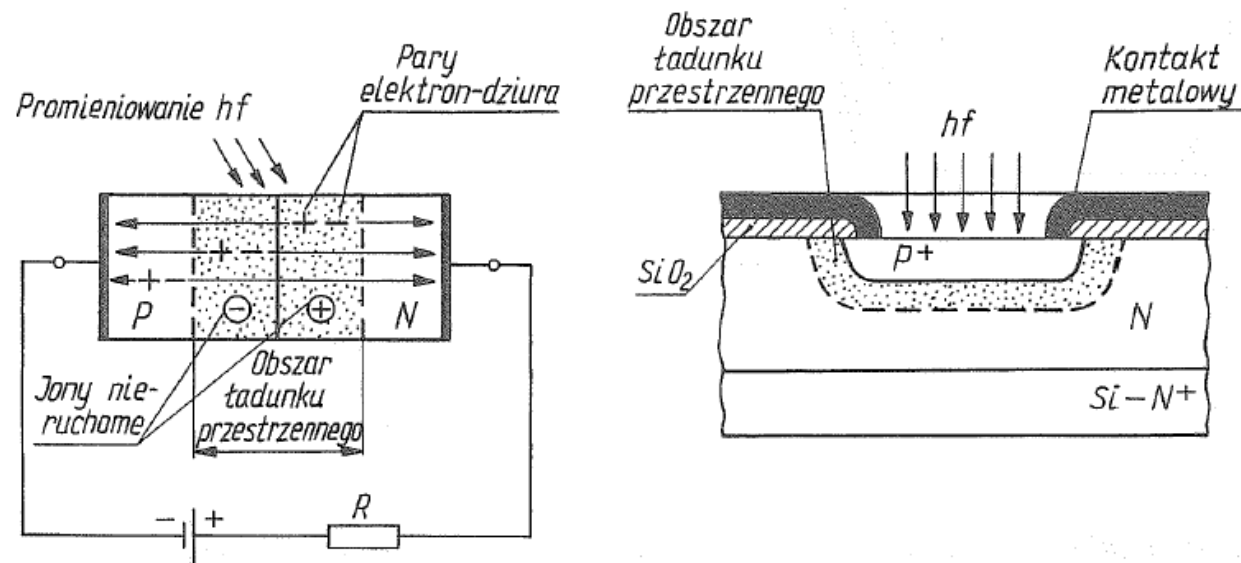


b)

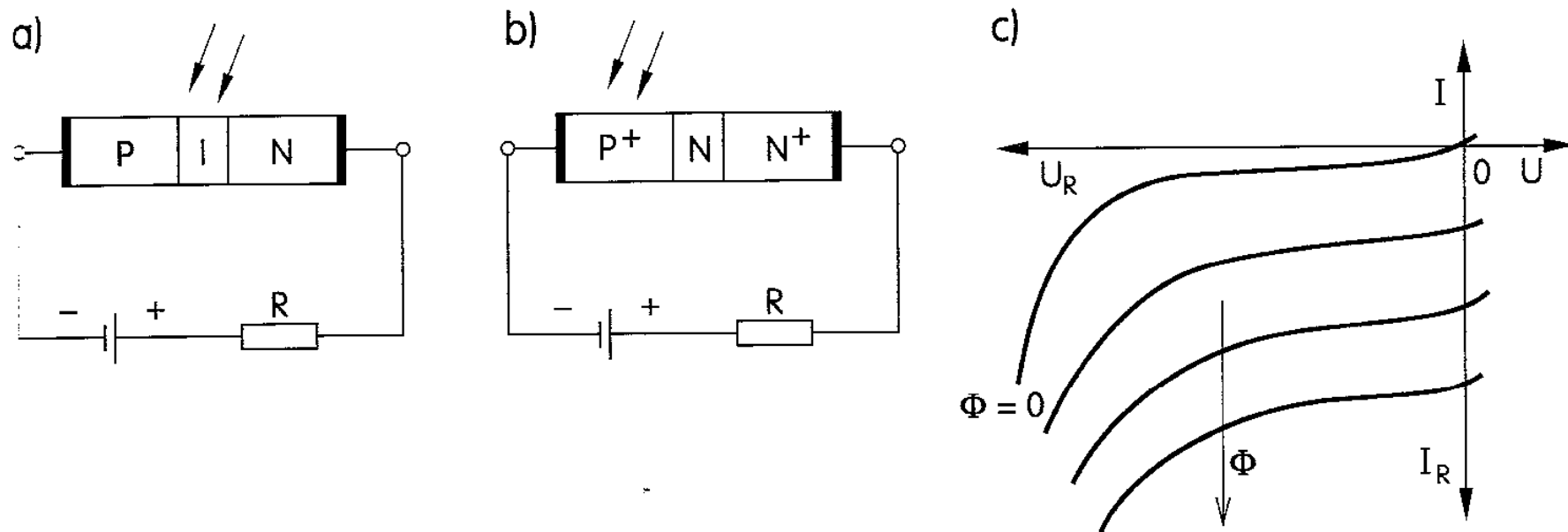


**Rys. 7.4.** Fotodioda: a) polaryzacja diody, b) charakterystyka prądowo-napięciowa  
 $I_R, U_R$  — prąd i napięcie w kierunku wstecznym

Przy oświetleniu fotodiody, w pobliżu jej powierzchni są generowane pary nośników dziura-elektron. Obszar ładunku przestrzennego i związana z nim bariera potencjału umożliwia przepływ nośników większościowych, natomiast nośniki mniejszościowe dyfundują do obszaru ładunku przestrzennego, są przyspieszane i pokonują złącze.



