

Bipoláris eszközök

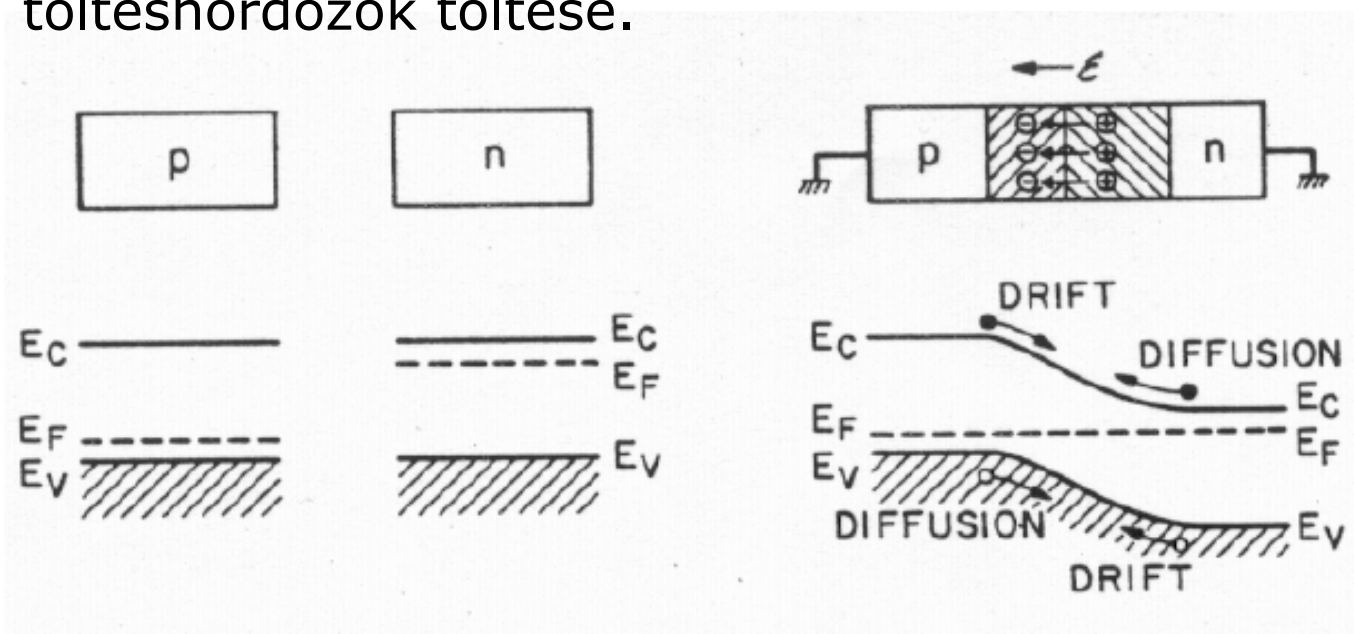
A pn dióda

A p-n átmenet egyensúlya

A pn dióda egy p- és egy n-típusú réteg határfelületénél kialakuló potenciálgát (p-n átmenet) eredményeként jön létre.

A határfelületen keresztül a koncentráció különbség következtében folyamatosan elektronok diffundálnak az n rétegből a p rétegbe és lyukak a p rétegből az n rétegbe. Így mindkét oldalon kialakul egy töltéshordozókban elszegényedett tartomány (kiürült réteg), amely a p-n átmenetet alkotja. A p-n átmenetben tértöltés alakul ki, mert az ionizált adalékatomok töltését nem kompenzálja a szabad töltéshordozók töltése.

