Diody

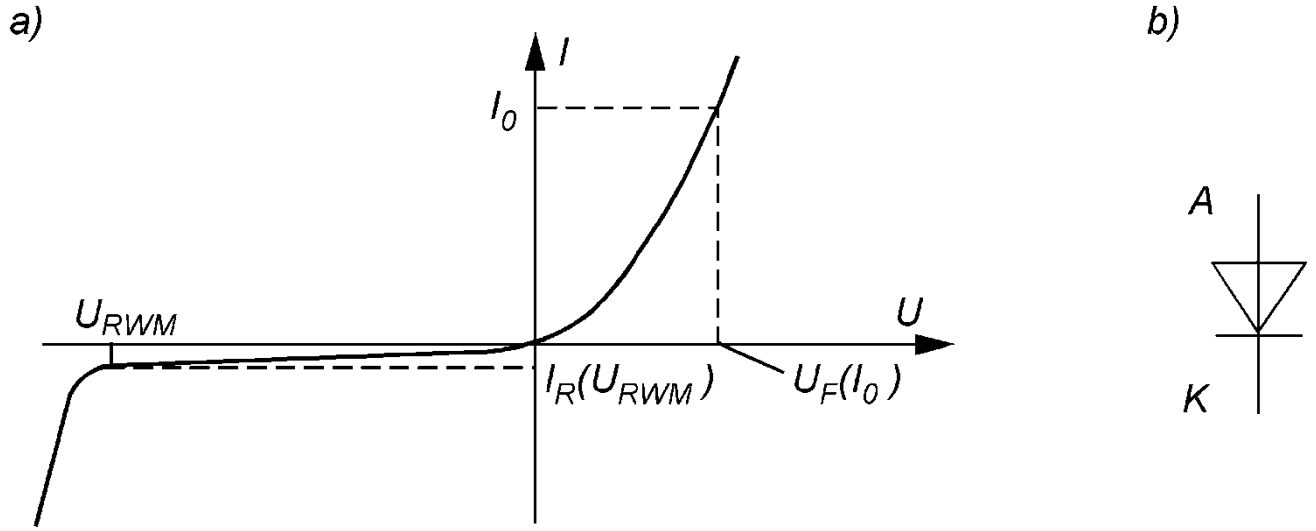
DIODY PROSTOWNICZE

Są to diody przeznaczone do prostowania prądu przemiennego.

Zjawisko prostowania: przepuszczanie przez diodę prądu w jednym kierunku, wtedy gdy chwilowa polaryzacja diody jest w kierunku przewodzenia, i nieprzepuszczaniu prądu, gdy chwilowa polaryzacja diody jest w kierunku zaporowym

Polaryzacja w kierunku przewodzenia: na anodzie diody napięcie jest wyższe niż na katodzie

Polaryzacja w kierunku zaporowym: anodzie diody napięcie jest niższe niż na katodzie



a) charakterystyka prądowo-napięciowa diody prostowniczej b) symbol diody prostowniczej; A - anoda, K - katoda

$U_F(I_0)$ - napięcie przewodzenia przy określonym prądzie przewodzenia I_0

U_{RWM} - szczytowe napięcie wsteczne

$I_R(U_{RWM})$ - prąd wsteczny przy szczytowym napięciu wstecznym

Mocy admisyjna (rozproszona) diody

Wielkość mocy admisyjnej określa jaką moc dioda może wypromieniować (rozproszyć) w postaci ciepła, aby nie uległo uszkodzeniu złącze diody

$$P_a = \frac{T_j - T_a}{R_{th}}$$

R_{th} - rezystancja cieplna

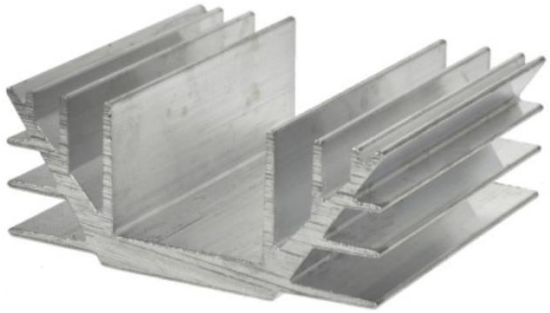
Rezystancję cieplną ciała określa się jako iloraz różnicy temperatur pomiędzy dwoma punktami tego ciała i mocy, która wywołała tę różnicę temperatur

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{P}\left[\frac{^oC}{W}\right]$$

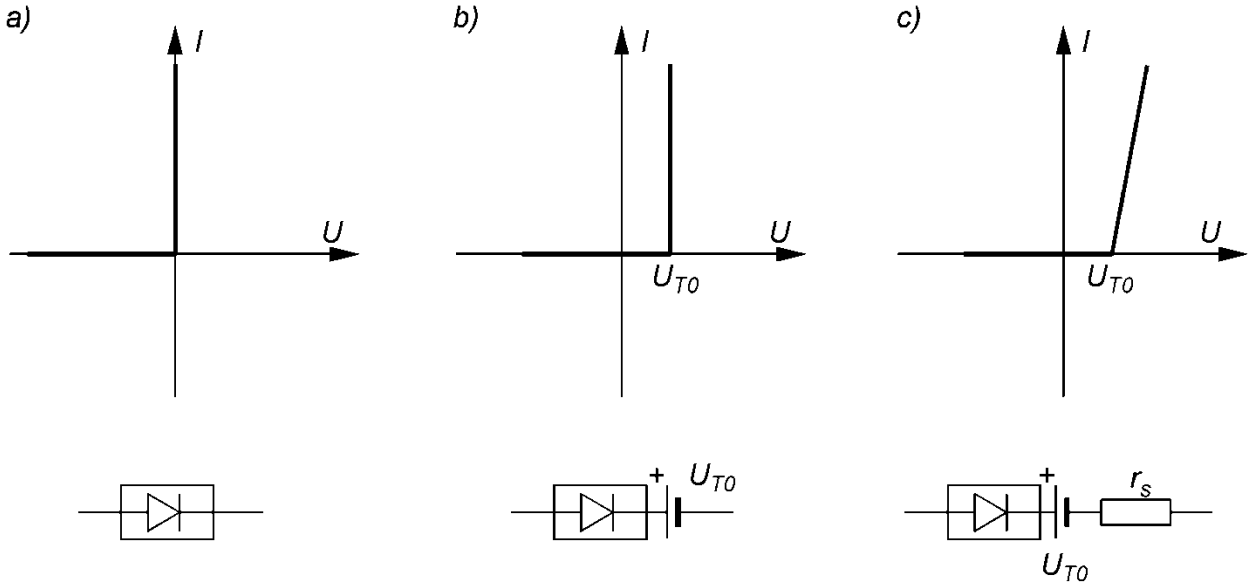
T_j - temperatura złącza, T_a - temperatura otoczenia

