

Nanoelektronikai eszközök I.

Dr. Berta Miklós

bertam@sze.hu

2017. november 3.

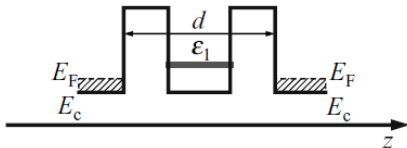
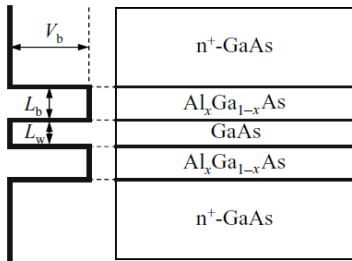


Fizika és Kémia
Tanszék



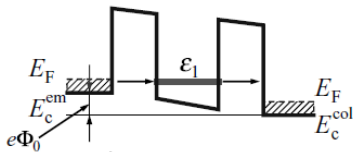
Rezonáns alagút dióda

Vizsgáljuk az alábbi ábrán látható rétegstruktúra viselkedését az elektrontranszport szempontjából!

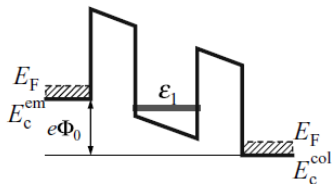


- Adalékolt GaAs kontaktusok között a jobb oldali potenciálstuktúrát alakítjuk ki a kontaktusok vezetési elektronjai számára.
- L_b , L_w méretek biztosítják az elektronok ütközésmentes mozgását, vagyis lényegesen kisebbek, mint az elektronok átlagos szabad útkossza ezekben a rétegekben.

- A közbülső (nem adalékolt) GaAs rétegben (kvantumárok) az elektronok csak diszkrét energiákkal ϵ_k fordulhatnak elő.
- A kontaktusokból a kvantumárokba csak alagút-effektussal juthatnak át elektronok, de csak azok, melyek energiája egyezik a kvantumárok valamelyik diszkrét energiaszintjével. Ilyenek pedig nincsenek.
- Nézzük mi történik, ha a kontaktusok közé Φ_0 feszültséget kapcsolunk!

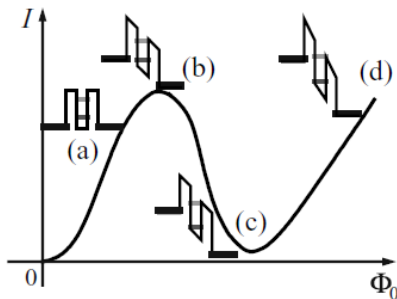


- A külső feszültség hatására a kontaktusokban a vezetési sáv aljai, és a Fermi-szintek is eltolódnak az elektromos potenciális energia hatására.
- Választható olyan Φ_0 feszültség, hogy a kontaktusban lesznek olyan vezetési elektronok, amelyek energiája megegyezik a kvantumárok valamelyik energiaszintjével, így ezek alagút-effektus révén átjuthatnak a rétegstruktúrán. Ilyenkor **rezonáns alagút-vezetésről** beszélünk.



- A Φ_0 feszültséget tovább növelve elérhetjük, hogy a kontaktusbeli elektronok energiái az előbbi, kvantumárokbeli rezonanciaszint fölé kerülnek, és a rezonáns alagút-vezetés leáll.
- A rétegstruktúra zárva lesz az elektronok számára mindaddig, amíg a külső feszültség Φ_0 értéke olyan értékû nem lesz, hogy a rezonáns alagút-vezetés egy magasabb kvantumárokbeli energianívón újra be nem indul!

Látható, hogy egy ilyen rétegstruktúra gyakorlatilag diódeként viselkedik! Bizonyos külső feszültségértékek mellett vezet, míg az ezektől eltérő feszültségek mellett nem.



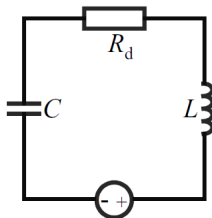
Egy dióda dinamikus ellenállása alatt a következő mennyiséget értjük az elektronikában:

$$R_d = \left(\frac{dI}{d\Phi} \right)^{-1}$$

- Látható, hogy rezonáns alagút-dióda V-A karakterisztikájának vannak olyan tartományai, ahol a dióda dinamikus ellenállása **negatív!**

Rezonáns alagút-dióda, mint mikrohullámú generátor

Tekintsük a következő áramkört egy R_d dinamikus ellenállású rezonáns alagút-diódával:



Az áramkör impedanciája:

$$Z(\omega) = R_d - i \left\{ \omega L - \frac{1}{\omega C} \right\}$$

Az áramkör rezonanciafrekvenciája a $Z(\omega_0) = 0$. feltétellel definiált.

$$\omega_0 = -i \frac{R_d}{2L} \pm \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R_d}{2L}\right)^2}$$

Az áramkör csillapítási tényezője pedig:

$$\beta = -\text{Im}(\omega_0) = \frac{R_d}{2L}$$

- Ha $\beta > 0$, akkor az áramkör táplálás nélkül, csak egyszer feltöltött kondenzátorral, csillapított rezgéssel lecseng.
- Mi történik, ha $\beta < 0$? A külső gerjesztés nélküli, de egyszer feltöltött kondenzátorral működő áramkör nem csillapodik, hanem gerjed, azaz **oszcillátorként** viselkedik!
- Mivel egy rezonáns alagút-dióda dinamikus ellenállása lehet negatív is, így a fenti áramkör beállítható, csillapítás nélküli oszcillátornak. **Az ilyen üzemmódban működő áramkör mikrohullámú generátorként viselkedik!**

Köszönöm a figyelmet!