Különálló p- és n-típusú félvezető és a p-n átmenet sávdigramja

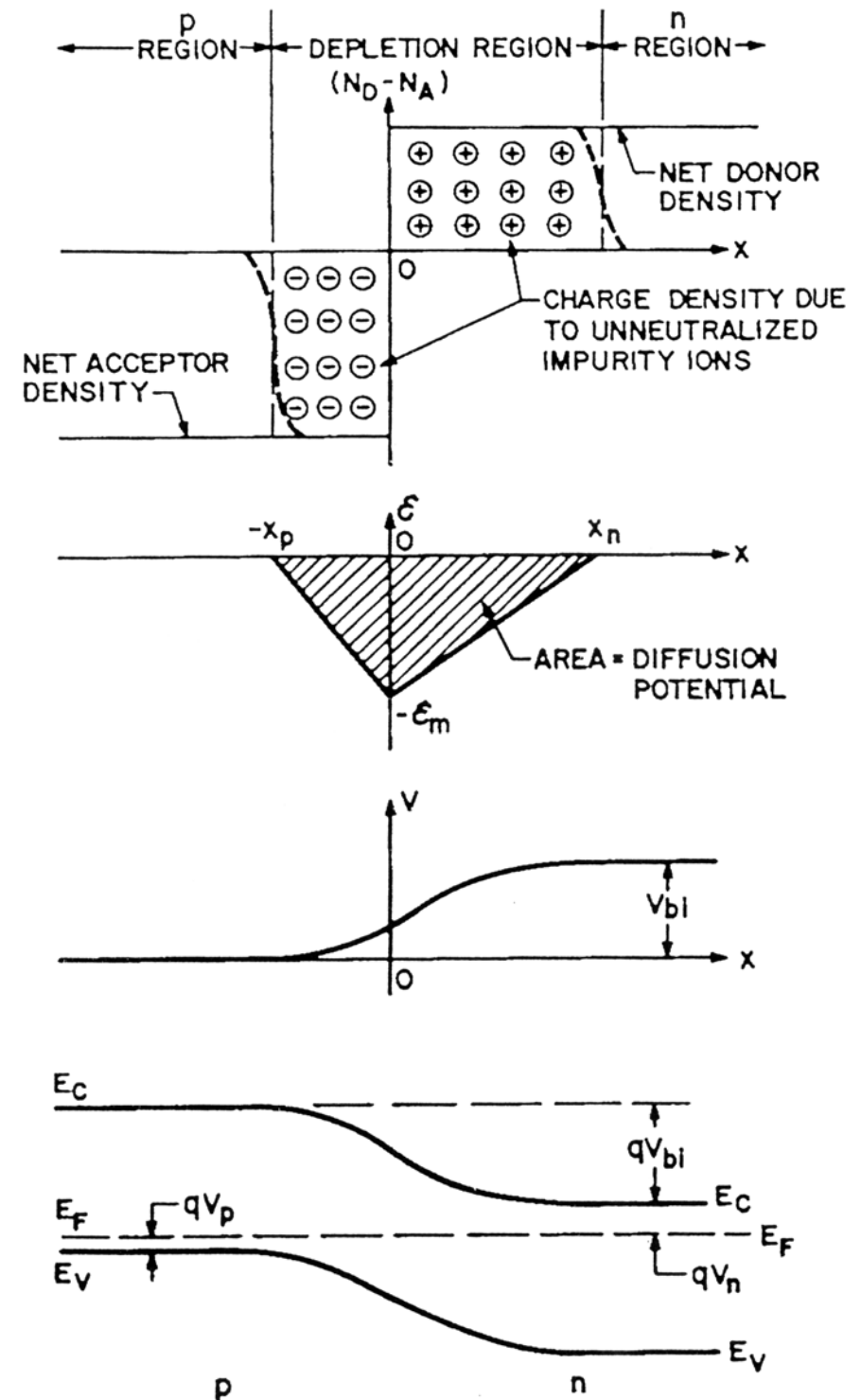


A p oldalon negatív, az n oldalon pozitív töltés halmozódik fel, így elektromos tér és potenciálkülönbség alakul ki az n és a p oldal között. A potenciálkülönbség hatására drift áram folyik az átmeneten keresztül, aminek az iránya ellentétes a diffúziós áram irányával.

Zéró külső feszültség esetén az átmeneten átfolyó eredő áramnak nullának kell lennie, hiszen a külső áramkörben nem folyik áram. Ekkor a diffúziós és drift áram nagysága megegyezik.

A két áram akkor egyenlő egymással, ha a Fermi-szint az n és a p oldalon egybeesik. Az így létrejött potenciálkülönbséget beépült potenciálnak nevezik.

A tértöltési tartomány, az elektromos térerősség, a potenciál- és az energiamenet a p-n átmenetben



Előfeszített p-n átmenet

Nyitó irányú feszültség esetén az elektromos tér lecsökken, csökken a drift áram és a kiürült réteg szélessége.

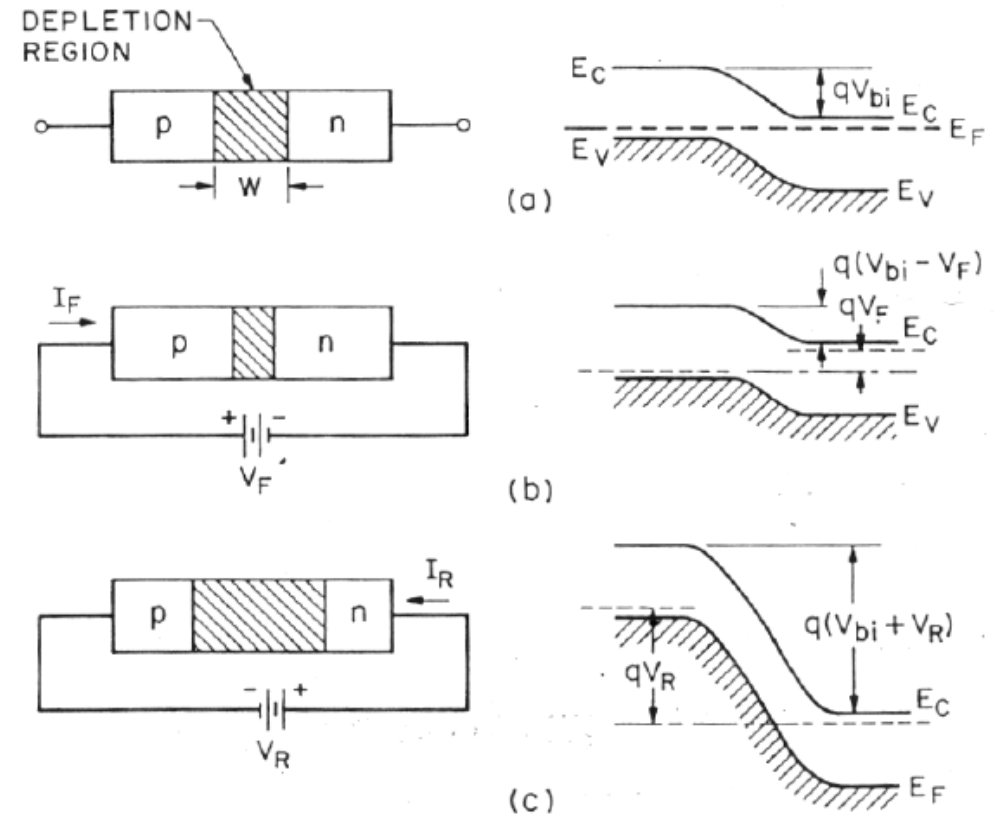
Záró irányú feszültség esetén az elektromos tér nő, nő a drift áram és a kiürült réteg szélessége.

