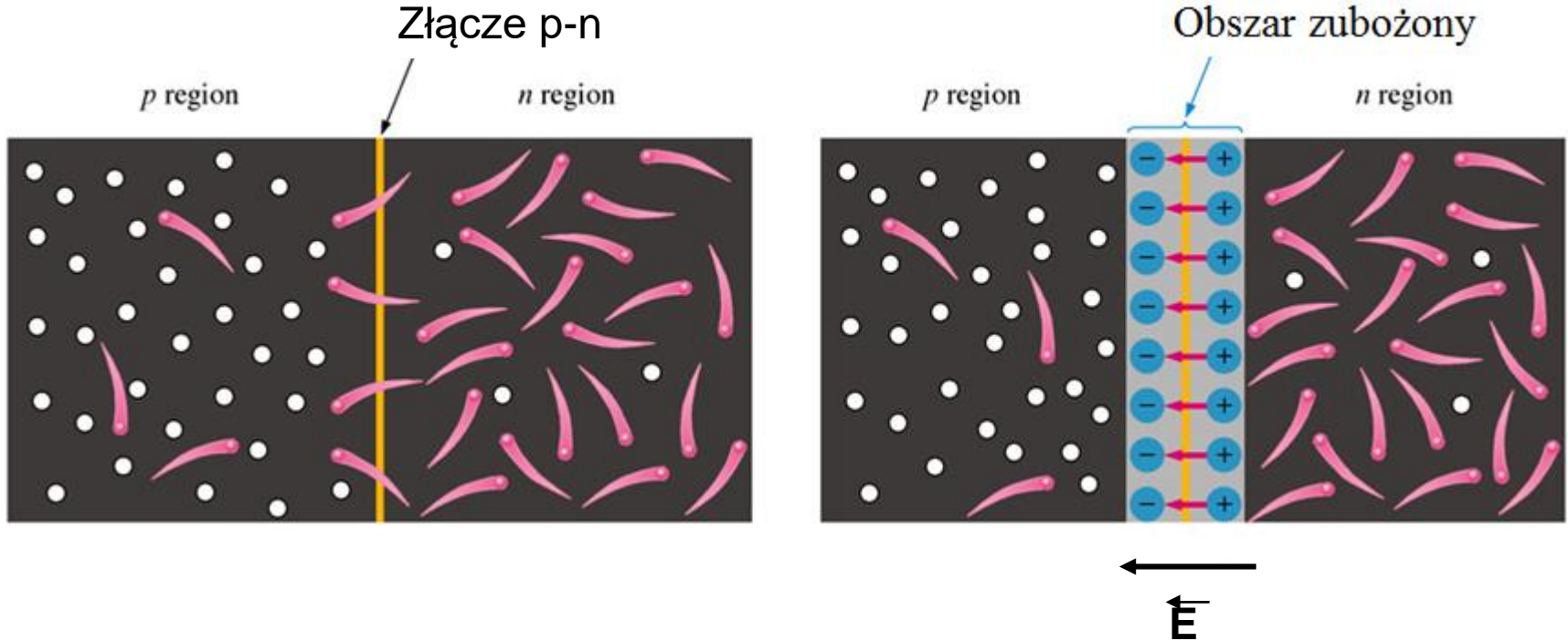


Wykład VIIa

**Złącza półprzewodnikowe -
przyrządy półprzewodnikowe**



Złącze p-n



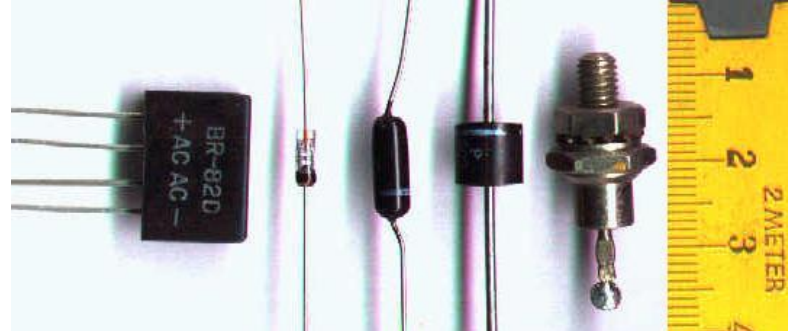
Tworzy się złącze p-n

Złącze po utworzeniu

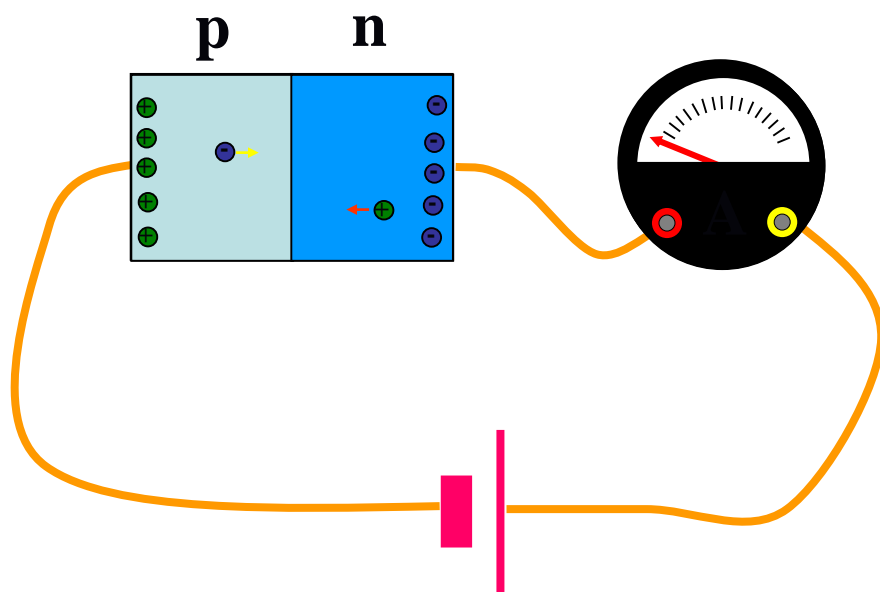
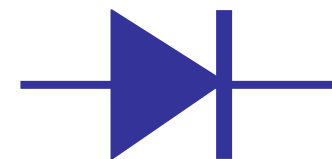