Diody prostownicze ze względu na moc admisyjną dzieli się na:

- małej mocy $P_a < 1$ W
- średniej mocy 1 W $< P_a < 10$ W
- dużej mocy $P_a > 10$ W



Aby zwiększyć moc admisyjną mocuje się diody na radiatorach



Modele diody prostowniczej (odcinkami liniowe): a) dioda idealna, b) model z uwzględnieniem napięcia progowego, c) model z uwzględnieniem napięcia progowego i rezystancji szeregowej

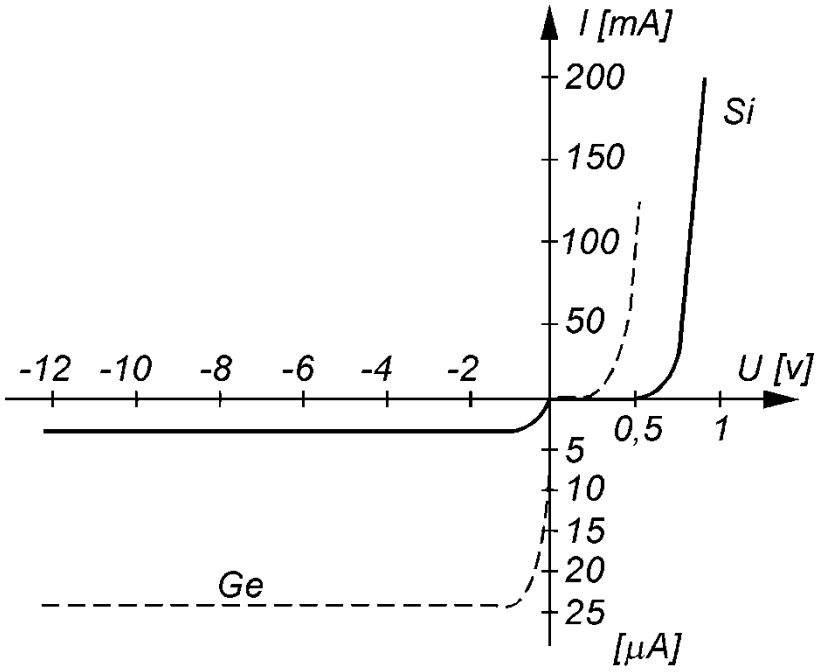
Typowymi zastosowania diod prostowniczych:
układy prostowników napięcia przemiennego

tu omawia się: *Diody w zasilaniu trakcyjnym* – materiał dodatkowy

DIODY UNIWERSALNE

Są to diody germanowe i krzemowe charakteryzujące się niewielkim zakresem napięć (do 100 V) i prądów (do 100 mA) oraz częstotliwością pracy ograniczoną do kilkudziesięciu megaherców.

Przeznaczone są głównie do stosowania w układach detekcyjnych i prostowniczych małej mocy.



Porównanie charakterystyk diody krzemowej i germanowej.
Uwaga: nieciągłość skali na obu osiach

Ge

Diody germanowe mają niższe napięcie progowe (0,2-0,3 V) niż diody krzemowe (0,6-0,7 V).

W zakresie polaryzacji w kierunku przewodzenia charakterystyka diod germanowych jest bardziej zbliżona do charakterystyki diody idealnej.

Zastosowanie uniwersalnych diod germanowych: z uwagi na niższe napięcie progowe stosowane w układach detekcji odbiorników

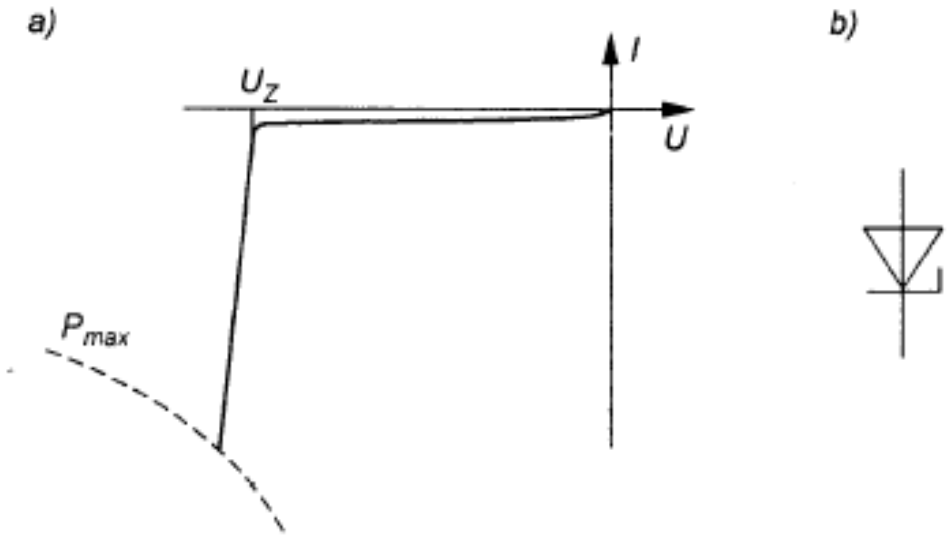
Si

Dioda krzemowa w zakresie polaryzacji w kierunku zaporowym ma mniejszy prąd nasycenia, przez co jest lepszym przybliżeniem diody idealnej.

Zastosowanie uniwersalnych diod krzemowych: prostowanie sygnału bardzo małej mocy.

DIODY ZENERA

Są to diody półprzewodnikowe, których typowy obszar pracy znajduje się na odcinku charakterystyki prądowo-napięciowej, w którym następuje gwałtowny wzrost prądu przy polaryzacji zaporowej.



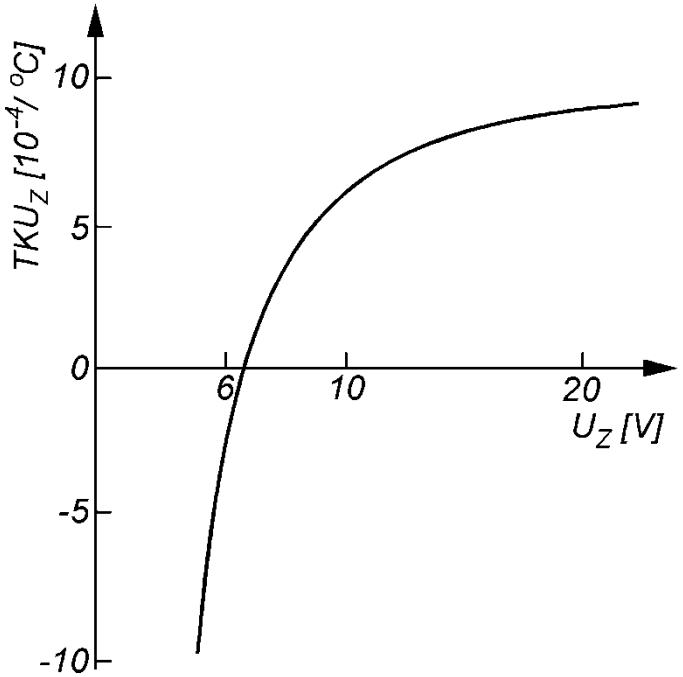
a) charakterystyka prądowo-napięciowa diody Zenera, b) symbol graficzny