A diódán átfolyó áramok eredője mindkét esetben különbözik nullától.

Az eredő áram idelális esetben:

$$I = I_0 \left(\exp \frac{qU}{kT} - 1 \right)$$

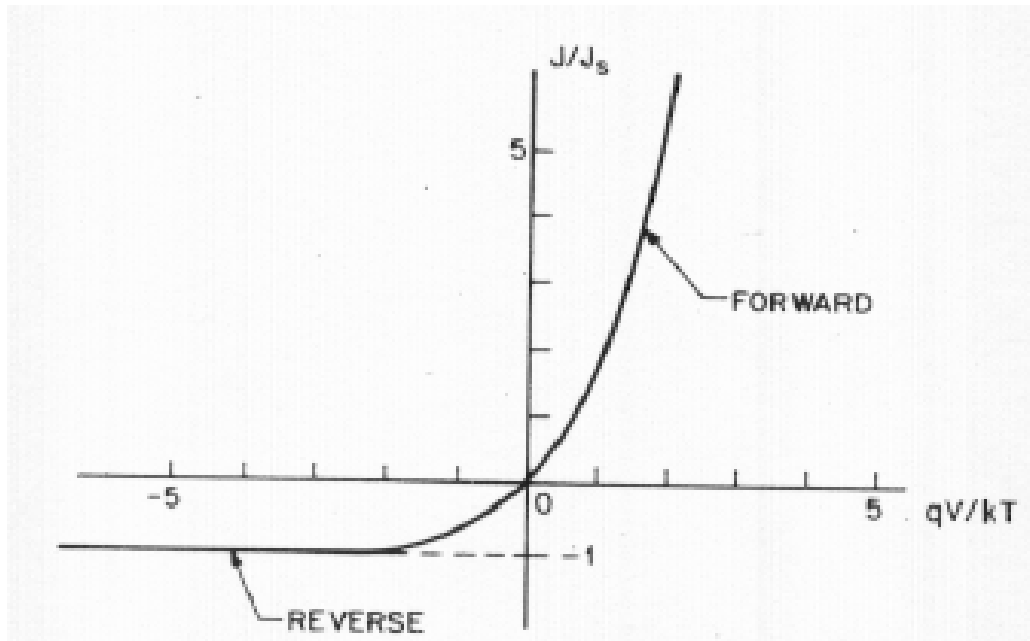
ahol I az áram, I_0 a telítési áram, q az elemi töltés, U a feszültség, k a Boltzmann állandó és T a(z abszolút) hőmérséklet.



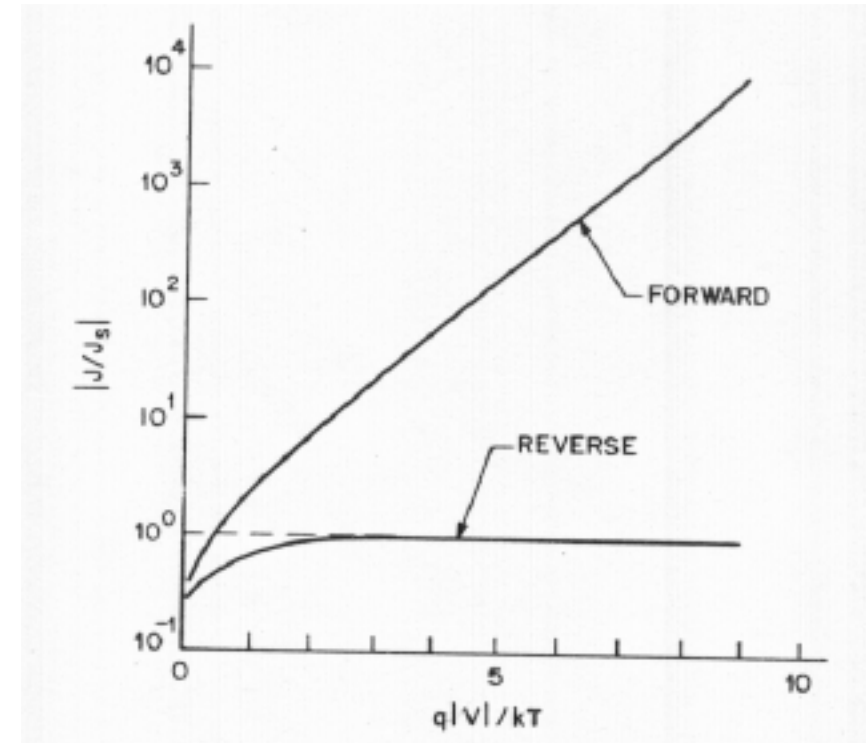
A p-n átmenet egyensúlyban (a) és nyitó (b) és záró (c) irányú feszültség esetén