Pole elektryczne na styku dwóch półprzewodników powoduje, że prąd łatwo płynie w jednym kierunku a przepływ w drugim kierunku jest utrudniony.



Złącze p-n dioda półprzewodnikowa

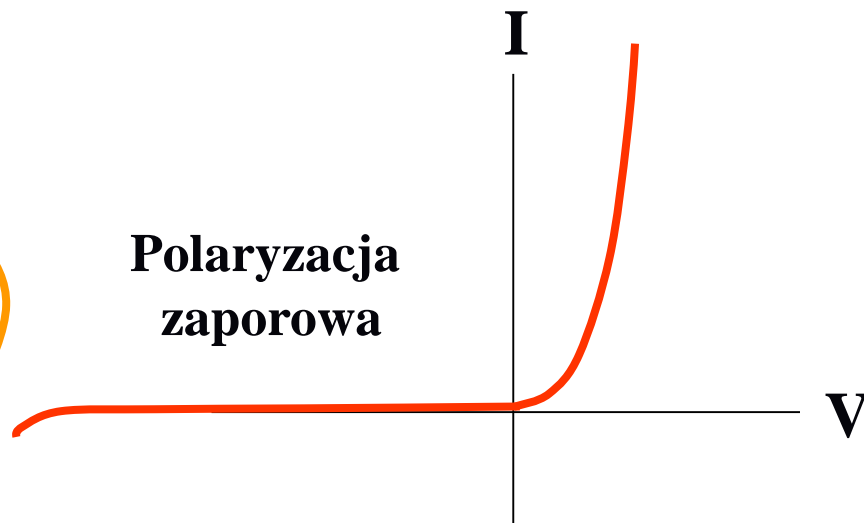


Charakterystyka I-V - nieliniowa

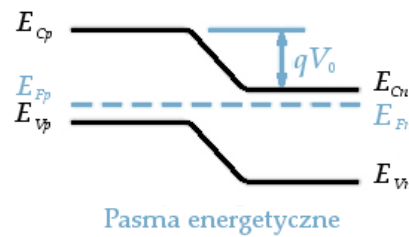
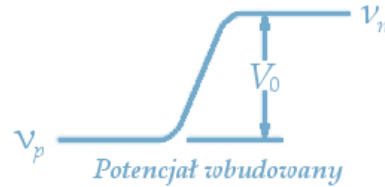
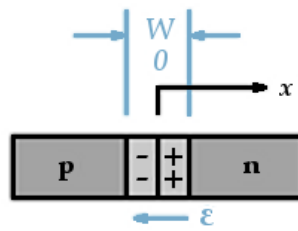