*Schemat przedstawiający zasadę działania i strukturę fotodiody*



**Rys. 7.5.** Fotodiody PIN: a) struktura fotodiody PIN, b) struktura fotodiody lawinowej, c) charakterystyka prądowo-napięciowa fotodiody lawinowej

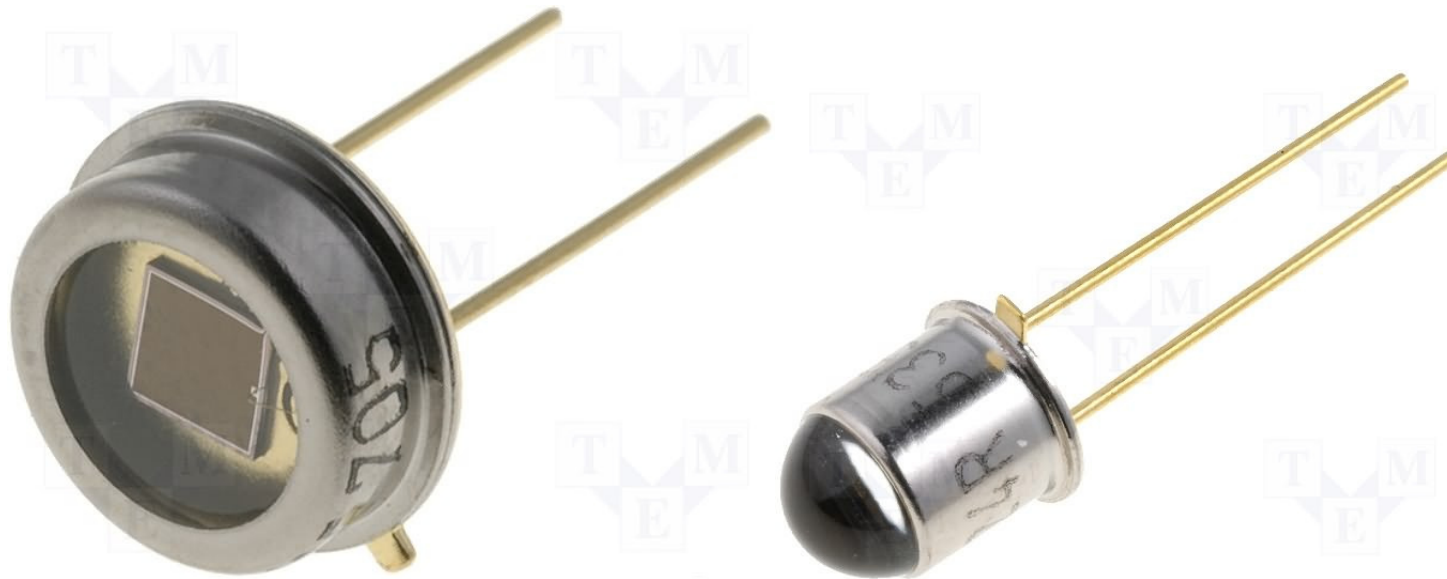
$I_R, U_R$  — prąd i napięcie w kierunku wstecznym

## Zastosowania fotodiody:

- w układach pomiarowych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych,
- w urządzeniach komunikacji optycznej,
- w układach zdalnego sterowania,
- w szybkich przetwornikach A/C

## Zalety fotodiody:

- stała czułość na moc promieniowania
- duża częstotliwość pracy (do kilkuset MHz, a w fotodiodach PIN nawet do 10 GHz)



## *Fotodiody*

Czułość fotodiody jest maksymalna dla promieniowania o długości fali  $700 \div 900$  nm (barwa czerwona i bliska podczerwieni).

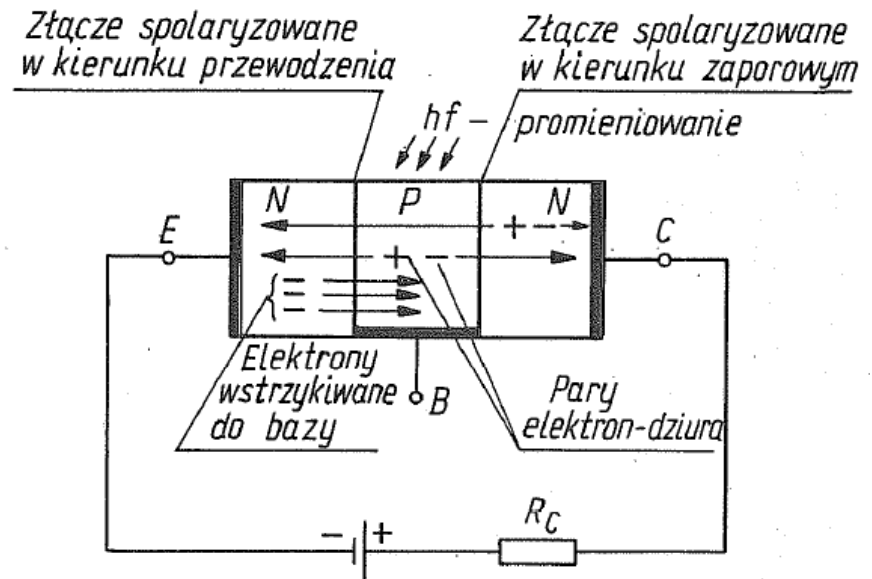
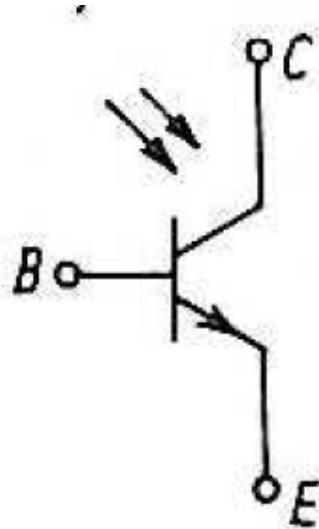
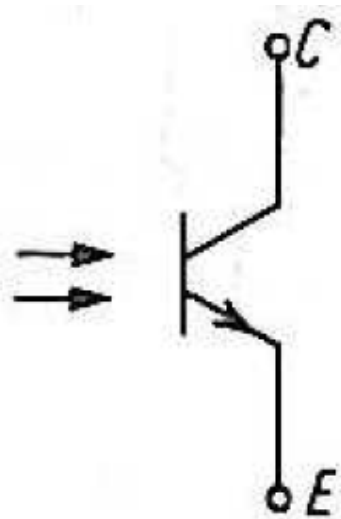
Fotodiody mogą być obecnie wykonywane również jako diody typu PIN i lawinowe. Wykazują one większą czułość i szybkość działania.