Az ideális áram-feszültség karakterisztika

Egyenirányítás:



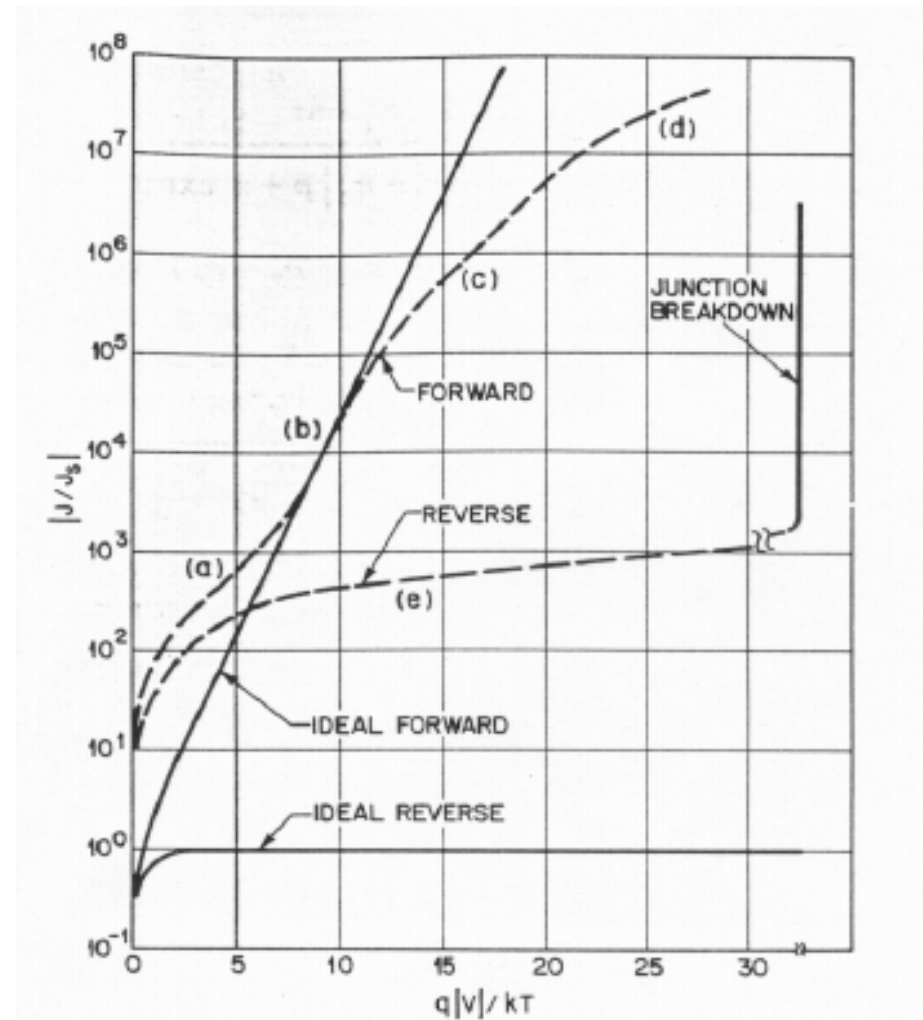
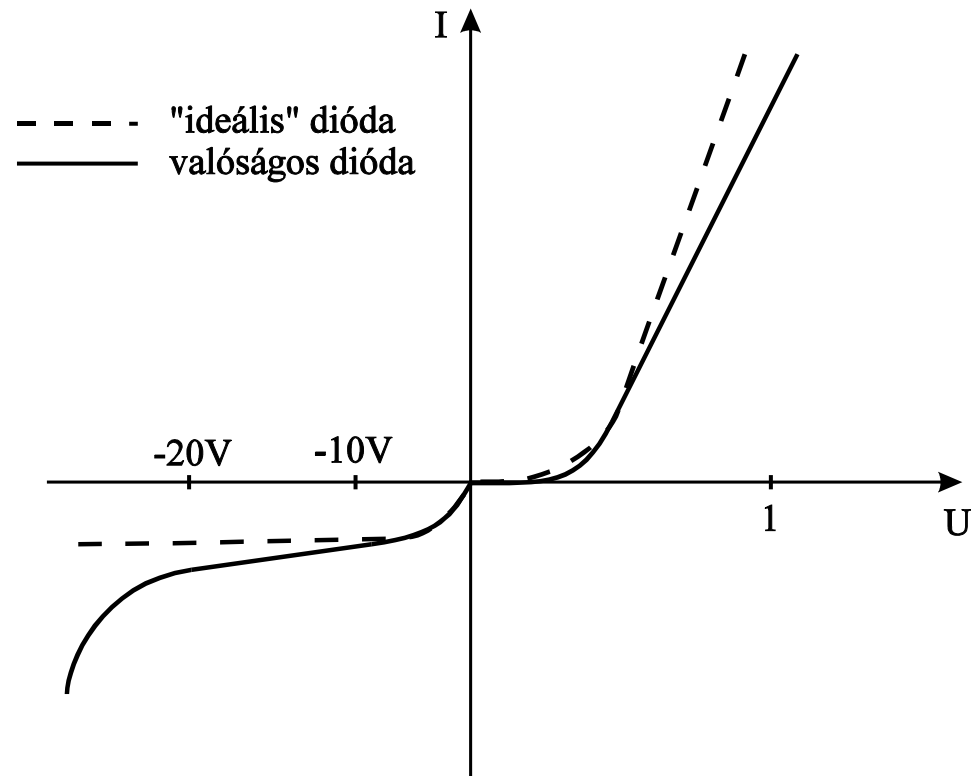
Lineáris léptékben