U_Z - napięcie Zenera

$P_{max} = U_Z I_{Z max}$ - maksymalna moc strat określająca przebieg hiperboli mocy admisyjnej

Temperaturowy współczynnik napięcia Zenera

$$TKU_Z = \frac{1}{U_Z}\left.\frac{dU_Z}{dT}\right|_{I_Z=\text{const}}$$



Zależność współczynnika TKU_Z dla diod o różnych napięciach Zenera

przyjmuje wartości:

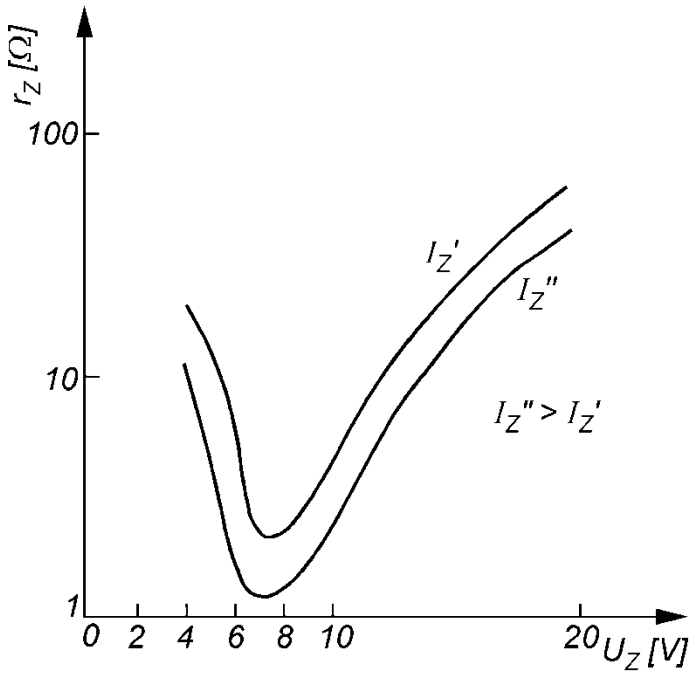
-ujemne dla diod, w których gwałtowny wzrost prądu spowodowany jest zjawiskiem Zenera (U_Z<5V),

- dodatnie dla diod, w których występuje zjawisko powielania lawinowego (U_Z>7V)

- jest bliski zera, gdy oba zjawiska występują jednocześnie

$$U_Z = 5 \div 7V$$

Rezystancja dynamiczna



Zależność rezystancji dynamicznej r_Z od napięcia Zenera U_Z dla dwóch wartości prądu stabilizacji

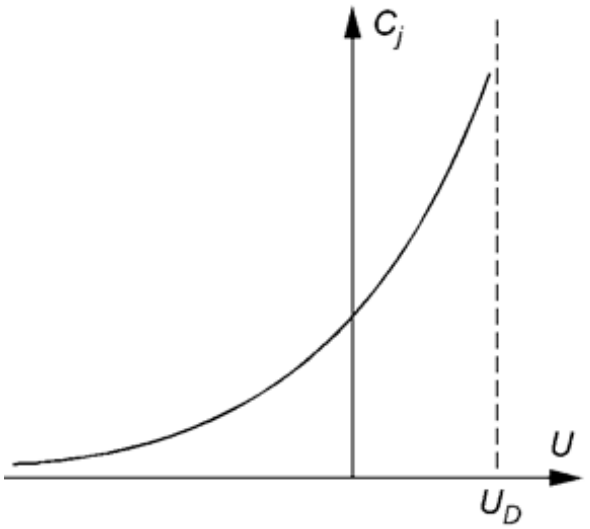
$$r_Z = \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$$

Minimum rezystancji dynamicznej występuje w diodach w których wzrost prądu w zakresie przebicia następuje na skutek łącznego działania zjawiska powielania lawinowego i Zenera

Diody Zenera przeznaczone są do stosowania w układach stabilizacji napięć, układach ograniczników lub jako źródło napięć referencyjnych (odniesienia).

DIODY POJEMNOŚCIOWE

Są to diody, w których wykorzystuje się zjawisko zmian pojemności warstwy zaporowej złącza p-n pod wpływem polaryzacji w kierunku zaporowym.



Parametry:

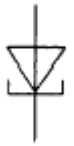
- pojemność maksymalna - pojemność złącza Cj przy określonej częstotliwości i napięciu polaryzacji wstecznej $U_R=0$

- stosunek pojemności Cj przy napięciu polaryzacji wstecznej $U_R=0$ i $U_R=U_{Rmax}$

Diody pojemnościowe stosuje się do sterowania napięciowego częstotliwością rezonansową obwodu elektrycznego, do budowy generatorów przestrajanych napięciowo.

