Félvezetők fizikája

BMETE11MF26

2016/17 tanév 1. félév

Előadó: Dr. Csontos Miklós
BME Fizika Tanszék

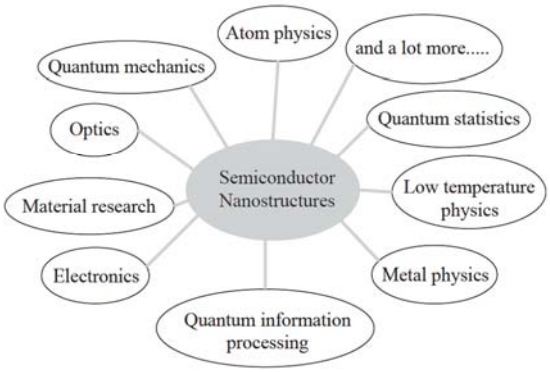
Időpont: kedd 12:15 – 14:00 (kivéve 11.01, 11.29.)
Helyszín: F ép. III. Lph. 213.
Jelenlét: Az aláírás feltétele az előadások legalább 70%-án való részvétel
Osztályzat: Szóbeli vizsga alapján
Web: http://fizipedia.phy.bme.hu/index.php/Félvezetők_fizikája

Ajánlott irodalom:

- Sólyom Jenő: *A modern szilárdtestfizika alapjai II.*
- Thomas Ihn: *Semiconductor nanostructures*
- Thomas Heinzel: *Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructures*
- L. A. Coldren and S. W. Corzine: *Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits*
- http://britneyspears.ac/lasers.htm

A kiadott fóliák a jegyzetelést segítik, azonban azt nem helyettesítik!

A félvezetők fizikája



Ipari alkalmazások

Információ feldolgozási, tárolási, továbbítási technológiák:

Diódák, tranzisztorok, térvezérlésű tranzisztorok, félvezető lézerek

Detektorok, napelemek

A szilárdtestfizika speciális területe

Alapkutatás:

Anyagi-, elektromos transzport- és optikai tulajdonságok

Fundamentális jelenségek vizsgálata félvezető alapú rendszerekben (QHE, FQHE, AB & Co., WL, CB, SB)

A félvezetők fizikája

Félvezető ipar hatása az elmúlt 50 év során:
mindennap használt eszközeink (pc, telefonok, lézerek, LED-ek, stb.)
ill. ezek gazdasági és társadalmi hatása

Ipari fejlesztések ⟷ Alapkutatások

Miniatürizáció

Növekvő számítási kapacitás
Gyorsabb órajel
Nagyobb kapcsolási sebesség

Si tranzisztor kapuhossza 22 nm (Intel, 2012)

Előállítási technológiák, tisztaság
Miniatürizáció korlátai?
Kvantumos viselkedés figyelembe vétele?
Egy-elektronos eszközök
Multifunkcionális eszközök
Új elvek? (Spintronika, kvantumszámítógép)

Félvezető ipar fejlődése

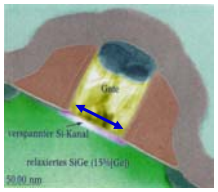
Első tranzisztor
W. Shockley, J. Bardeen, W. Brattain
Bell Laboratories (1947)

Nobel díj, 1956.

Kvarchomok

Si egykristály (2m x Ø20cm)
Rácshibák: 1000cm^{-3}
Szennyezőkoncentráció: 10^{-12}

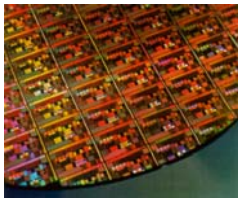
Si lapkák



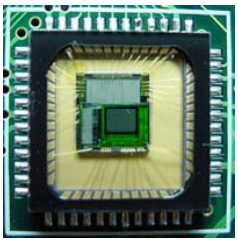
10^8 tranzisztor/chip

Félvezető ipar fejlődése

IC (Integrated Circuit)

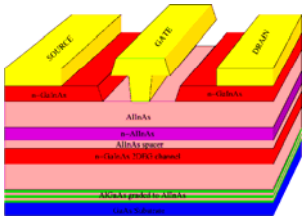


CCD (Charge Coupled Device)