## Fototranzystory

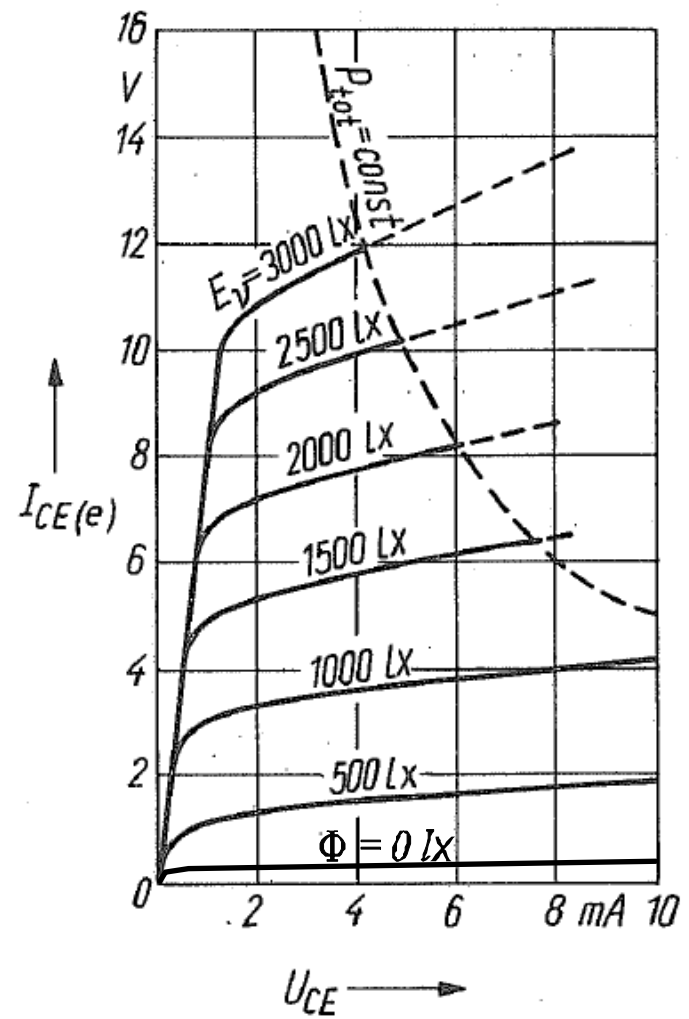
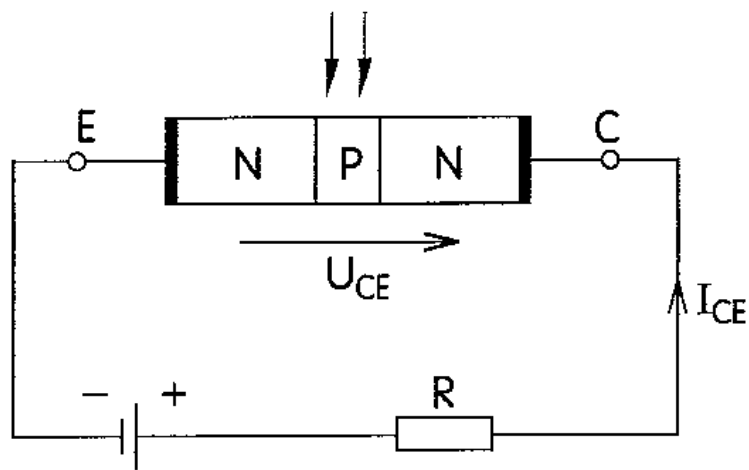
Fototranzystor jako detektor promieniowania ma znacznie większą czułość niż fotodiody. Posiada on dodatkowo właściwości wzmacniające. Jego budowa jest analogiczna do tranzystora klasycznego, z tym, że najczęściej nie ma wyprowadzonej bazy, a sterowanie jego pracą odbywa się bezprzewodowo, przez naświetlenie obszaru bazy.

Przez fototranzystor nieoświetlony przy właściwej polaryzacji i określonej wartości napięcia  $U_{CE}$  płynie **prąd ciemny**  $I_{CE(0)}$ . Pod wpływem energii promieniowania nośniki mniejszościowe bazy przepływają do kolektora, ale znacznie intensywniejszy jest strumień elektronów przenikający złącze emiter-baza i kierowany w stronę

kolektora. W ten sposób zachodzi wewnętrzne wzmocnienie prądu fotoelektrycznego, nawet 700 razy. Prąd  $I_{CE}$  oświetlonego fotorezystora jest sumą prądów ciemnego i wzmocnionego prądu fotoelektrycznego, zależnego od strumienia promieniowania.



*Symbol i zasada działania fototranzystora*



*Polaryzacja i charakterystyki wyjściowe fototranzystora*



Parametrem charakteryzującym fototranzystor jest czułość widmowa. Określa ona zakres promieniowania optycznego, w którym efekt działania jest największy. Na ogół jest to długość fali  $750 \div 900$  nm.

Niektóre fototranzystory mają wyprowadzoną bramkę, dzięki czemu mogą być również sterowane elektrycznie.

Zastosowania:

- układy automatyki i zdalnego sterowania
- układy pomiarowe wielkości elektrycznych i nieelektrycznych
- przetworniki A/C i układy łączące optoelektronicznych
- czytniki taśm i kart kodowych

## **Diody LED (elektroluminescencyjne)**

Diody LED pod wpływem przepływającego prądu emitują promieniowanie widzialne i podczerwone.

