

# Nanoelektronikai eszközök III.

Dr. Berta Miklós

*bertam@sze.hu*

2017. november 23.

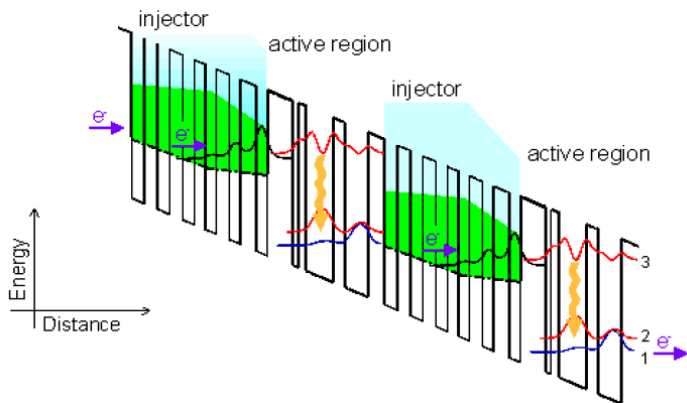


Fizika és Kémia  
Tanszék



## Kvantumkaszád – lézer

Tekintsünk egy olyan, sok vékony rétegből kialakított rendszert, amelyre ha külső feszültséget kapcsolunk, akkor a következő energiaszint – struktúrát állítjuk elő:



- **injector, vagy injektáló** - ez a tartomány mesterséges atomok (kvantumpöttyek) sokaságából áll - mesterséges kristályrács energiasávokkal!
- **active region, vagy aktív tartomány** - ez a tartomány olyan méretekkel bír, hogy a középső rétegben gerjesztett energiaszintre alagutaznak az injektor megfelelő energiájú elektronjai → **az aktív tartományban inverz populáció valósul meg**
- külső foton hatására (indukált emisszióval) megvalósul a **lézerhatás**
- az aktív tartományt követő injektorba az aktív tartomány alapállapotú energiájának megfelelő energiájú elektron át tud alagutazni (talál hozzá megfelelő energiát az energiasávban)
- ez a folyamat a beállított külső feszültségnek köszönhetően sokszor ismétehető (**10  $\mu\text{m}$**  vastag rétegben, akár 100 db, néhány nanométer vastag tartomány, is kialakítható egymás után)
- 1 elektron a rétegeken áthaladva akár 100 indukált átmenetben vehet részt, azaz 100 koherens foton keletkezhet
- a szerkezet fedő rétegeit simára csiszolva az optikai rezonátor is megvalósítható

## Josephson – kapcsoló

Ha kristályrácsok hőmérséklete egy bizonyos kritikus hőmérséklet (minden anyagra más ez az érték) alá süllyed, akkor meglepő jelenség lép fel → az anyag **ellenállása nullára** csökken → **szupravezetés** jelensége.

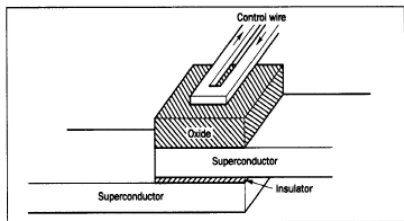
A jelenség magyarázata egy nagyon gyenge erősségű kvantummechanikai effektus, ami az ellentétes spinű elektronokat ún. **Cooper – párok**ba rendezi. Ezek a párok nulla spinű részecskékként viselkednek (bozonok) és ellenállás nélkül jutnak át a szupravezetőn.

A Cooper – párok a kritikusnál magasabb hőmérsékleteken szétesnek egyedi elektronokra.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a Cooper – párok egy kritikus mágneses fluxusnál nagyobb fluxusú térben is szétesnek egyedi elektronokra. Ezt használjuk ki az ún. **Josephson – kapcsolók**ban.