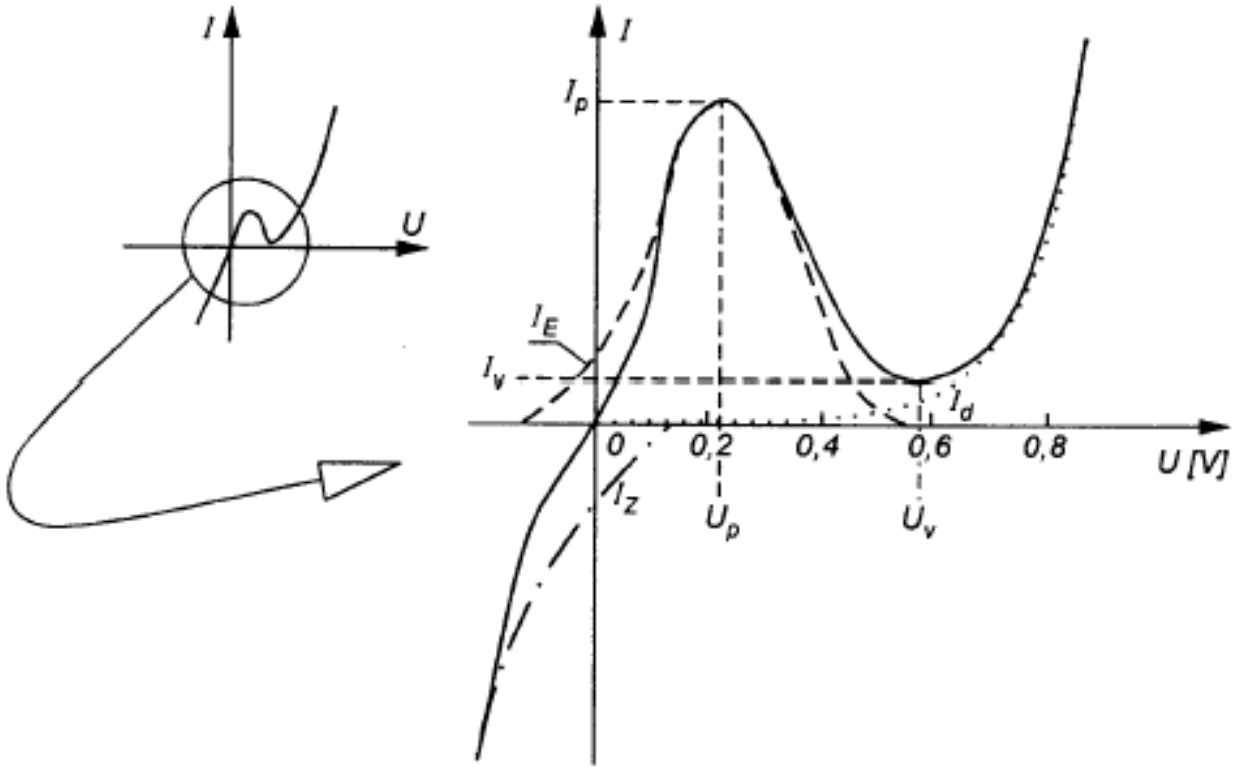
Szerokie zastosowania w radiotechnice np. w generatorach o regulowanej częstotliwości, nadajnikach z modulacją częstotliwości, układach automatycznego dostrojenia.

DIODY TUNELOWE



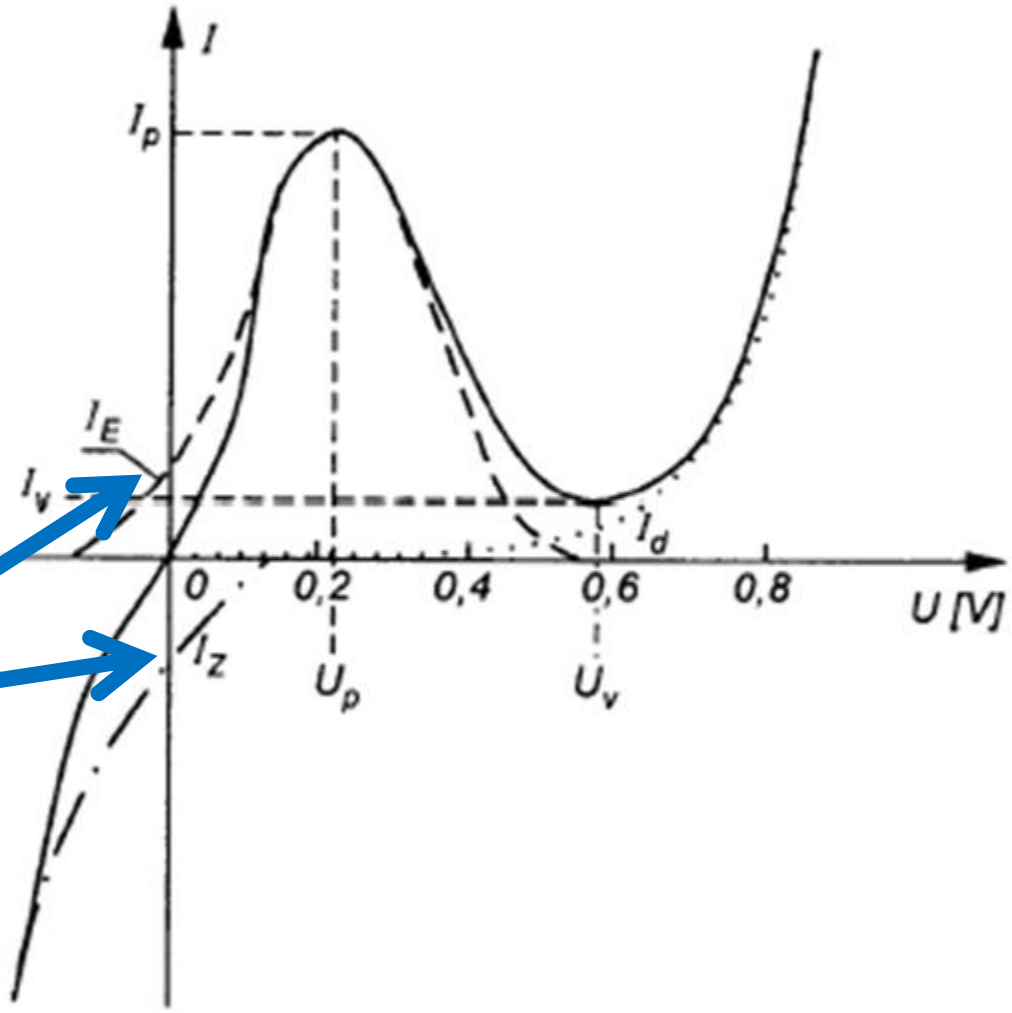
Są to diody, których charakterystyka prądowo-napięciowa przy polaryzacji w kierunku przewodzenia mają odcinek o ujemnej rezystancji dynamicznej

Złącza p-n tych diod są silnie domieszkowane.
Warstwa zaporowa jest bardzo cienka (ok. 10 nm) i natężenie pola elektrycznego jest bardzo duże.
W tych warunkach: jednakowe prawdopodobieństwo przejścia elektronu z pasma podstawowego do pasma przewodnictwa (prąd Zenera) i odwrotnie (prąd Esakiego).
W stanie równowagi przy braku polaryzacji złącza prąd Zenera jest równy prądowi Esakiego, zatem $I_Z+I_E=0$.
Przy polaryzacji zaporowej prąd Zenera przeważa nad prądem Esakiego.
Przy polaryzacji w kierunku przewodzenia prąd Esakiego w początkowym zakresie dominuje osiągając największą wartość w punkcie wierzchołka (I_p, U_p). Następnie prąd Esakiego maleje.
Jednocześnie rośnie prąd dyfuzji nośników większościowych.
Osiągany jest punkt doliny (I_v, U_v).
Charakterystycznym parametrem diody tunelowej jest stosunek I_p/I_v.