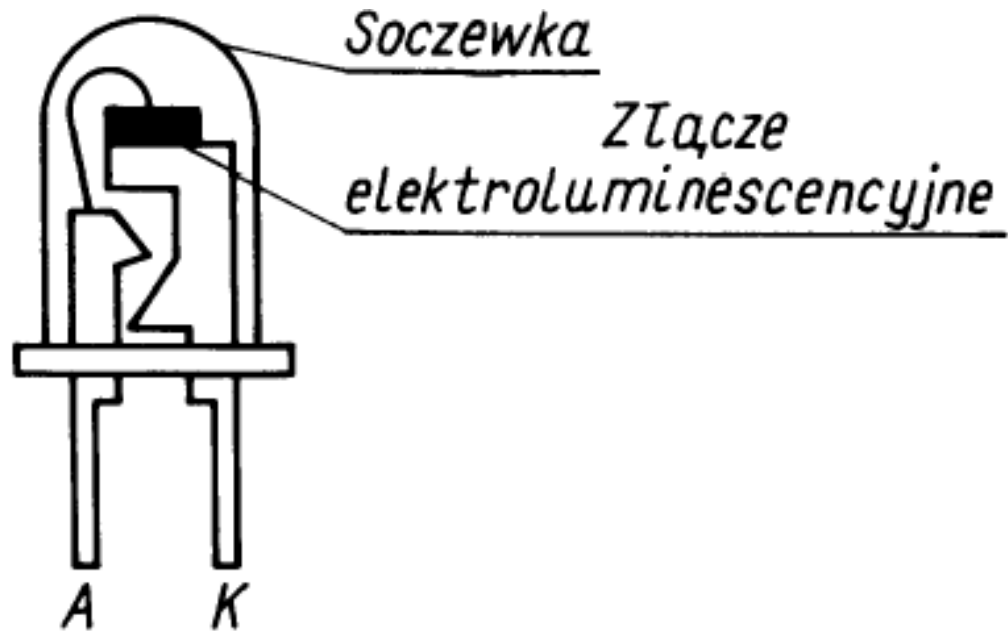
Pracują one przy polaryzacji w kierunku przewodzenia. Złącze PN staje się źródłem emisji promieniowania na skutek rekombinacji dziur i elektronów. Kolor ich świecenia zależy od rodzaju użytego półprzewodnika. Częstotliwości graniczne diod wynoszą od kilku do kilkunastu MHz.

Moc promieniowania diody zależy od natężenia prądu. Maksymalne prądy wynoszą od 20 do 100 mA.

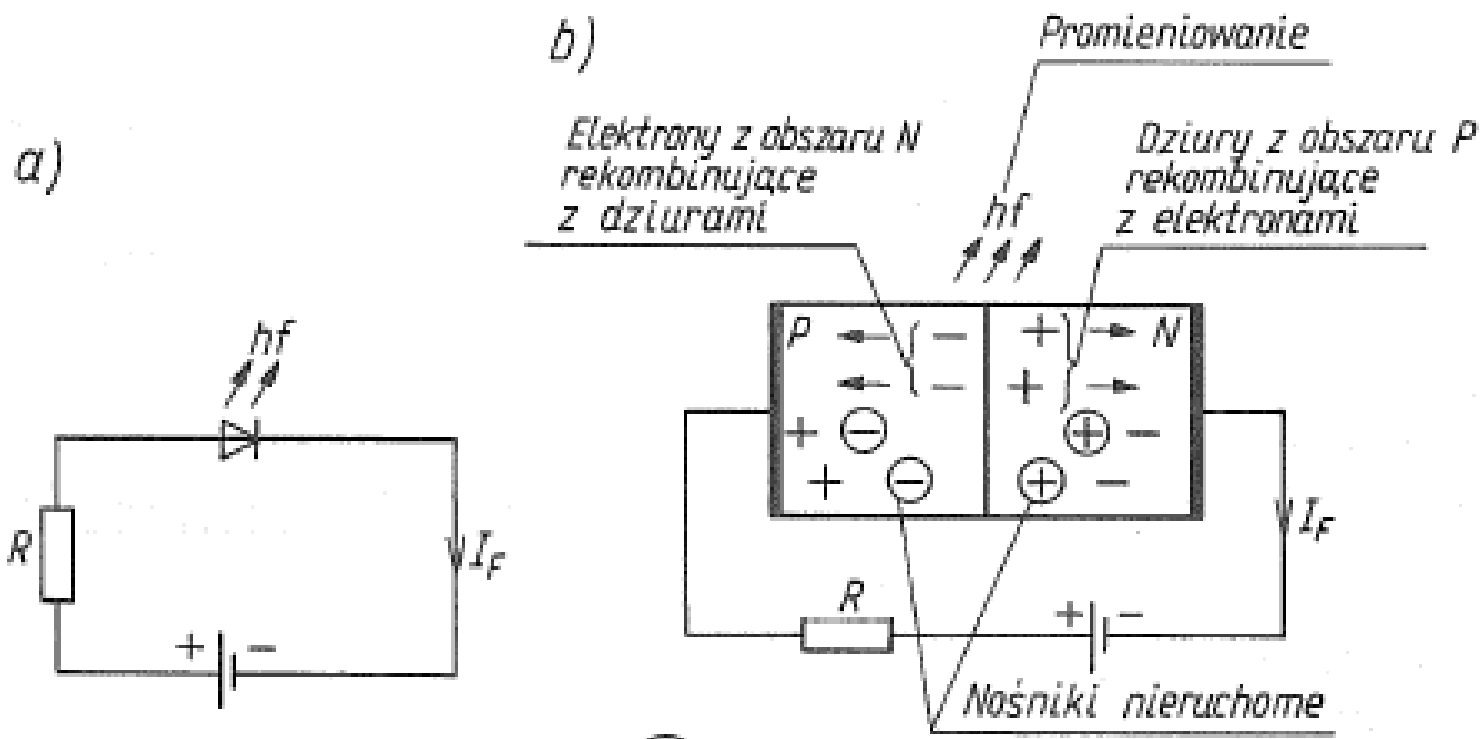
Przykładowo:

- diody z arsenku galu (GaAs) i glino-arsenku galu (GaAlAs) emitują promieniowanie podczerwone
- diody z fluorku galu (GaP) emitują w zależności od polaryzacji światło czerwone lub zielone
- diody z arsenofluorku galu (GaAsP) emitują światło czerwone, pomarańczowe i żółte
- diody z azotku galu (GaN) świecą światłem niebieskim.

W celu ograniczenia wartości prądu w diodzie LED, powinno się w szereg z nią włączać rezystor.