Féllogaritmikus léptékben

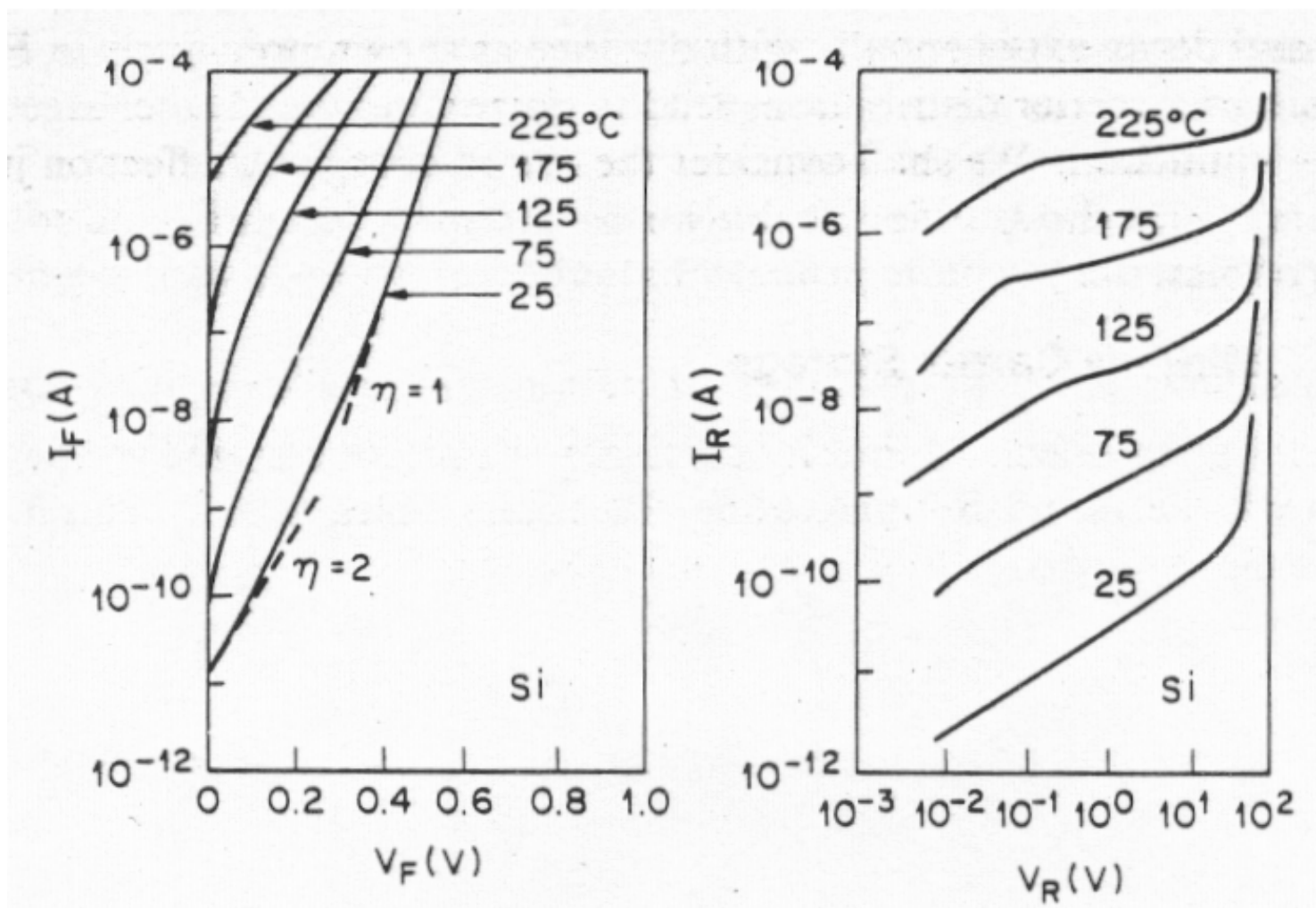
A telítési áramsűrűség nő az adalékkoncentrációval és a diffúziós állandóval, és csökken az élettartammal. Az áram arányos a dióda felületével.

A valós áram-feszültség karakterisztika



Nyitó irányban a szivárgási és a rekombinációs áram és a soros ellenállás, záró irányban a szivárgási és a generációs áram és a letörés befolyásolja az áram-feszültség karakterisztikát.