Polaryzacja w kier.
przewodzenia

Polaryzacja
zaporowa

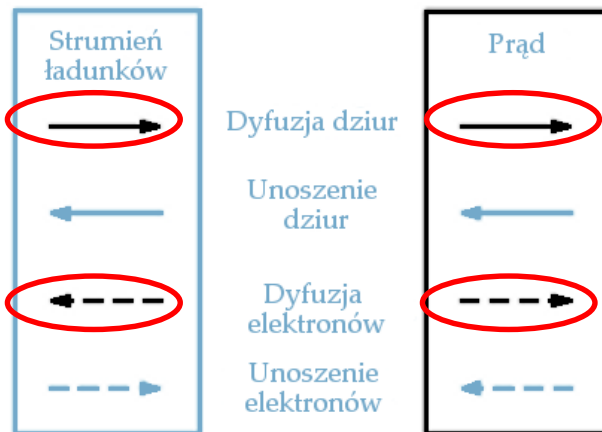


Tworzenie się złącza p-n - diagram pasmowy złącza



(a)

(b)



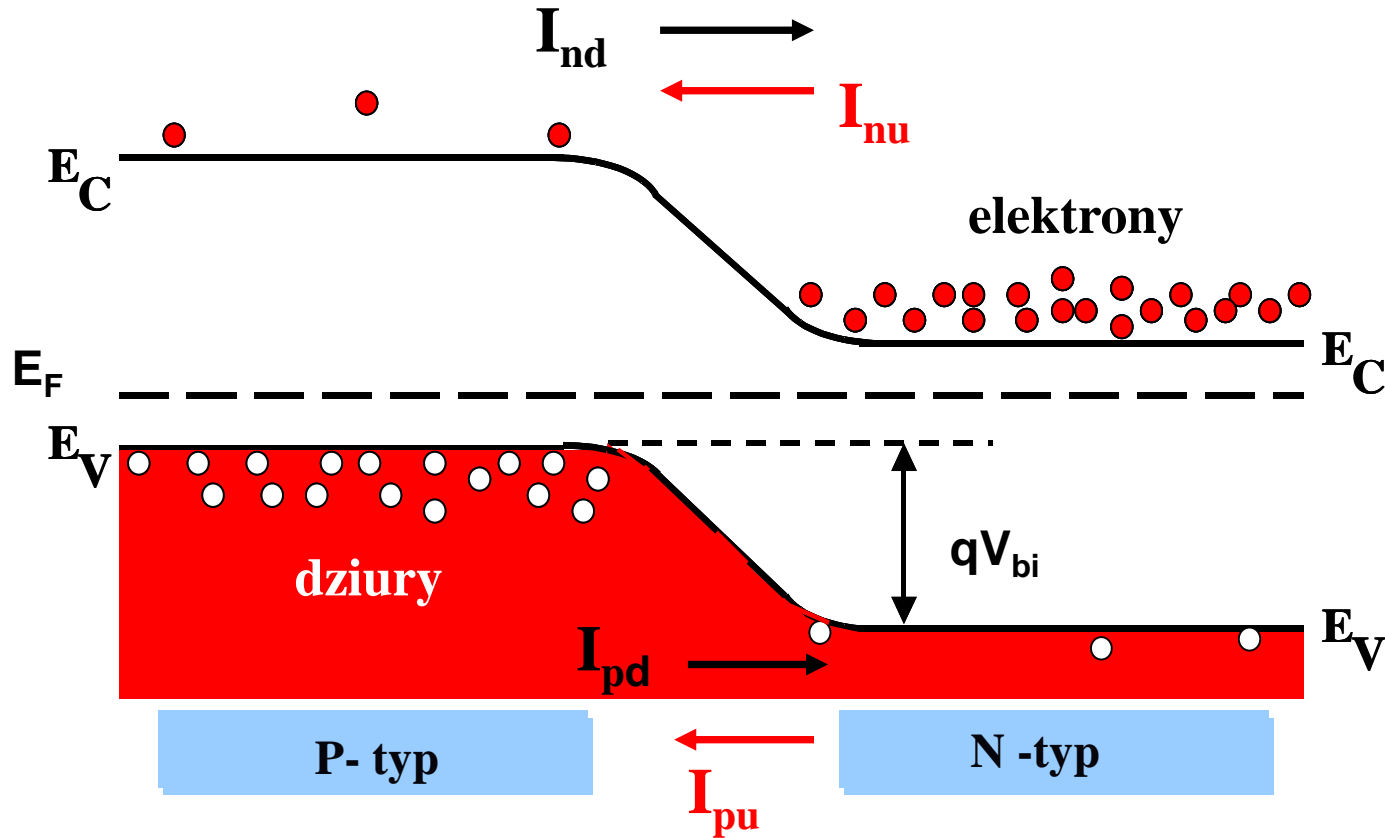
(c)