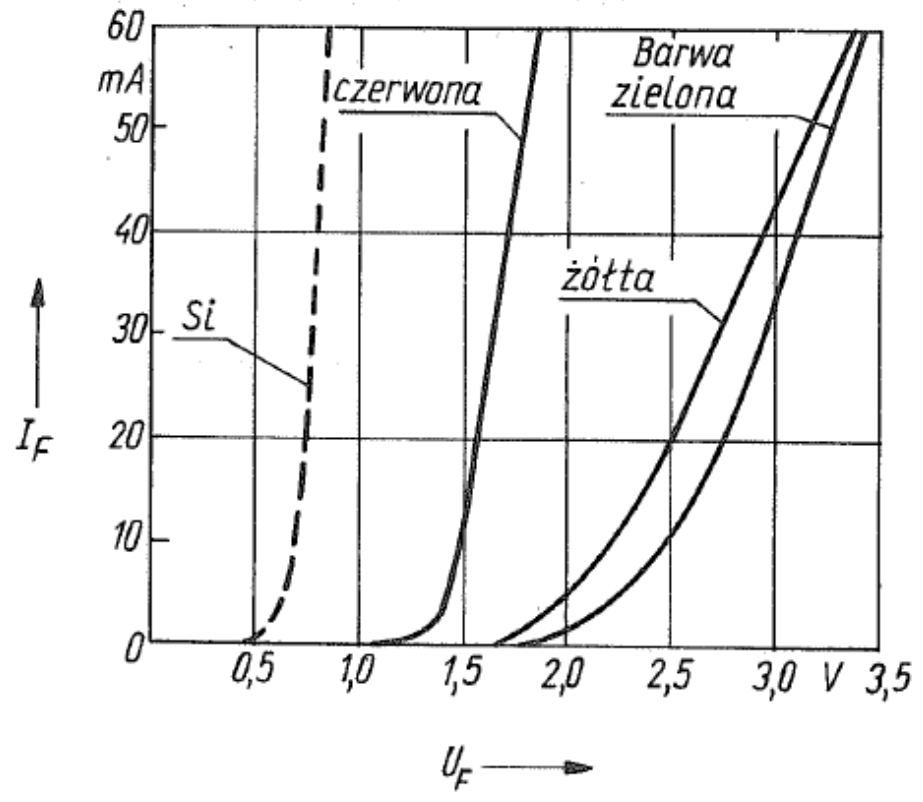


*Symbol i budowa diody LED*

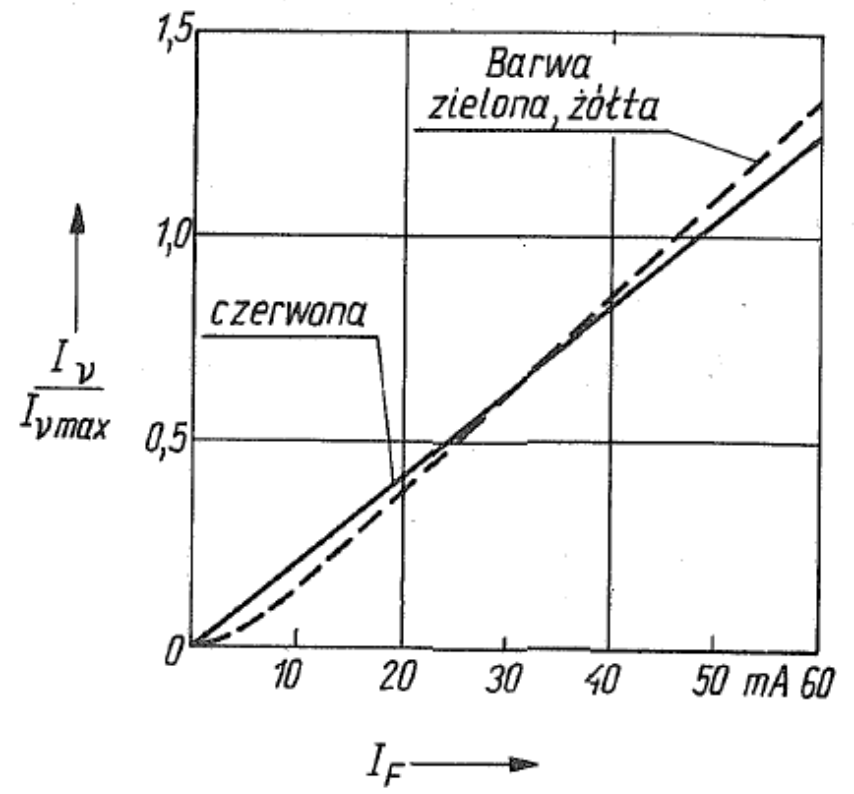


*Sposób podłączenia i zasada działania diody LED*

a)



b)



Charakterystyki diod LED

Można uzyskać efekt dwubarwnej diody, poprzez równoległe łączenie przeciwsobne dwu diod LED i różnych barwach.

Diody białe uzyskujemy poprzez odpowiednie łączenie barw RGB.

Zastosowania:

- sygnalizatory stanów pracy urządzeń
- wyświetlacze siedmiosegmentowe i mozaikowe
- wskaźniki poziomu
- elementy podświetlające
- w łączach światłowodowych
- w urządzeniach zdalnego sterowania
- w lampach LED

## Transoptory

Transoptory są układami optycznymi, w których znajduje się co najmniej jeden nadajnik i jeden odbiornik światła we wspólnej obudowie.