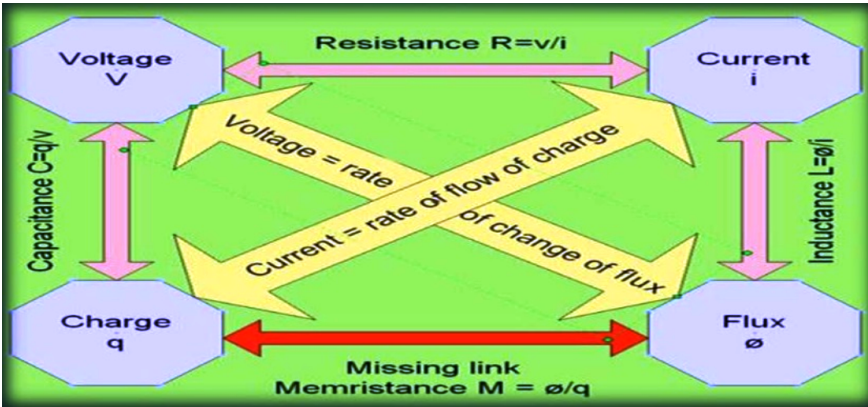
Helyezzünk két szupravezető közé olyan vastagságú szigetelő réteget, amelyen keresztül a Cooper – párok esetében is jelentős valószínűségű az alagút – effektus, azaz a szigetelőben is szupravezetés lesz.

Ha erre a rendszerre a kritikus fluxusnál nagyobb mágneses fluxust kapcsolunk (például egy a rendszer felett elhelyezett vezetõhurok segítségével), akkor a szigetelõben a Cooper – párok szétesnek, a szigetelõ ellenállása ugrásszerûen megnõ!



Tehát ez a rendszer egy kétállapotú rendszer, azaz alkalmas információ tárolására. Mivel a rétegvastagság  $\sim$  nm nagyságrendû, így gyors és alacsony fogyasztású memóriaelemek alakíthatóak ki ezen az elven!

# Memriszor



1971 -ben elméleti jóslat a memrisztorra! – Leon O. Chua - Berkeley

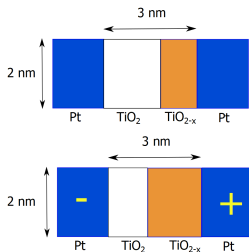
$$\Phi = M(Q) \cdot Q \rightarrow d\Phi = M(Q) \cdot dQ$$
$$d\Phi = V(t) \cdot dt = M(Q) \cdot dQ = M(Q) \cdot I(t) \cdot dt$$

Azaz a memrisztor VA karakterisztikája:

$$V(t) = M(Q) \cdot I(t) = M\left(\int_0^t I(\tau) d\tau\right) \cdot I(t).$$

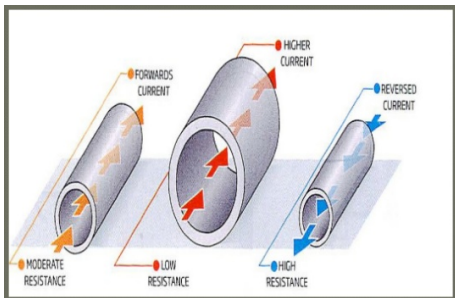
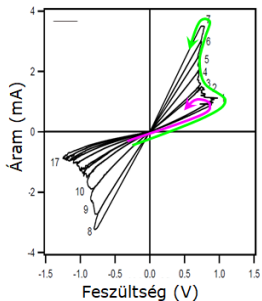
A karakterisztika meredeksége attól függ, hogy mennyi töltés haladt már át a memrisztoron, azaz a memrisztor adott időpontbeli állapota függ az előző időpillanatokban átfolyt töltéstől! Ez a viselkedés olyan, mintha ez az áramköri elem „memóriával” rendelkezne!

# Nanoelektronikai megvalósítás



A narancssárga tartomány oxigénnel szennyezett, így p-típusú félvezetőtartomány. Ha nincs külső feszültség a fehér szigetelő tartomány viszonylag széles, így csak kevés elektron tud átjutni alagút – effektussal ezen a szigetelő tartományon. Minél nagyobb a külső feszültség nyitó irányban, annál jobban kiszélesedik a szennyezett tartomány, azaz annál vékonyabb szigetelőrétegen át alagutaznak az elektronok, annál nagyobb lesz az áram. Záróirányban pedig a folyamat pont fordítva zajlik.





Lényeges, hogy az áram átfolyása után kialakult ellenállás a memrisztorra kapcsolt elektromos tér kikapcsolása után is megmarad! → MEMÓRIA – effektus

Tápfeszültség nélkül állapotukat megőrző memóriaelemek készíthetők nanoméretben!

**Köszönöm a figyelmet!**