W stanie równowagi gradient poziomu Fermiego jest równy zeru!

$$\frac{dE_F}{dx} = 0$$



Diagram pasmowy złącza p-n w stanie równowagi termodynamicznej



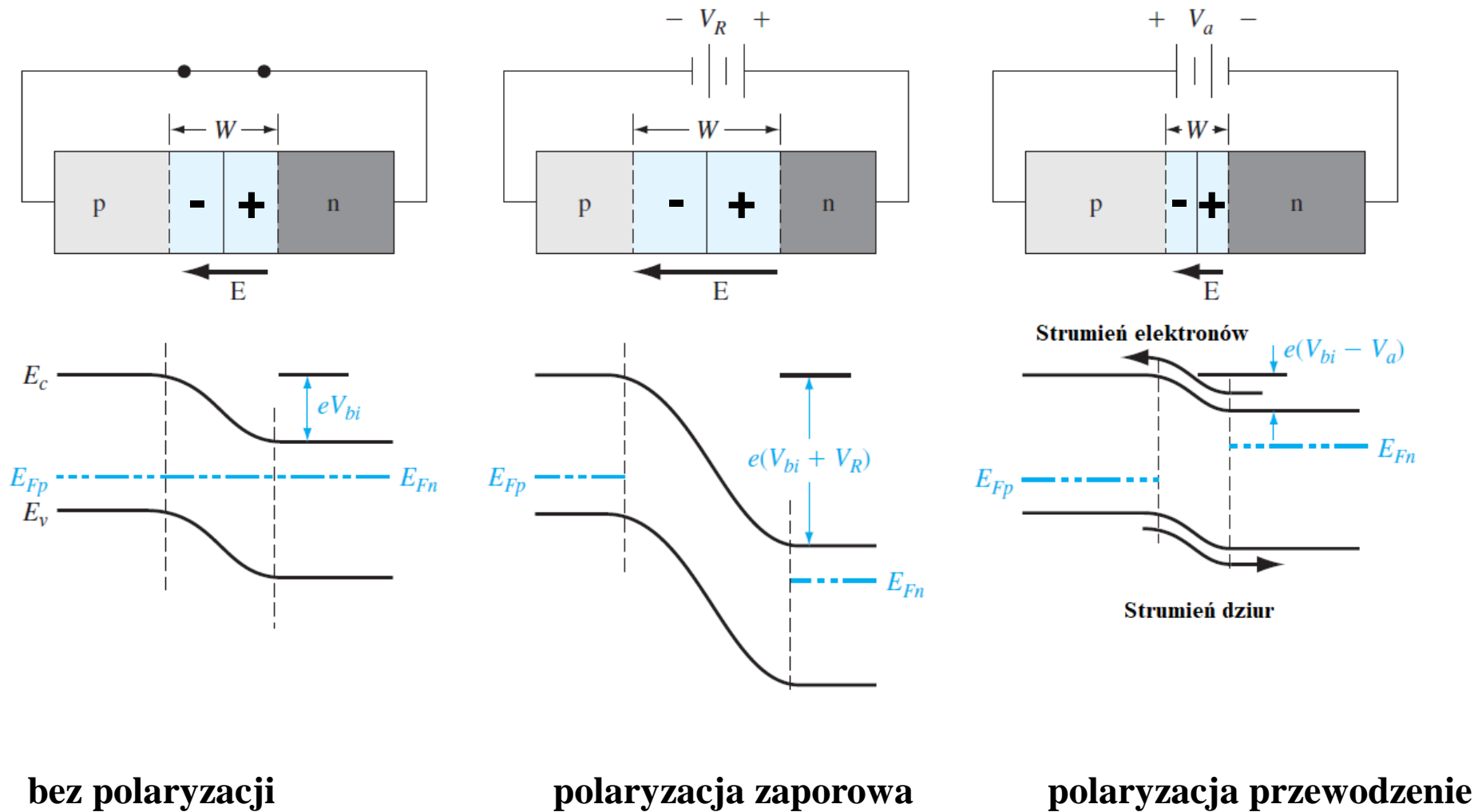
I_{nd} (I_{pd}) – prąd dyfuzyjny elektronowy (dziurowy)

I_{nu} (I_{pu}) – prąd unoszenia elektronowy (dziurowy)