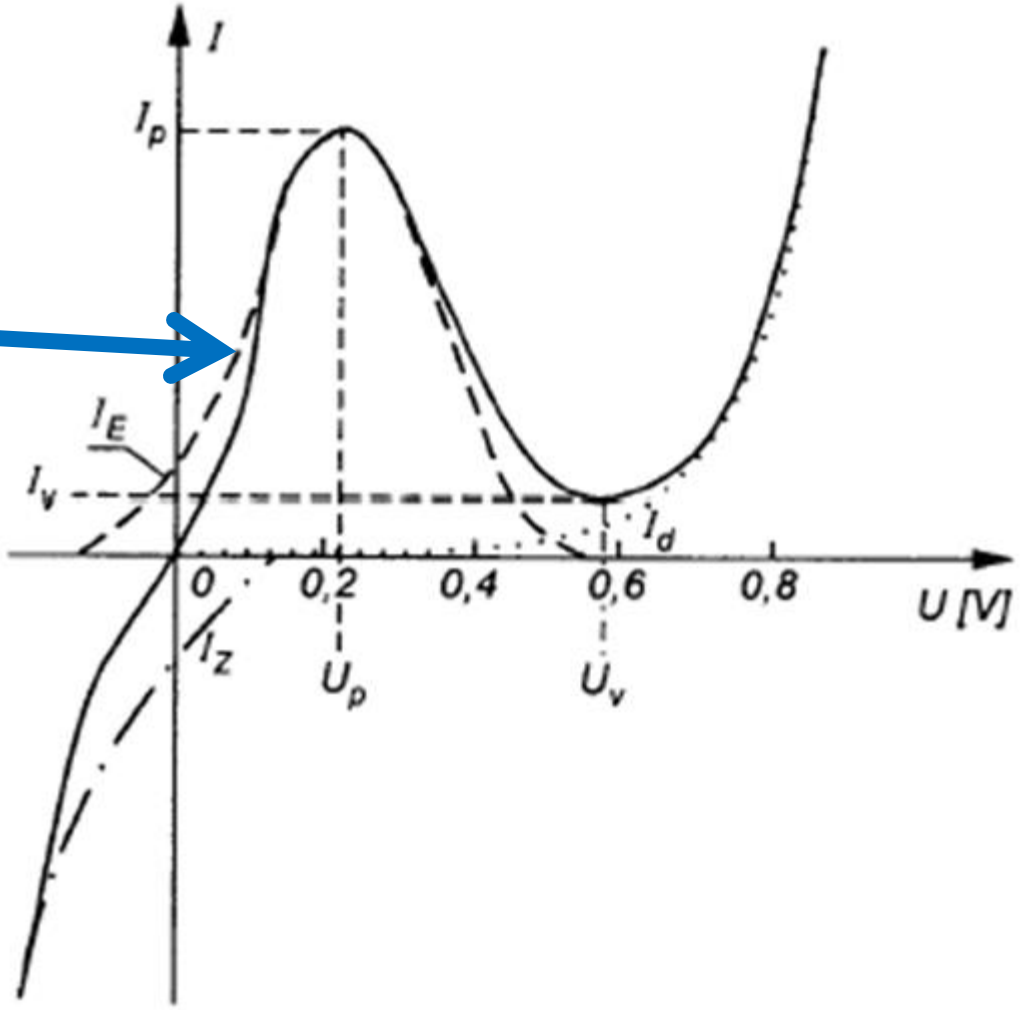


Charakterystyka prądowo-napięciowa diody tunelowej (linia ciągła) i charakterystyka trzech prądów składowych:
I_Z - prąd Zenera,
I_E - prąd Esakiego,
I_d - prąd dyfuzji nośników większościowych

W stanie równowagi przy braku polaryzacji złącza prąd Zenera jest równy prądowi Esakiego, zatem $I_Z+I_E=0$.

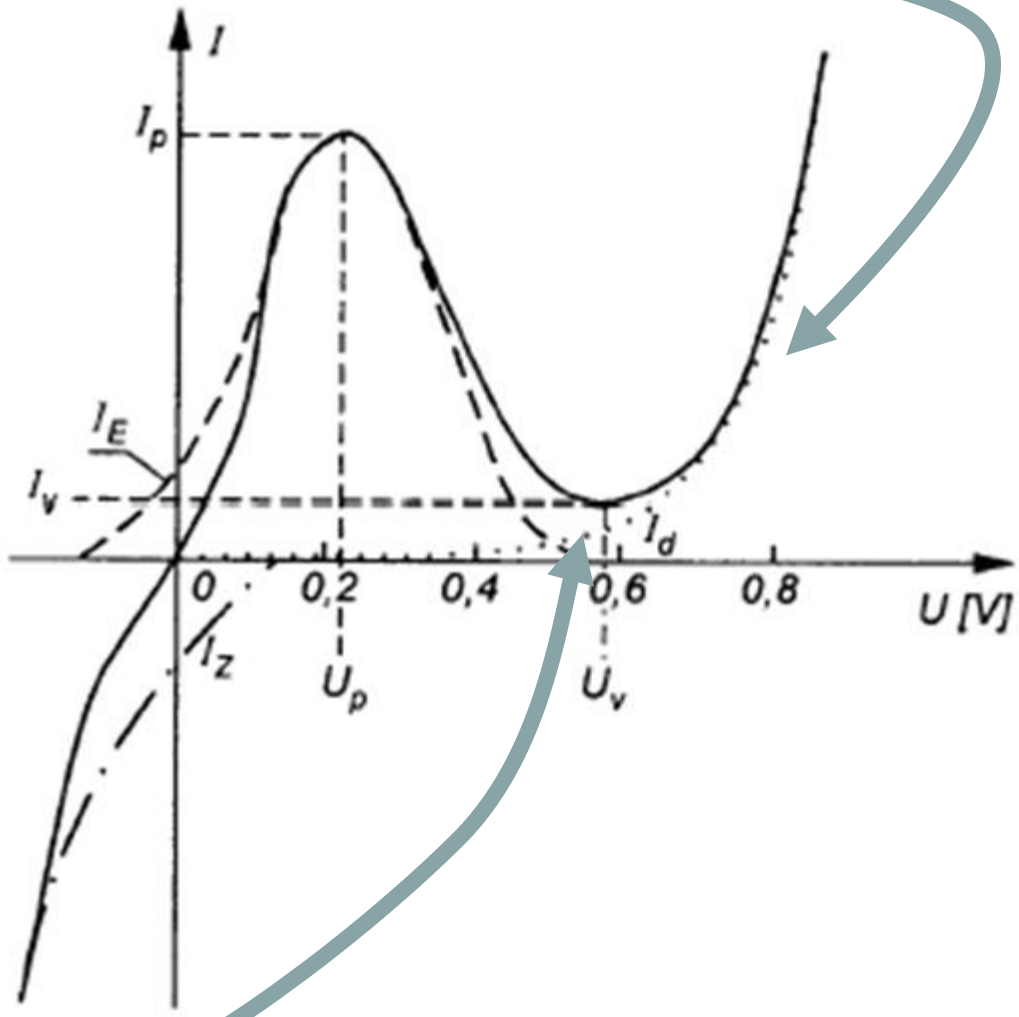


Przy polaryzacji w kierunku przewodzenia prąd Esakiego w początkowym zakresie dominuje osiągając największą wartość w punkcie wierzchołka (I_p, U_p). Następnie prąd Esakiego maleje.



