

Nanoelektronikai eszközök II.

Dr. Berta Miklós

bertam@sze.hu

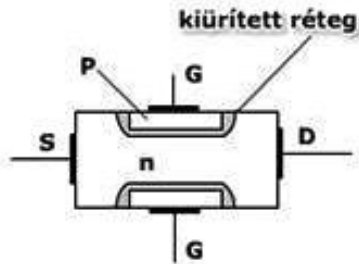
2017. november 16.



Fizika és Kémia
Tanszék



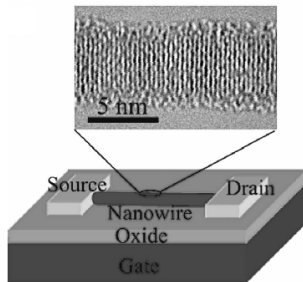
Térvezérlésű tranzisztor (FET)



A G (GATE) kontaktus potenciáljával változtatható a kiürített réteg vastagsága, azaz szabályozható az S (SOURCE) és D (DRAIN) kontaktusok közötti vezetési csatorna vezetőképessége. →

TRANZISZTOR – HATÁS

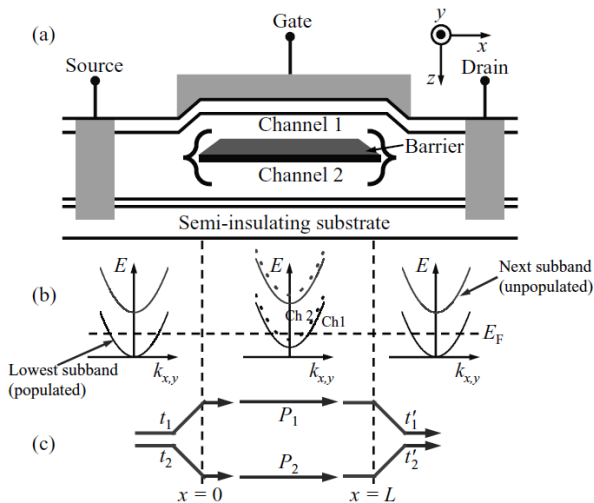
Kvantumdrót - tranzisztor



- a nanodrótan csak meghatározott energiájú elektronok vezetnek át az S és D kontaktusok között
- helyezünk el a nanodrót felett - tőle és az S és D kontaktusoktól is elszigetelve - egy GATE kontaktust
- a GATE potenciálján keresztül szabályozni lehet a nanodrót diszkrét energiaszintjeit, azaz azt, hogy van-e nyitva vezetési csatorna, és ha van nyitva, akkor hány darab van nyitva

- a nanodrót kvantált vezetőképességét a GATE-re adott potenciál szabályozza, így azt is, hogy az S és D kontaktusok között mekkora áram folyik
- az utóbbi időben nanodrótként gyakran használnak szén nanocsöveket az ilyen típusú **nanoFET tranzisztorok**ban

Kvantuminterferencia - tranzisztor (QUIT)



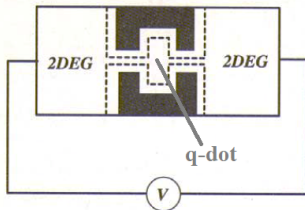
- képzeljünk el egy FET - tranzisztort olyan méretben (L), hogy az elektronhullámok az „ütközések” következtében ne vesszék el koherenciájukat ($L < l_{koh}$),
- a vezetési csatorna keresztirányú (z - irány az előző ábrán) mérete viszont már a ballisztikus tartományba essen
- a vezetési csatornát hosszában (x - irány) osszuk két alcsatornára szigetelő réteg segítségével
- a vezetési csatornák felett elhelyezett (tőlük elszigetelt) GATE kontaktus potenciálja különböző mértékben szabályozza az alcsatornák áteresztését (t_1, t_2) és fázistolását (P_1, P_2) (mivel különböző távolságra van az egyes alcsatornáktól)
- az alcsatornákból kilépő elektronhullámok INTERFERÁLNAK
- az elektronok interferenciaképe az egyes alcsatornák közötti fáziskülönbségtől függ, amit viszont a GATE potenciáljával szabályozhatunk kívülről (elérhető a teljes kioltás és a maximális erősítés közötti összes állapot)

Kvantumpötty – tranzisztor

Korábban láttuk, hogy egy kvantumpöttyben az elektronok diszkrét energiaszintjei, csak a kvantumpötty lineáris méretétől függnének.

(„mesterséges atom”)

Tekintsük az alábbi elrendezést:



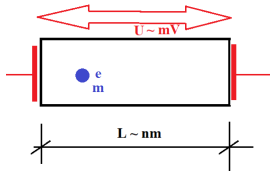
A 2DEG tartományokat a kvantumpöttyel olyan kontaktusok kötik össze, amelyek valójában szakadások, de méretüknél fogva az elektronok jelentős mértékben „alagutazhatnak” át rajtuk.

Ha a kvantumpötty fölött egy szigetelővel leválasztott GATE kontaktust alakítunk ki, akkor a kvantumpötty energiaszintjeit a GATE-re adott külső potenciállal tudjuk vezérelni, azaz szabályozni tudjuk az alagútáramot, ami az egyik 2DEG tartományból a másik 2DEG tartomány irányába folyik.

A kvantumpötty – tranzisztorokban az alagút – effektusnak köszönhetően figyelembe kell vennünk azt az effektust is, hogy a pöttyön belüli elektron taszítólag hat a vezetés során következő elektronra (**Coulomb – gátlás**). Ennek köszönhetően elérhető, hogy a kvantumpötty tartományban minden időpillanatban éppen egy elektron közvetítse az alagútáramot. (**Egy elektron eszközök - Single Electron Devices**)

Nanotranzisztorok határfrekvenciájának becslése

A nanoeszközök lényege, hogy bennük ballisztikus (ütközés nélküli) vezetés valósul meg. Ehhez méreteik tipikusan **nm**. Határozzuk meg, hogy egy elektron **U** feszültség hatására mennyi idő alatt jut át ütközés nélkül egy **L** hosszúságú tartományon!



$$a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{eU}{mL}, L = \frac{1}{2}at_{tr}^2$$

Ezek alapján:

$$t_{tr} = \frac{1}{f_{co}} = \sqrt{\frac{2m}{e}} \frac{L}{\sqrt{U}} \approx 10^{-13} \text{ s} \rightarrow f_{co} \approx 10 \text{ THz.}$$

Köszönöm a figyelmet!