V_{bi} – potencjał wbudowany



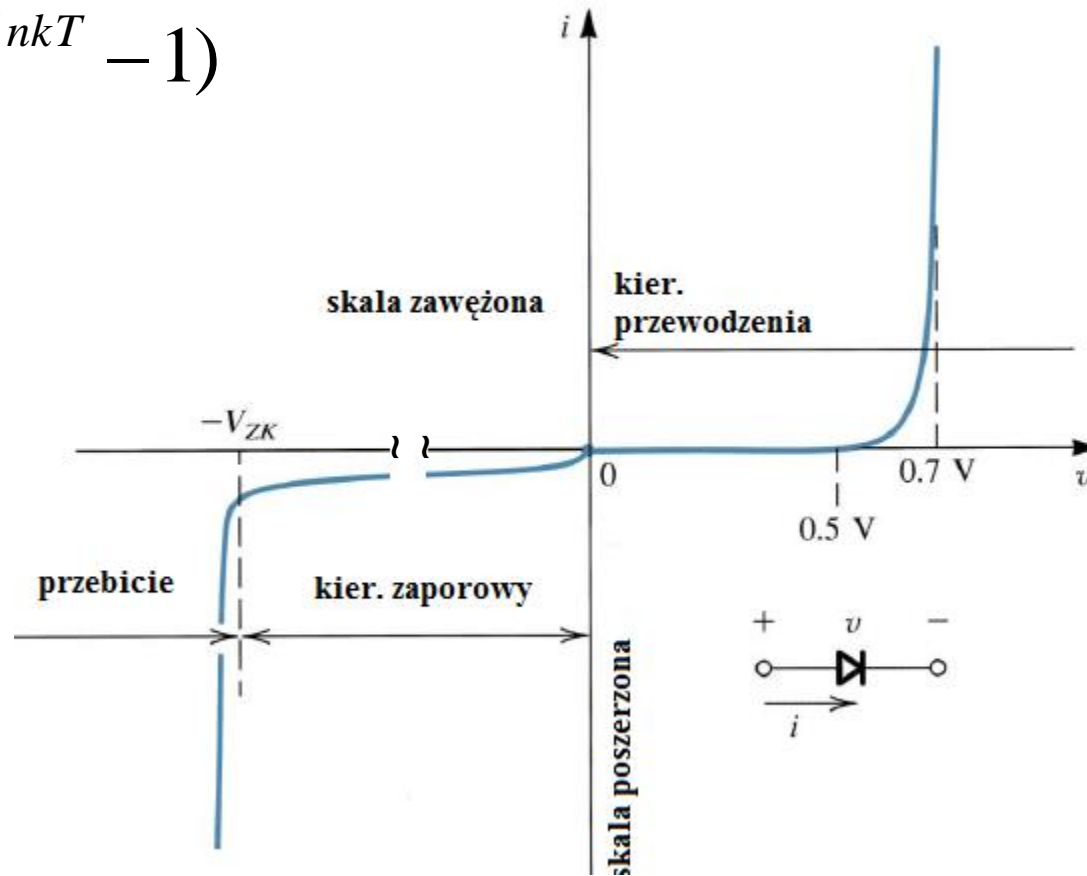
Polaryzacja złącza p-n



Potencjał wbudowany

Równanie Shockley'a

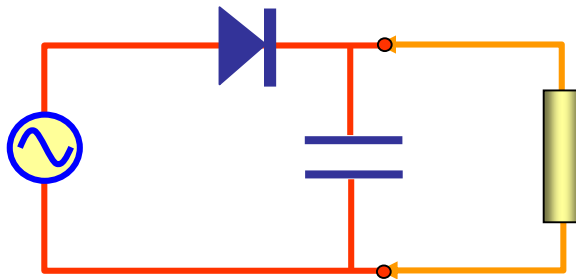
$$i = I_s (e^{qV/nkT} - 1)$$



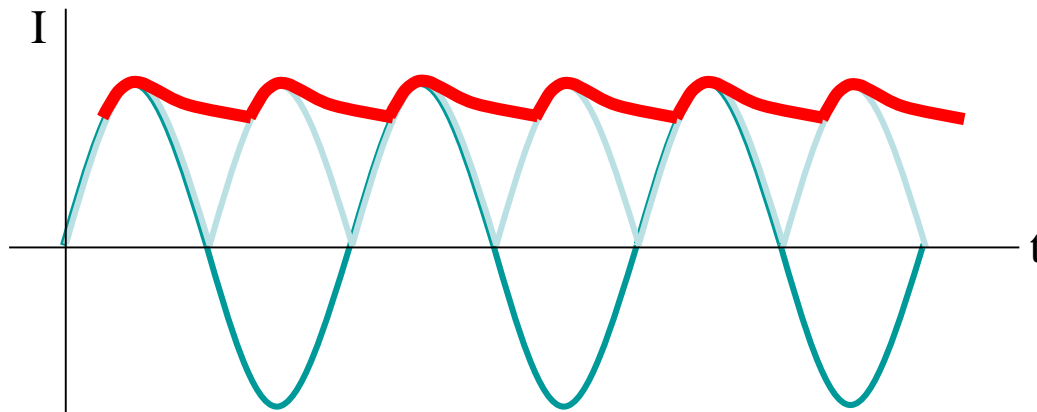
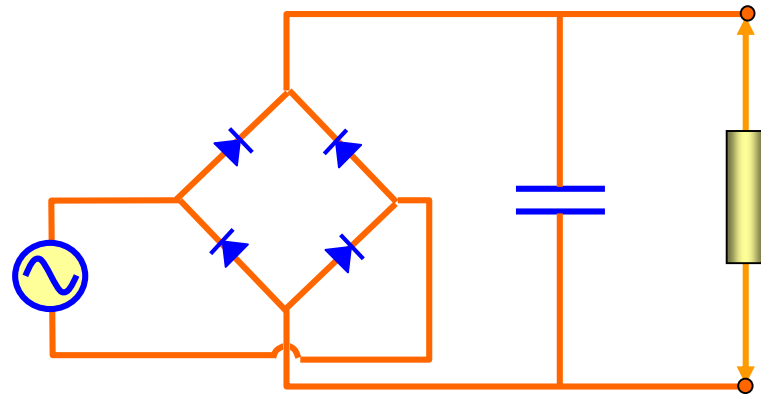
Prostownik