Następnie rośnie prąd dyfuzji nośników większościowych.

Osiągany jest <u>punkt doliny</u> (I_v, U_v).



Najbardziej interesujący odcinek charakterystyki diody – gdy napięcie na diodzie rośnie, a prąd przez nią płynący maleje.

Jest to odcinek o ujemnej rezystancji dynamicznej.

średnia rezystancja dynamiczna

$$r_d = (U_v - U_p) / (I_v - I_p)$$

Zastosowania diody tunelowej:
ujemny zakres wartości rezystancji dynamicznej oraz mała bezwładność zjawisk tunelowych powoduje, że jest ona stosowana w generatorach pracujących w zakresie bardzo wysokich częstotliwości rzędu gigaherców.

DIODY SCHOTTKY'EGO

Są to diody, w których wykorzystuje się właściwości prostujące złącza metal-półprzewodnik.

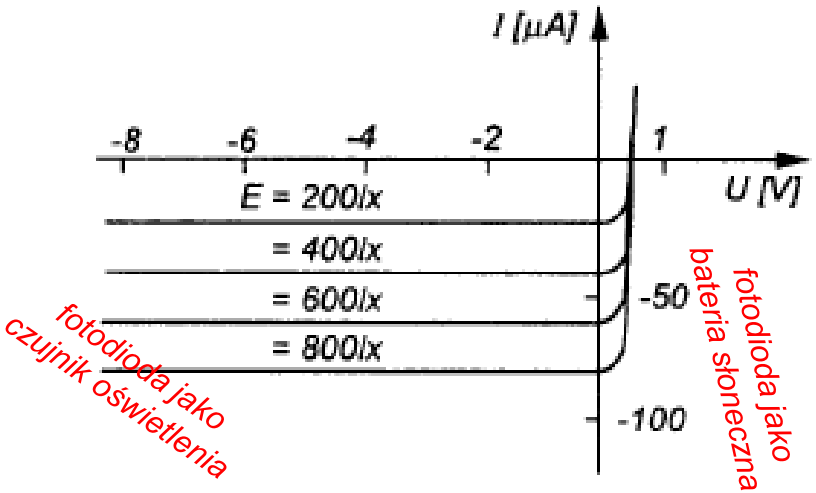
Odpowiednio dobrane materiał półprzewodnikowy i metal mogą utworzyć złącze o charakterystyce prądowo-napięciowej podobnej do charakterystyki złącza p-n.

Cechy charakterystyczne:
• mniejszy spadek napięcia w kierunku przewodzenia.
dla złącza krzemowego p-n wynosi ono 0,7 V,
dla złącza metal-półprzewodnik 0,4 - 0,5 V

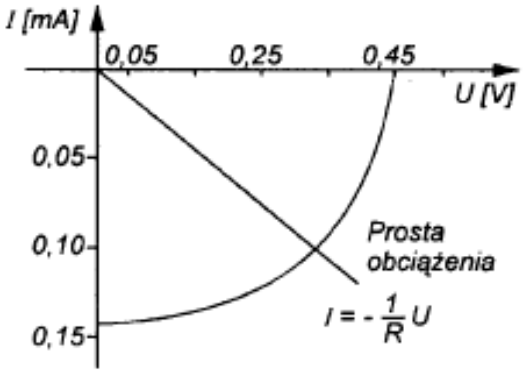
• natychmiastowe odprowadzanie nośników wstrzykniętych z półprzewodnika do metalu - umożliwia to pracę diody Schottky'ego w zakresie bardzo wielkich częstotliwości.

FOTODIODY

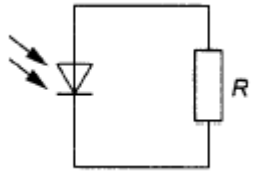
Są to diody, których parametry elektryczne zależą od padającego promieniowania świetlnego.
Umieszczane są w specjalnych obudowach z przezroczystym oknem.



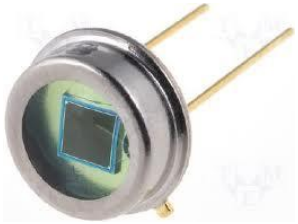
charakterystyka prądowo-napięciowa fotodiody dla różnych natężeń oświetlenia



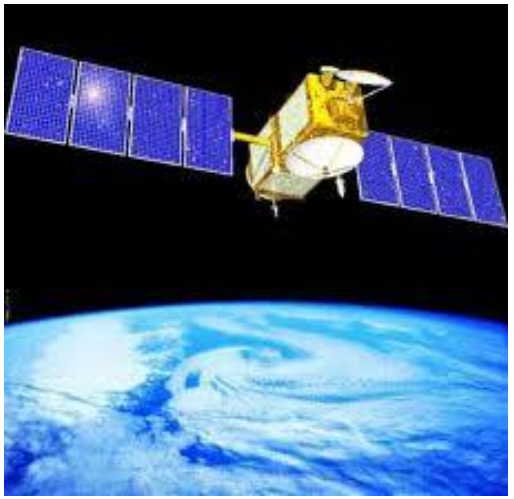
praca fotodiody jako baterii słonecznej: charakterystyka baterii słonecznej z zaznaczeniem prostej obciążenia