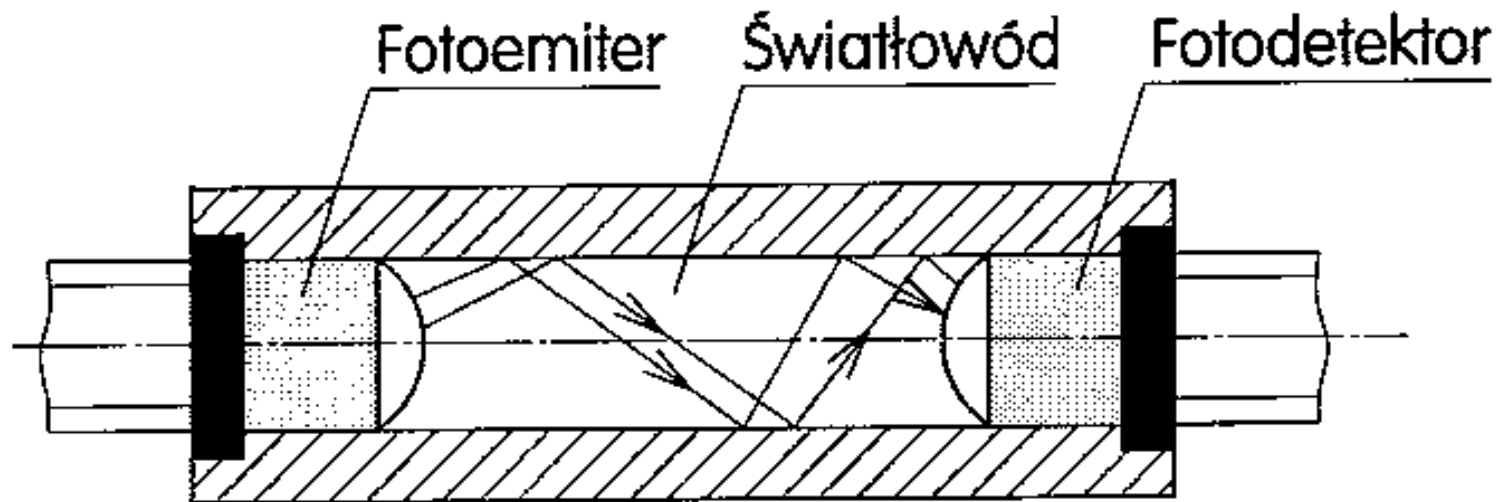
Nadajnikiem najczęściej jest dioda LED, odbiornikiem może być fotodioda, fototranzystor, fototriak czy bramka logiczna.

Jego parametry zależą od parametrów elementów składowych.

Dodatkowym parametrem jest jego wzmacnienie (przekładnia prądowa):

$$\text{CTR} = I_{wy}/I_{we}$$



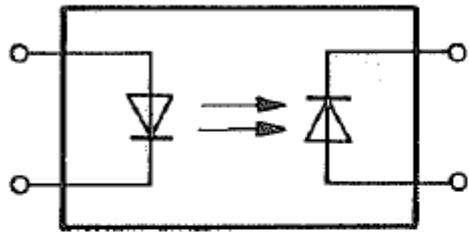


### *Budowa transoptora*

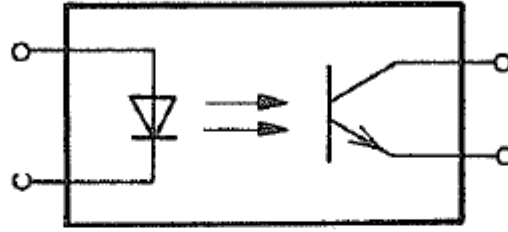
Transoptory służą do galwanicznej separacji obwodów elektrycznych.

Dzieli się je na: **refleksyjne** (fotokomórki) działające na zasadzie odbicia światła od przedmiotów i **szczelinowe**.

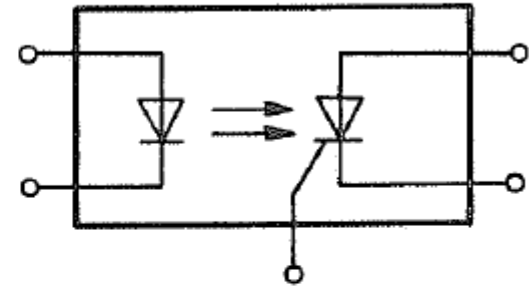
a)



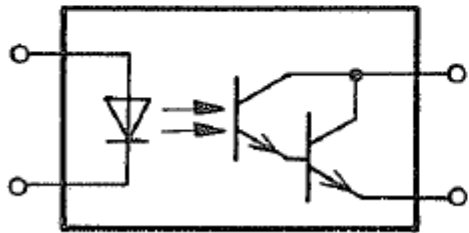
b)



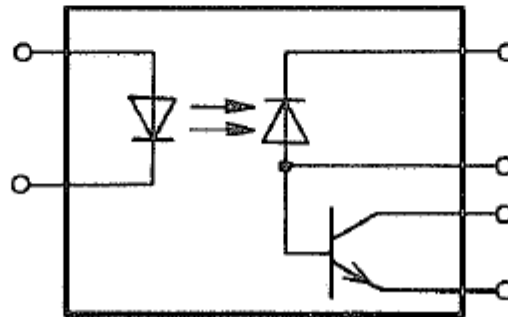
c)



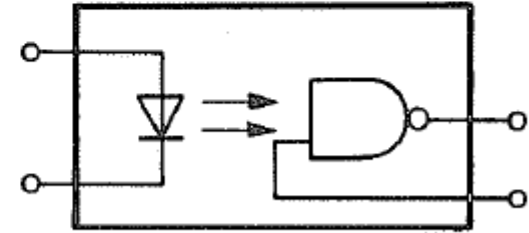
d)



e)



f)



*Rodzaje transoptorów*

## Zastosowanie:

- technika wysokich napięć
- technika pomiarowa i automatyka
- sprzęt komputerowy i telekomunikacyjny
- bezstykowe potencjometry, przełączniki, wyłączniki krańcowe
- czujniki położenia
- wskaźniki poziomu
- czytniki kodów paskowych