Jest to układ, który zamienia prąd przemienny na prąd stały

a) jednopółwkowy



b) dwupółwkowy

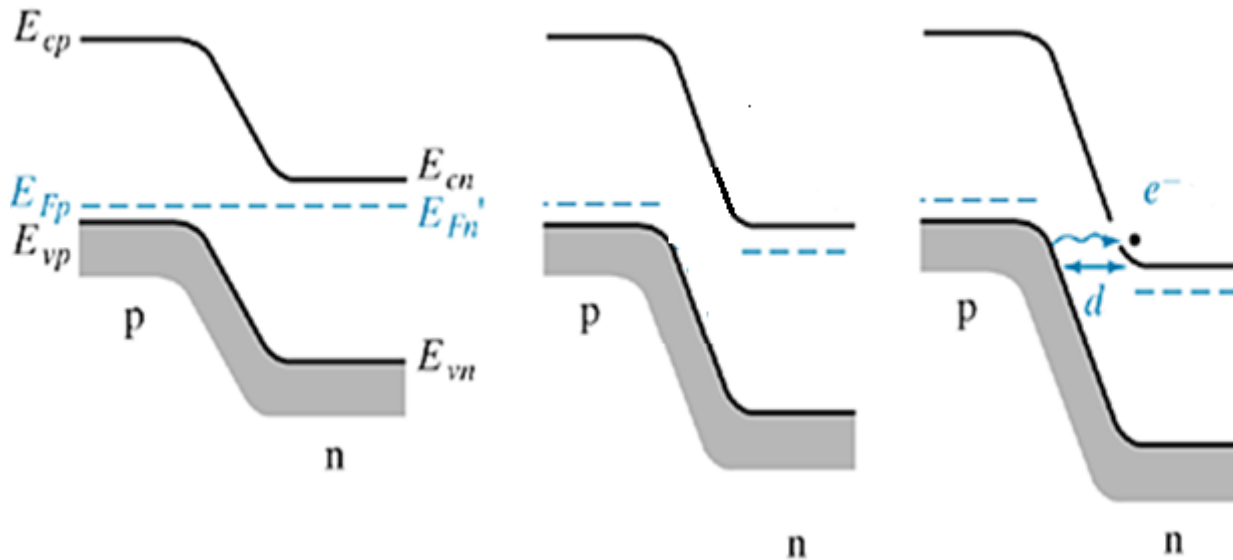


Dioda Zenera

Prawdopodobieństwo
tunelowania

$$T = Ce^{-kW}$$

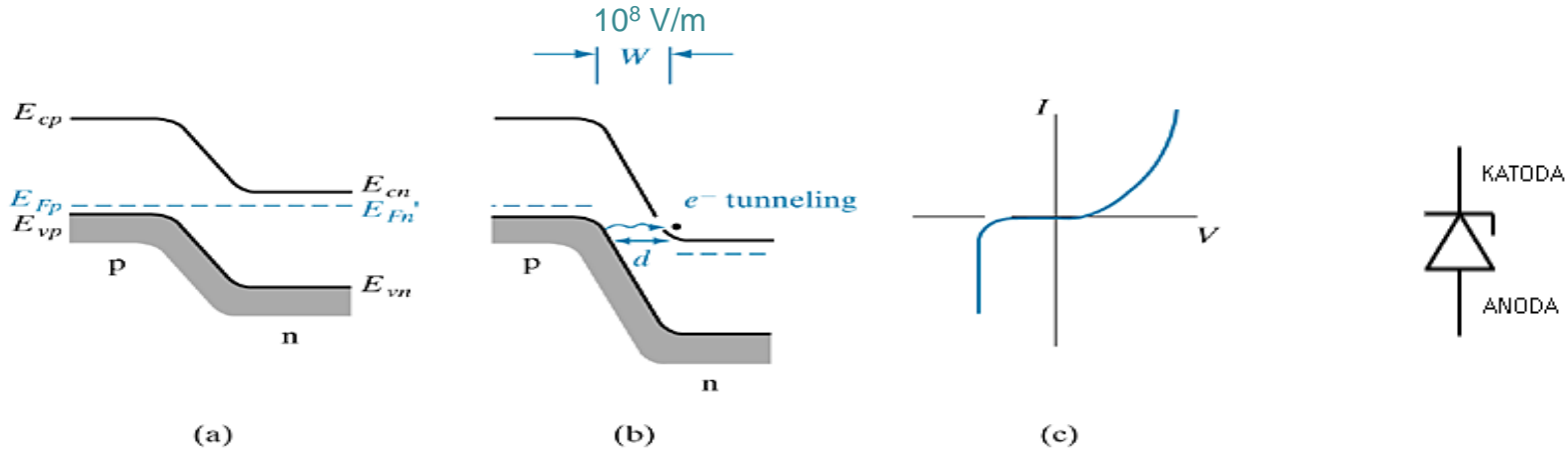
$$k = \sqrt{\frac{8\pi^2 m(U_0 - E)}{h^2}}$$



Efekt Zenera: (a) złącze p-n silnie domieszkowane w równowadze; (b) spolaryzowane napięciem w kierunku zaporowym c) efekt tunelowy z p do n.



Dioda Zenera



(a) Silnie domieszkowane złącze w stanie równowagi; (b) złącze spolaryzowane w kierunku zaporowym : tunelowanie elektronów z p do n; (c) charakterystyka $I-V$.

W silnie domieszkowanym złączu p-n szerokość obszaru ładunku przestrzennego jest niewielka. Jeśli napięcie polaryzacji wstecznej takiego złącza będzie większe od napięcia Zenera (napięcia przy którym następuję gwałtowny wzrost prądu na skutek jonizacji atomów w obszarze zubożonym), to krawędź pasma walencyjnego obszaru typu p znajdzie się wyżej niż krawędź pasma przewodnictwa obszaru typu n. Dlatego jeśli elektron znajdujący się w paśmie walencyjnym w obszarze typu p przejdzie przez obszar ładunku przestrzennego do obszaru typu n, to bez zmiany energii stanie się tam swobodnym nośnikiem – elektronem znajdującym się w paśmie przewodzenia półprzewodnika typu n. Takie przejście nazywane jest przejściem tunelowym.

Efekt tunelowy (dominuje w złączach p-n: Si, Ge gdy $V_{przebiecia} < 4 E_g/e$)



Dioda Zenera - charakterystyka I-V.