schemat połączenia fotodioda-obciążenie



Baterie słoneczne w technice satelitarnej

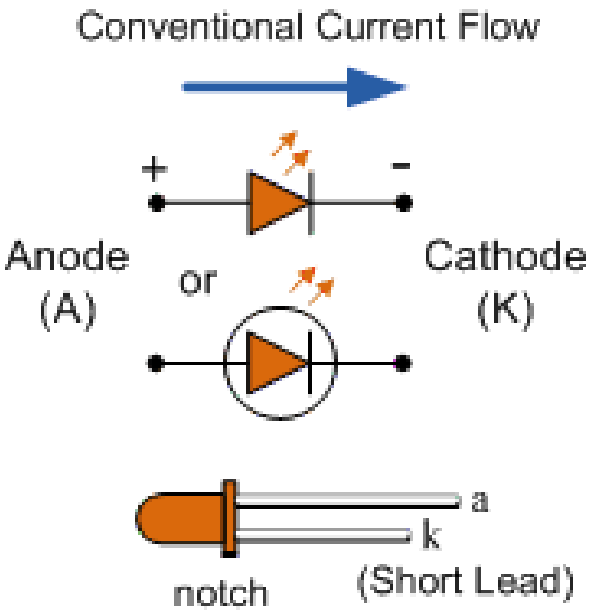


DIODY ELEKTROLUMINESCENCYJNE

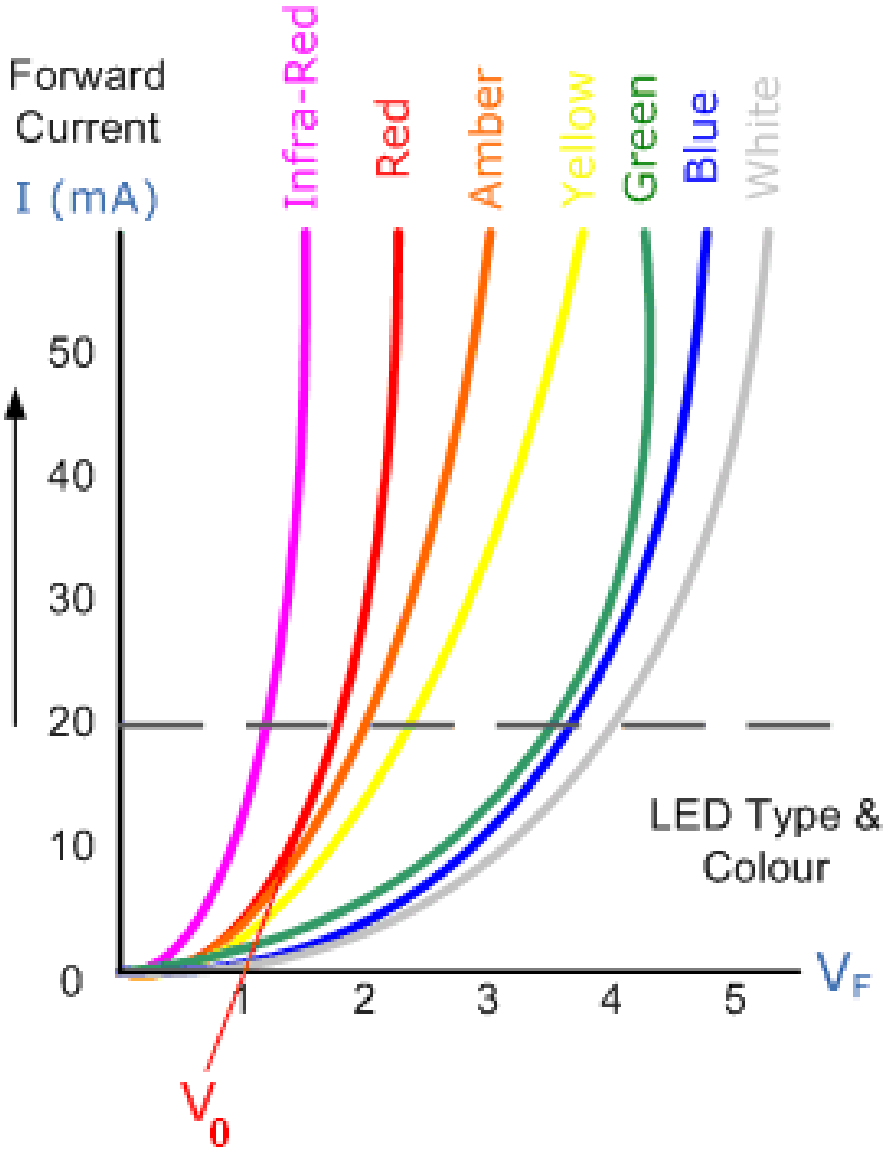
LED (ang. *Light Emitting Diode*)

Są diodami emitującymi promieniowanie świetlne, gdy przepływa przez nie prąd przewodzenia.
W złączu spolaryzowanym w kierunku przewodzenia następuje proces rekombinacji elektronów i dziur z wydzieleniem pewnej porcji energii.
W krzemie energia ta przekazywana jest sieci krystalicznej półprzewodnika nagrzewając kryształ.
W innych półprzewodnikach wydziela się w postaci promieniowania świetlnego.

Obudowa diody ma okno lub soczewkę przepuszczającą promieniowanie świetlne



LED and its
I-V Characteristics



Natężenie promieniowania zależy od wartości prądu przewodzenia.
Już przy prądzie kilku mA widoczne jest wyraźne świecenie.

Charakterystyka prądowo-napięciowa diody elektroluminescencyjnej ma kształt charakterystyki złącza p-n.

Napięcia przebicia tych diod są niewielkie (kilka woltów).

Spadki napięcia w kierunku przewodzenia zależą od zastosowanego materiału półprzewodnikowego i są w granicach 1,3 - 5 V

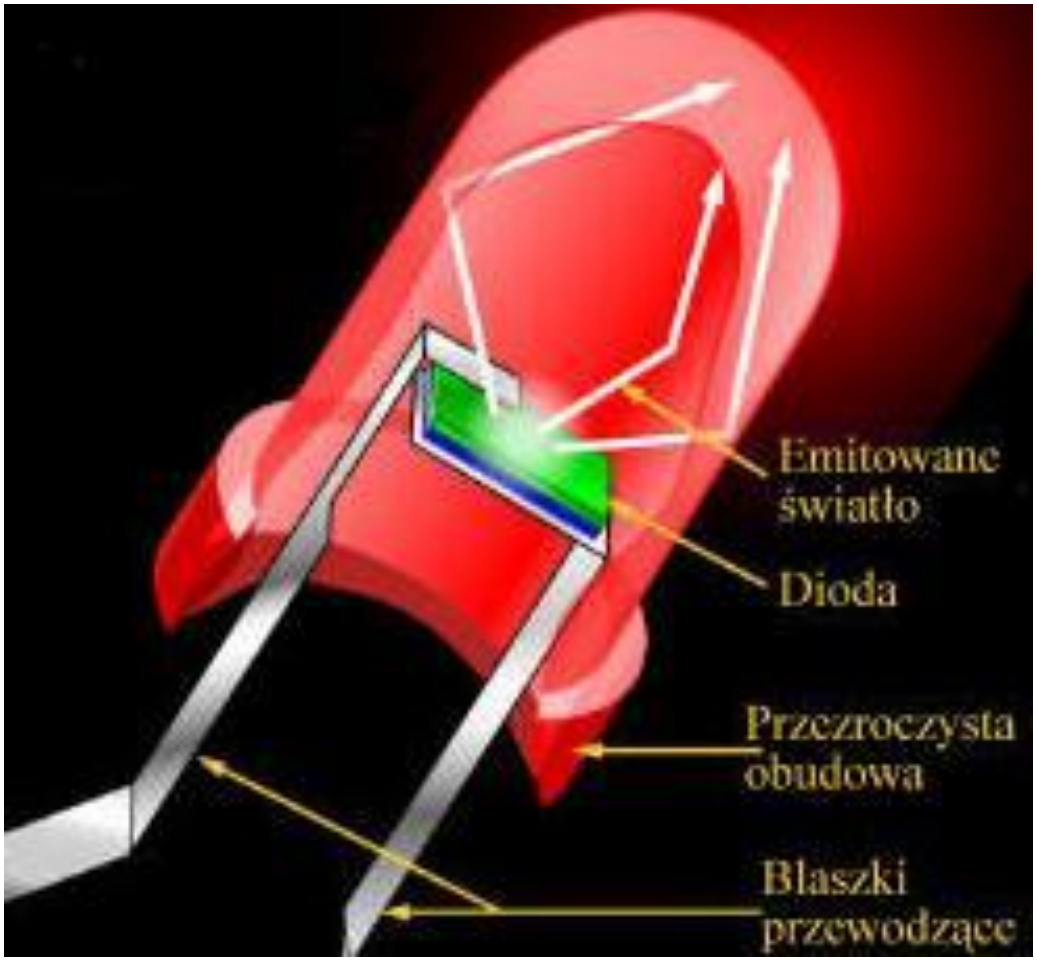
Długości fali zależy od szerokości pasma zabronionego.