## Lasery półprzewodnikowe

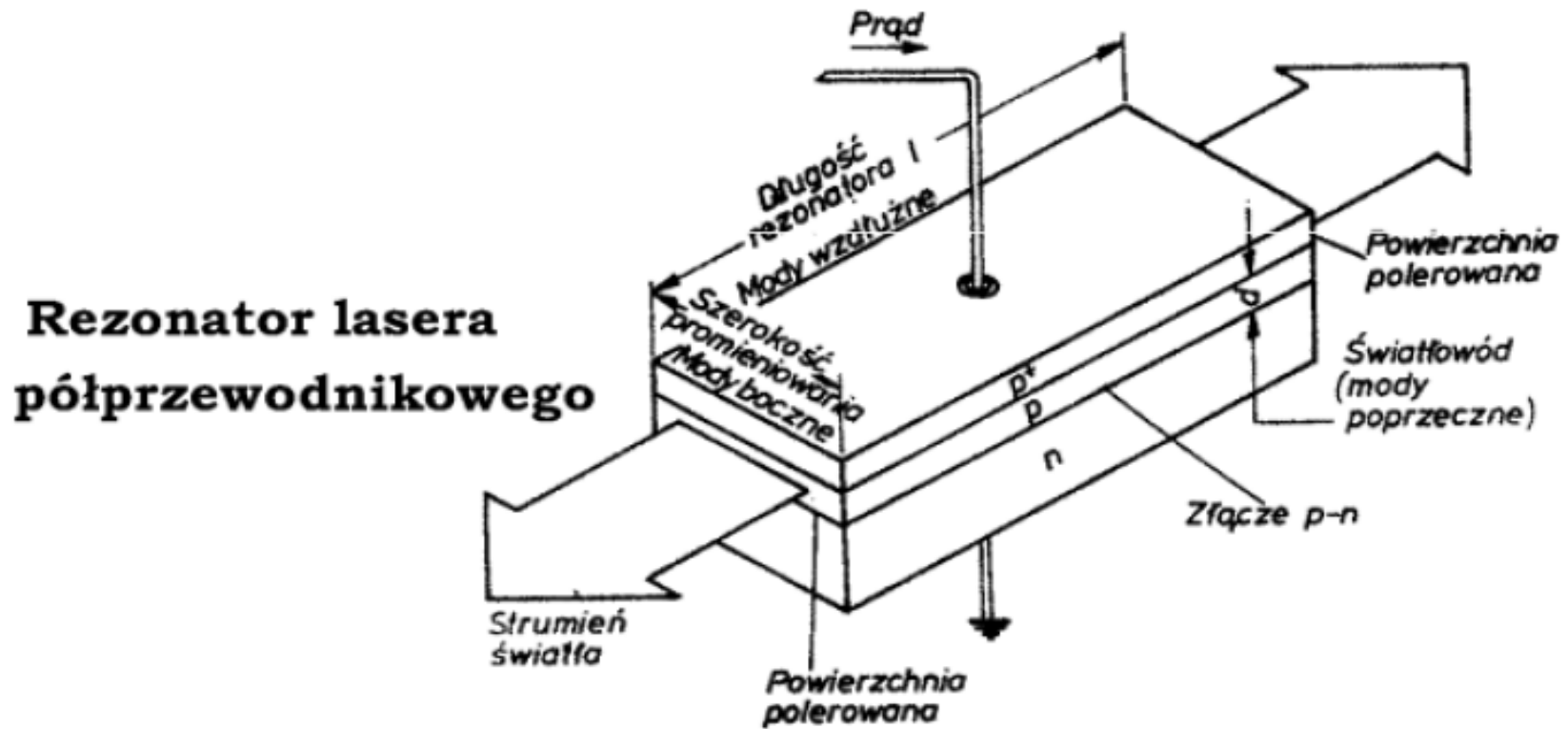
Laser jest źródłem promieniowania jednobarwnego, emitowanego w wyniku wymuszonej czynnikiemami zewnętrznymi rekombinacji nośników ładunków: dziur i elektronów, podobnie jak w diodzie elektroluminescencyjnej.

Występuje w nim dodatkowo wzmocnienie wynikające ze stymulacji emisji. Generowane światło jest znacznie silniejsze i spójne niż w diodzie LED.

Laser jest zbudowany jako płaskie złącze PN o przekroju prostokątnym, w którym krańcowe powierzchnie pełnią funkcje luster odbijających promieniowanie wytwarzane w środku złącza.

Samo promieniowanie jest wywołane prądem o dużej gęstości.

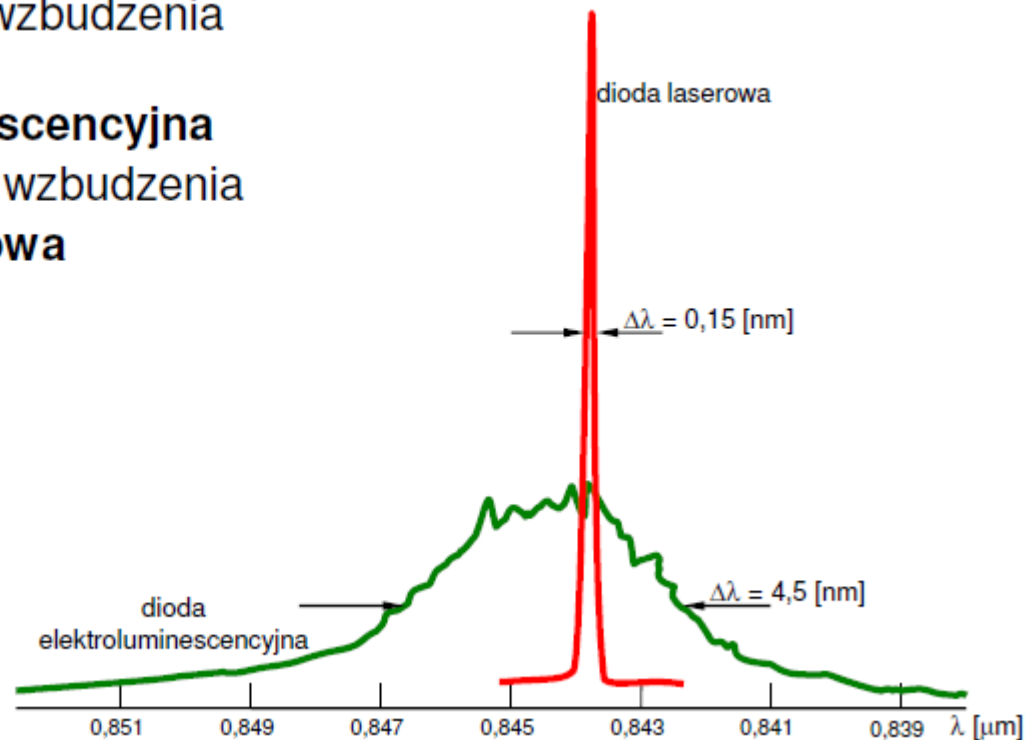
Ze względu na chłodzenie lasery są najczęściej zasilane impulsowo, w przypadku większych mocy posiadają specjalne układy chłodzenia.