Az áram hőmérséklet függése



Szilícium pn dióda nyitó- és záróáramának hőmérsékletfüggése

Kapacitás-feszültség karakterisztika

A p-n átmenet két oldalán töltés halmozódik fel, így a dióda kapacitásként is viselkedik. A kapacitás értéke (dQ/dU) feszültségfüggő és megegyezik egy olyan síkkondenzátor kapacitásával, amelynek felülete megegyezik a dióda felületével és a lemezek közötti távolság a kiürített réteg szélessége:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_s A}{w}$$

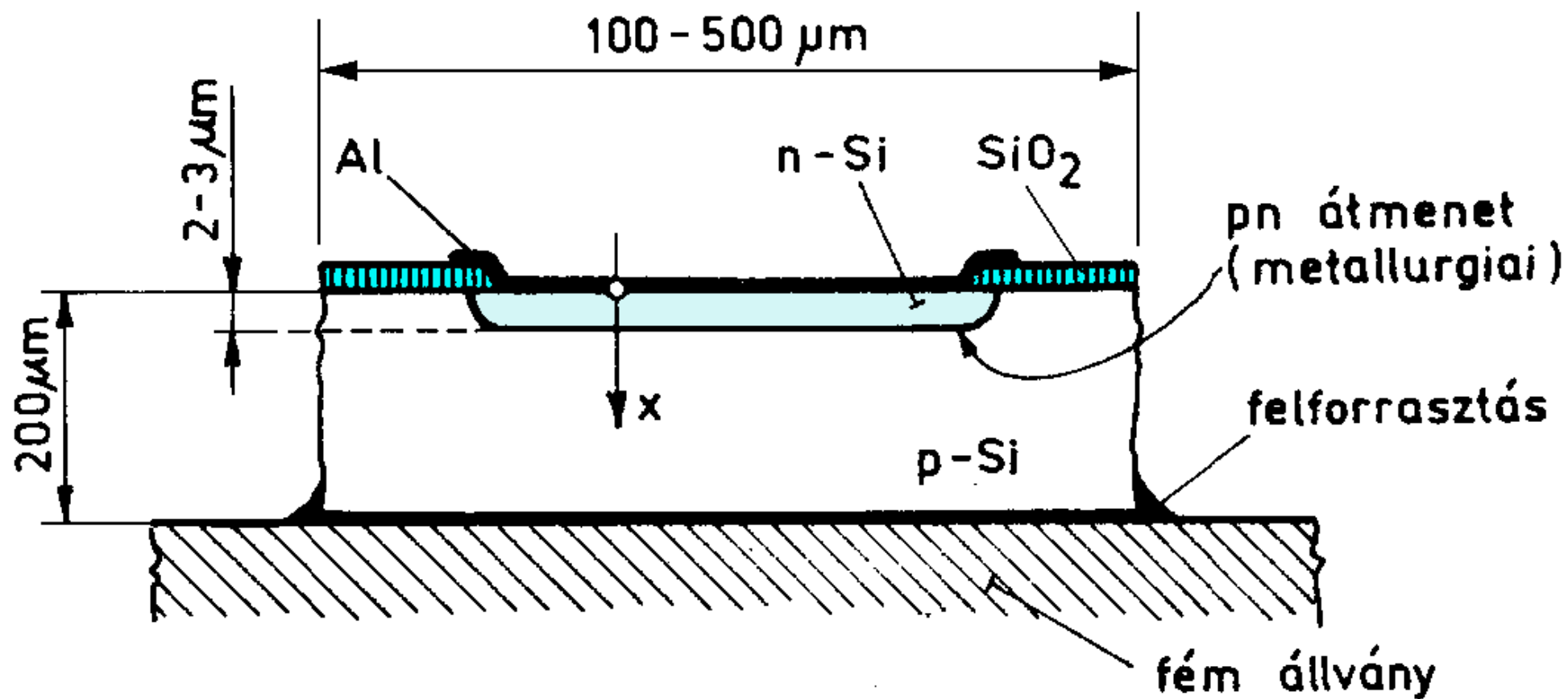
ahol ε_0 a vákuum permeabilitása, ε_s a félvezető relatív permeabilitása, A a dióda felülete és w a kiürített réteg vastagsága.

A kiürített réteg vastagsága függ a diódára kapcsolt feszültségtől, így a kapacitás is feszültségfüggő:

$$w = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_s (N_A + N_D)(U_{bi} - U)}{qN_A N_D}}$$
$$C = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_s q N_A N_D}{2(N_A + N_D)(U_{bi} - U)}} A$$

ahol C a kapacitás, N_A és N_D az akceptor és donor koncentráció a p ill. n oldalon, U_{bi} a beépült potenciál.