Współczynnik stabilizacji

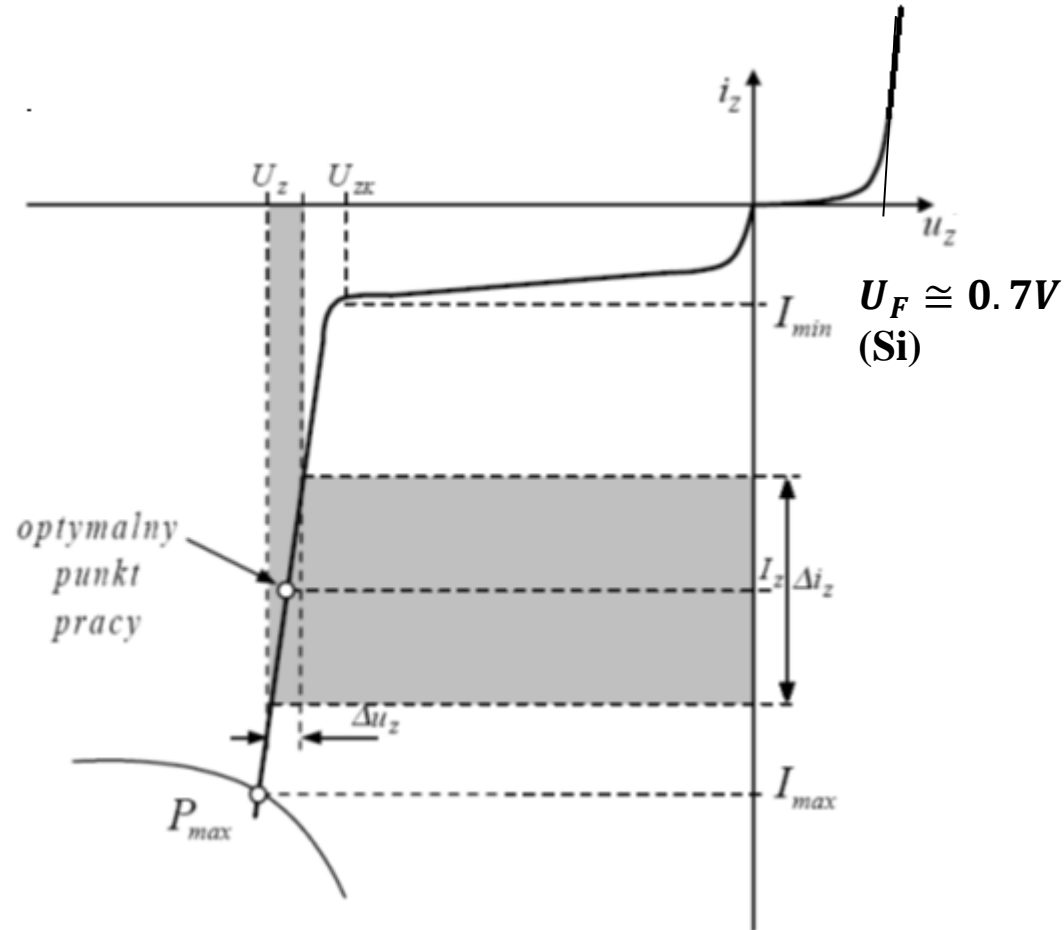
$$S = \frac{\Delta I_Z}{I_Z} \cdot \frac{U_Z}{\Delta U_Z}$$

Rezystancja statyczna

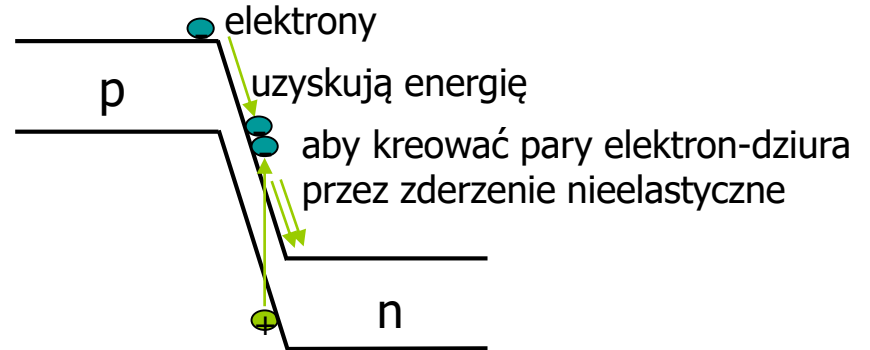
$$R_S = \frac{U_Z}{I_Z}$$

Rezystancja dynamiczna

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



Dioda lawinowa



Powielanie lawinowe ($V_{\text{przebiecia}} > 6 E_g/e$)

Jeśli napięcie polaryzujące jest odpowiednio duże (a więc obszar zubożony szeroki), to nośniki przechodzące przez obszar zubożony uzyskują dużą energię. Zderzając się z węzłami sieci krystalicznej (z atomami) przekazują im część swojej energii, co powoduje przejście elektronów do pasma przewodnictwa, a co za tym idzie również "utworzenie" dziur - innymi słowy ma miejsce jonizacja. Pojawiają się w ten sposób nowe nośniki, które również są przyspieszane, zderzają się z węzłami sieci, itd. Proces ten nabiera charakteru lawinowego i nazywany jest przebieciem lawinowym.