Szerokość pasma zabronionego jest cechą określonego rodzaju półprzewodnika.

O barwie emitowanego światła decyduje rodzaj półprzewodnika użytego do budowy diody:

arsenek galu - dioda na podczerwień
arsenofosfork galu - światło czerwone
fosforek galu - światło zielone
azotek galu – światło niebieskie

Diody LED – otrzymywanie światła białego



otrzymywanie światła białego w diodach LED

Wykorzystywanie podstawowego praw kolorymetrii:

sumowania addytywnego podstawowych barw światła

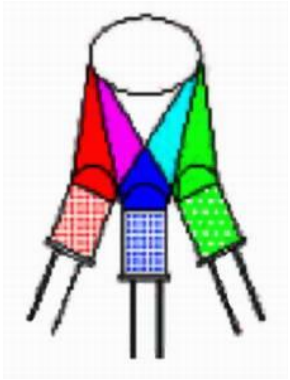
G

B

R

Pierwszy sposób

Mieszanie światła w diodach LED



w jednej obudowie 3 chipy LED

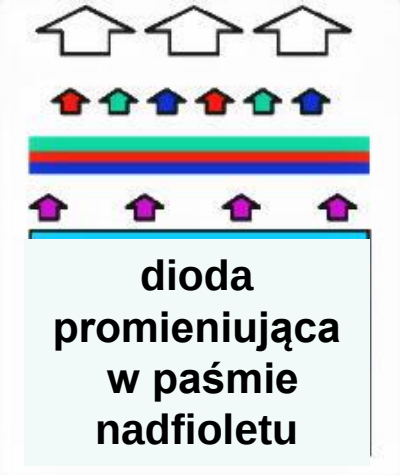
LED czerwony, zielony i niebieski

Każda z diod wymaga osobnego obwodu zasilającego ustalającego odpowiedni punkt pracy.

wykorzystuje się mikroprocesory, które wysterowują diody i celem uzyskaniem światła o pożądanych parametrach

Konwersja światła w diodach LED

Drugi sposób



dioda LED promieniuje w paśmie nadfioletu na luminofor

Luminofor pokrywający chip diody ma trzy warstwy:
każda realizuje konwersję światła ultrafioletowego na jedną z trzech barw podstawowych.

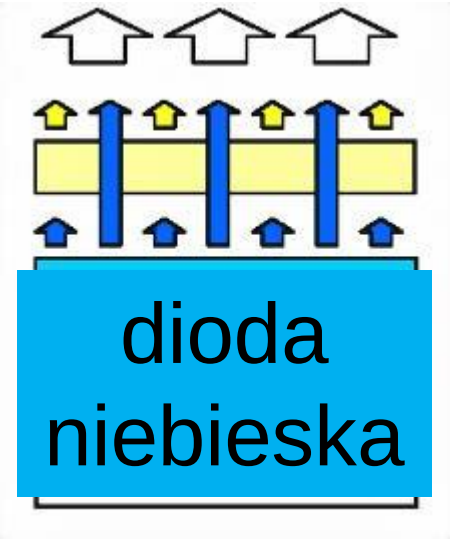
Dalej następuje wymieszanie się barw i w efekcie otrzymujemy kolor biały

Wady
Szczątkowe promieniowanie ultrafioletowe.
Mała odporność obudów na promieniowanie ultrafioletowe.
Szkodliwe dla zdrowia.

Metoda hybrydowa

Trzeci sposób

łączy zalety obu poprzednich



Wzbudzenie żółtego luminoforu za pomocą światła diody niebieskiej.

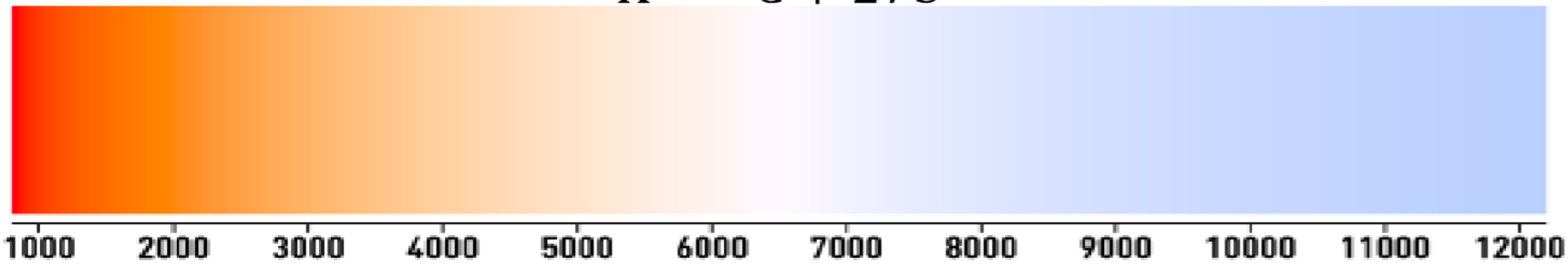
Światło niebieskie jest częściowo przepuszczane, a częściowo pochłaniane poprzez luminofor.
Dokonuje się mieszanie barw niebieskiej i żółtej, co w efekcie daje barwę białą *(światło o barwie żółtej to suma addytywna barwy czerwonej i zielonej).*

Metoda hybrydowa najpowszechniej stosowana

przypomnienie z fizyki (kolorymetria)

Temperatura barwowa ciała doskonale czarnego

$$K = {}^{\circ}C + 273$$



temperatura barwowa od 2000 do 3000 K - „ciepłe kolory”
2000 K – płomień świecy, 2700 - 2800 K - włókno klasycznej żarówki,
3300-5300 K - „zimna biel”, powyżej 5300 K - „światło dzienne”
5800 K – słońce w południe

4. Diody

K O N I E C