Felépítés



Planár szilícium pn dióda keresztmetszete

Alkalmazás

Analóg áramkörökben:

egyenirányítás

detektálás

keverés

feszültség szabályozás, stabilizálás, vágás (pl.: Zener dióda)

hőmérő

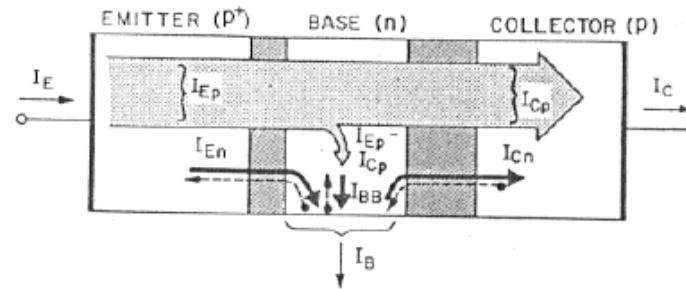
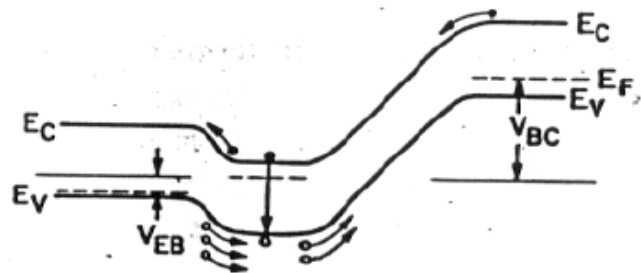
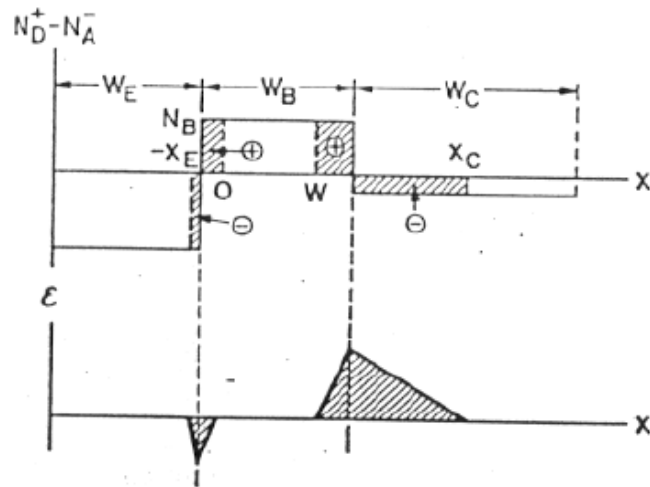
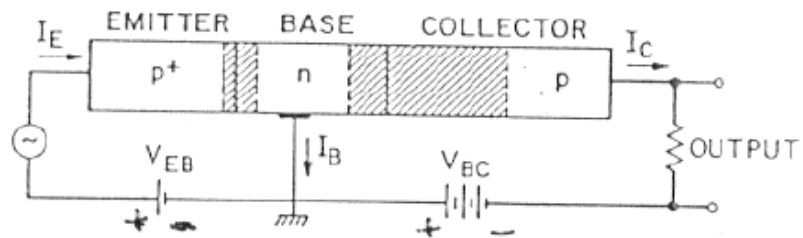
feszültségfüggő kapacitás (varicap, varactor)

Digitális áramkörökben:

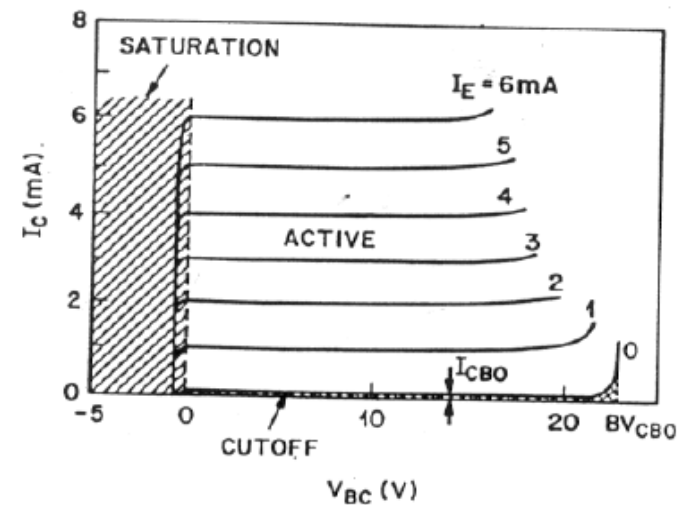
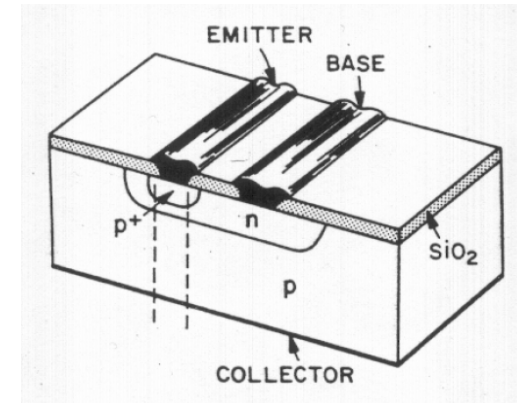
kapcsoló