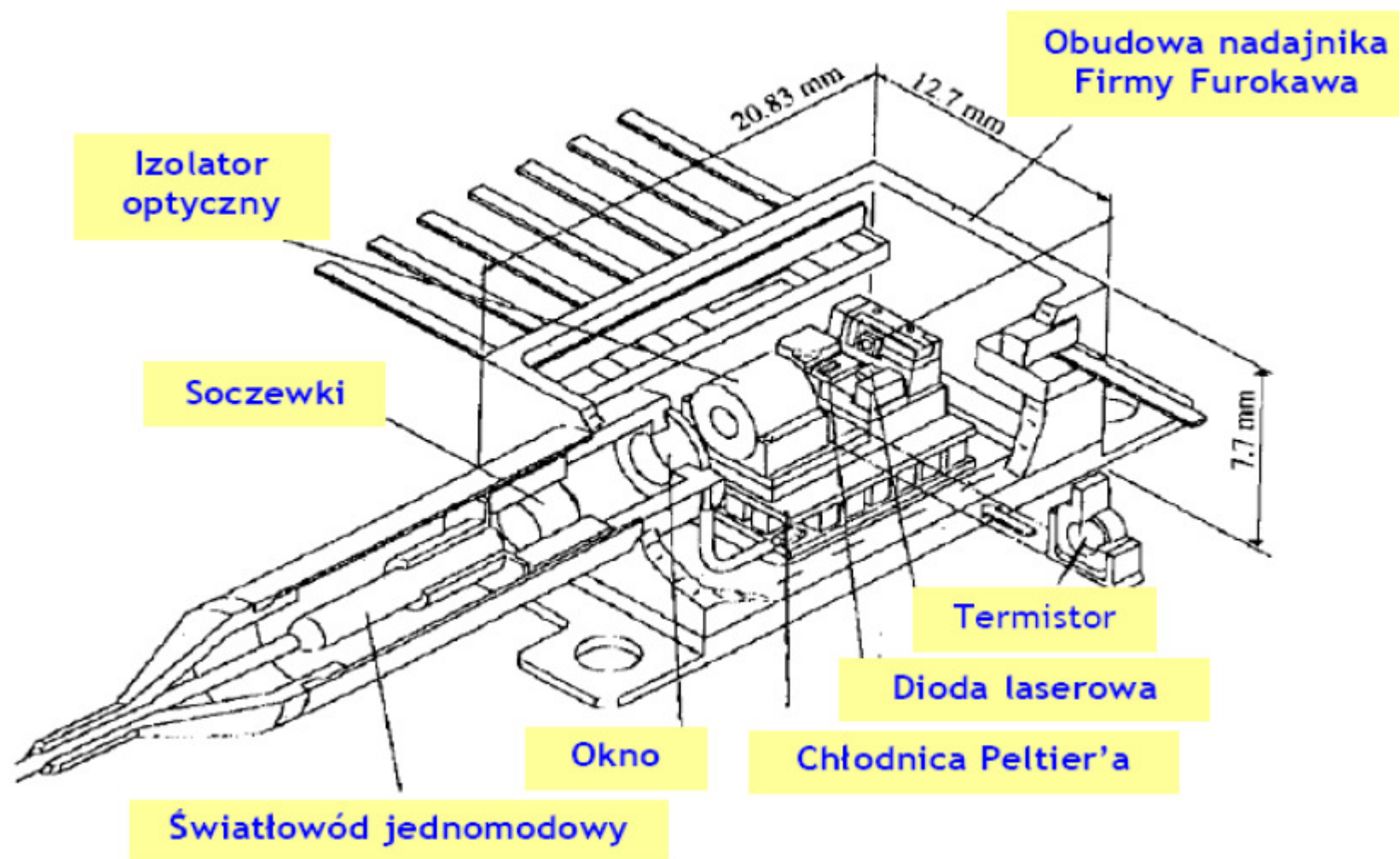
*Budowa lasera półprzewodnikowego*

Do produkcji laserów półprzewodnikowych stosuje się silnie domieszkowane arsenek galu (GaAs) lub arsenek galowo-glinowy (AlGaAs).

- poniżej progu wzbudzenia  
– dioda elektroluminescencyjna
- powyżej progu wzbudzenia  
– dioda laserowa



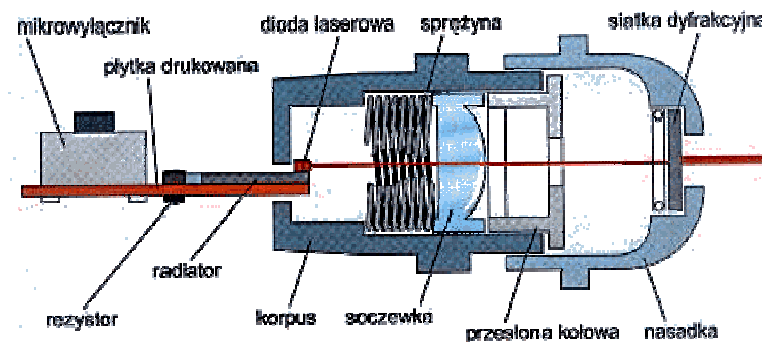
*Charakterystyki widmowe lasera półprzewodnikowego*



*Nadajnik laserowy do współpracy ze światłowodem*

## Zastosowania:

- czytniki kodów kreskowych
- mierniki do pomiaru odległości, lub prędkości
- wskaźniki i celowniki laserowe
- układy alarmowe i zdalnego sterowania
- napędy i nagrywarki CD, DVD, Blu Ray
- urządzenia medyczne
- myszy komputerowe





Literatura:

J.Nowicki „Podstawy elektrotechniki i elektroniki dla ZSN” WSiP 1999

A.Chochowski „Podstawy elektrotechniki i elektroniki dla elektryków”  
cz. 2. WSiP 2011