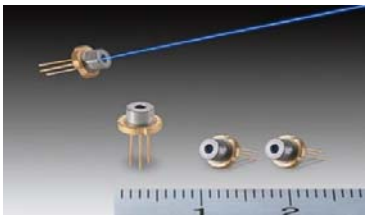


High Electron Mobility Transistor

~THz-es max. frekvencia → telekommunikáció

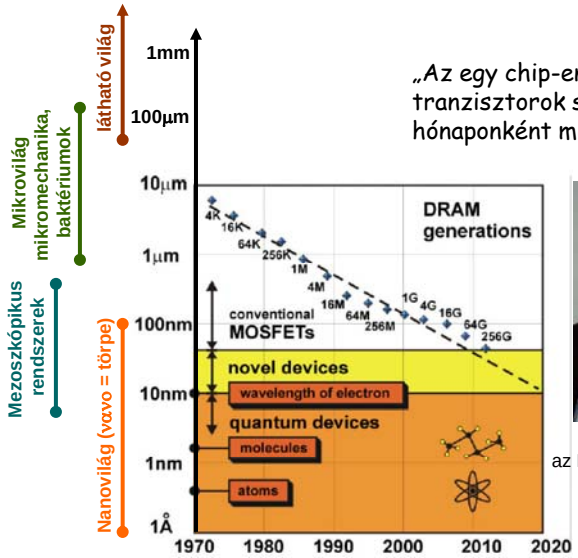


Félvezető lézer



Z.I. Alferov, H. Kroemer, J.St.C. Kilby – Nobel díj, 2000.
„Információs és kommunikációs technológiák alapjainak lefektetéséért"

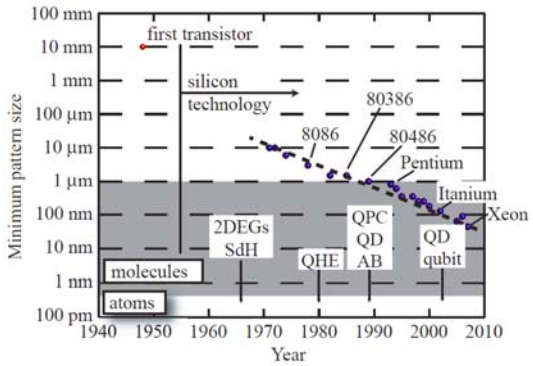
Méretskálák, Moore törvénye

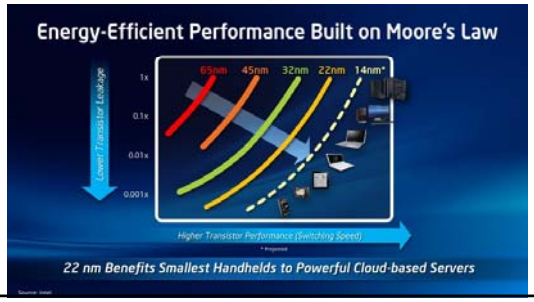


„Az egy chip-en elhelyezett tranzisztorok száma 18 hónaponként megduplázódik"

Gordon E. Moore,
az Intel cég alapító tagja

Méretskálák, Moore törvénye





„Az egy chip-en elhelyezett tranzisztorok száma 18 hónaponként megduplázódik"

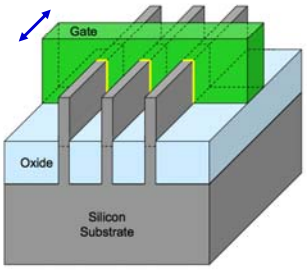
Gordon E. Moore,
az Intel cég alapító tagja

Félvezető ipar fejlődése

Tranzisztorok kapu hossza (gate length)

Intel	2014	Broadwell (Si)	14 nm (!)
	2015	Skylake (Si)	14 nm (!)
	2017	Cannonlake (Si)	10 nm (!!)
TSMC	2017	(iPhone7?)	10 nm (!!)
IBM	2015	(SiGe, teszt fázis)	7 nm (!!!)

3D Tri-Gate Tranzisztor



A félév tematikája

A szilárdtestfizikai alapok áttekintése:
kristály szimmetriák, sávszerkezet, effektív tömeg, kváziklasszikus transzport

Új szilárdtestfizika:
k·p modell, spin-pálya kölcsönhatás szilárd testekben

Homogén félvezetők transzport tulajdonságai:
tiszta és szennyezett félvezetők, szennyező nívók, töltéshordozók, Gunn dióda

Inhomogén félvezetők:
diffúziós jelenségek, p-n átmenet, bipoláris tranzisztorok, alagút dióda, Zener dióda, JFET

Félvezetők előállítása és minősítése, 2 dimenziós elektrongáz

Tér-effektus és alkalmazásai:
Schottky dióda, MOSFET, HEMT, CMOS, FinFET, flash, CCD, napelemek

Optikai tulajdonságok és alkalmazásaik:
fény-anyag kölcsönhatás, rekombináció, LED, lézerdiódák