A bipoláris tranzisztor

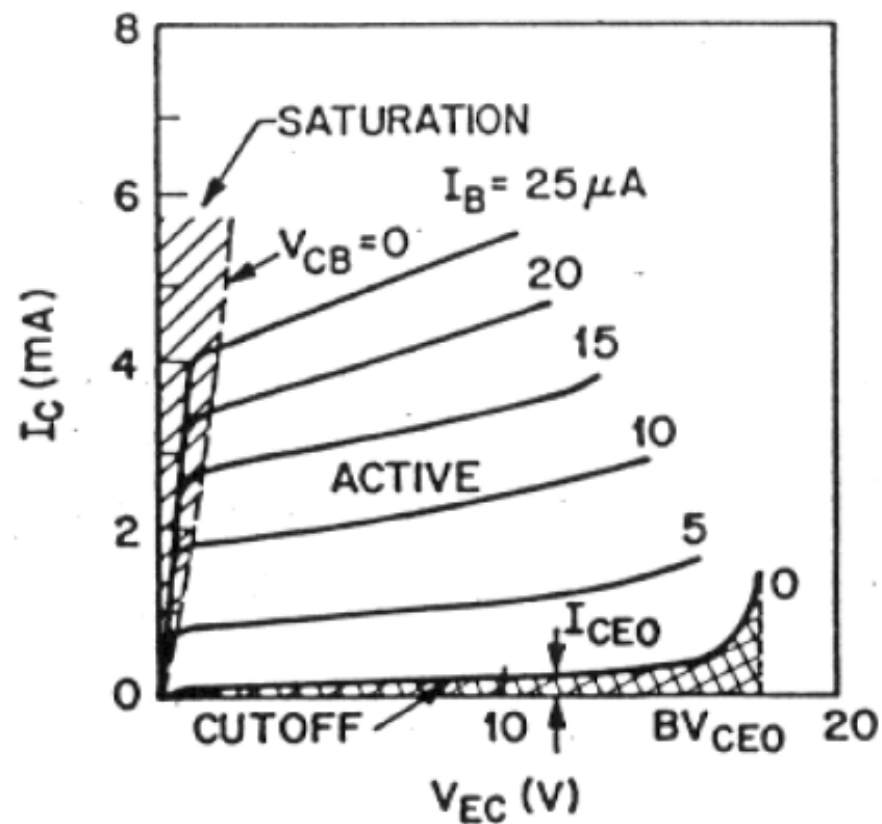
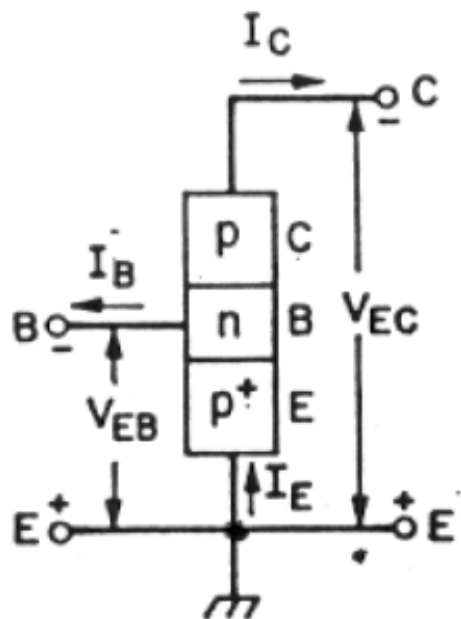
Földelt bázisú kapcsolás



→ HOLE CURRENT AND HOLE FLOW
→ ELECTRON CURRENT
→ ELECTRON FLOW



Földelt emitterű kapcsolás



Kis EC feszültségeknél a BC átmenet nyitott.

Az EC feszültség megoszlik a BC és az EC átmenet között, ezért nem telít be a kimeneti karakterisztika.

Jellemzők:

Áramerősítési tényező (földelt emitter):

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{2L^2}{w^2}$$

ahol I_C a kollektor-, I_B a bázisáram, L a bázisba injektált töltéshordozók diffúziós hossza, w a bázis szélessége.

Határfrekvencia: az a frekvencia, ahol β 3 dB-lel csökken.

Levágási frekvencia: az a frekvencia, ahol $\beta=1$.

Üzem módok:

Aktív: EB átmenet nyitott, BC zárt

Telítéses: mindkét átmenet nyitott

Levágási: mindkét átmenet zárt

Fordított: EB átmenet zárt, BC nyitott

Alkalmazás:

erősítés

jelgenerálás

kapcsoló

Ellenőrző kérdések:

Mi miatt tér el a p-n átmenet valós áram-feszültség karakterisztikája az ideálistól?

Minek hatására alakul ki a beépült potenciál a p-n átmenetben?

Hogy függ a p-n átmenet árama a feszültségtől?

Diffúziós vagy drift áram folyik-e át a p-n átmeneten nulla rákapcsolt feszültség esetén?

Mi az összefüggés a p-n átmenet kapacitása és a kiürülési mélység között?

Hogy függ a p-n átmenet árama a hőmérséklettől?

Hogy függ a p-n átmenet kapacitása a záró irányú feszültségtől?

Hogy függ a p-n átmenet kapacitása az adalékolástól?

Mi az összefüggés a beépült potenciál és a Fermi-szint helyzete között a p-n átmenetben?

Hogy függ a p-n átmenetben a kiürülési mélység az adalékolástól?

Mi a különbség a varikap és a varaktor között?

Hogy hat a kiürült rétegbeli generáció a p-n átmenet áram-feszültség karakterisztikájára?

Mire használják a p-n diódákat?

A bázis-kollektor átmenetnek mi a szerepe a bipoláris tranzisztor működésében?

Mi a szerepe az emitter-bázis átmenetnek a bipoláris tranzisztor működésében?

Mit jelent a bipoláris tranzisztor telítéses üzemmódja?

Mit jelent a "bipoláris" kifejezés?