

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA



5 FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

5-01 FÉLVEZETŐ ANYAGOK JELLEMZŐI, FÉLVEZETŐ SZELET ELŐÁLLÍTÁSA

ELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA ÉS ANYAGISMERET
VIETAB00



BUDAPEST UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND ECONOMICS
DEPARTMENT OF ELECTRONICS TECHNOLOGY

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ATOM FELÉPÍTÉSE – KLASSZIKUS MODELL

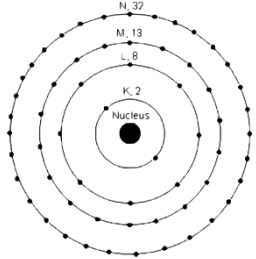
A Bohr féle atommodell


Az atomon belül az **elektronok** felelősek az atomok kémiai tulajdonságaiért, az egymással kialakított kötéseikért és azok típusáért és erősségéért.

Az elektronok a magtól adott távolságra, **elektronhéjakon** keringenek. Az elektronhéjat a **főkvantumszámmal (n)** jellemezzük. $n_K = 1$, $n_L = 2$, $n_M = 3$, $n_N = 4 \dots$

A héjon lévő elektronok száma:
 $2n^2$ azaz: 2, 8, 18, 32...

Az elektronok energiája a magtól távolodva folyamatosan nő.





Félfvezető anyagok, félvezető szelet

2/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

AZ ATOM FELÉPÍTÉSE – KVANTUM MODELL

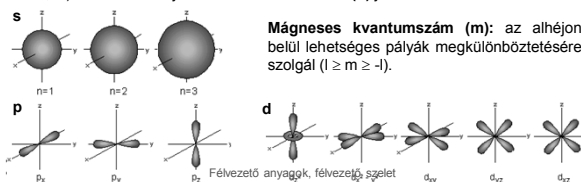
A kvantummechanikai atommodell


Elektronpálya (atompálya): az a térrész, amelyen az elektron megtalálási valószínűsége 90%.

Alhéj: azonos nagyságú és alakú elektronpályák. s, p, d és f alhéjakat különböztetünk meg, a **mellékvantumszám (l)** jellemzi őket ($n-1 \geq l \geq 0$). (sharp, principal, diffuse, and fundamental)

Elektronhéj: az atommagtól azonos távolságra lévő pályák összessége (K, L, M, N). Az elektronhéjat a **főkvantumszámmal (n)** jellemezzük.

Mágneses kvantumszám (m): az alhéjon belül lehetséges pályák megkülönböztetésére szolgál ($l \geq m \geq -l$).





Félfvezető anyagok, félvezető szelet

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

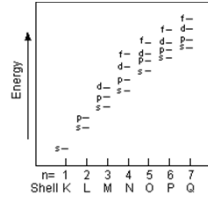
AZ ATOM FELÉPÍTÉSE – KVANTUM MODELL

A kvantummechanikai atommodell

Pauli kizárási elv: egy atom két elektronjának nem lehet teljesen ugyanaz minden kvantumszáma -> minden alhéjhoz (vagyis adott n és l -hez) 2 db elektron tartozik, különböző **spinkvantumszámmal** ($s = 1/2$ vagy $-1/2$).

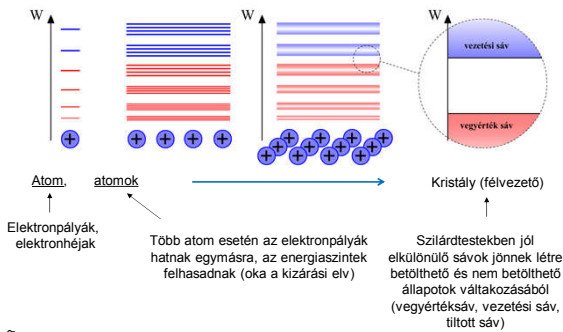
Megfigyelhető, hogy az elektronpályák energia szerinti betöltése n és l vonatkozásában nem monoton!

Kémiai szempontból a **mellékvantumszám** kiemelt fontosságú, mivel ez adja meg a kialakuló pályák alakját, ami hatással van az atomok között létrejövő kémiai kötésekre és azok szögére.



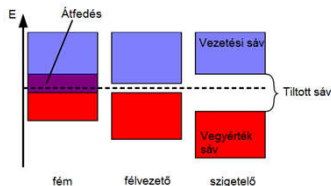
AZ ANYAGOK ELEKTRONSZERKEZETE

A sávszerkezet kialakulása



AZ ANYAGOK ELEKTRONSZERKEZETE

A különböző sávszerkezetek



- **Szigetelők:** $W_g > 2$ eV
- **Félvezetők:** $W_g < 2$ eV (pl. Si: 1.1 eV, Ge: 0.67 eV, GaAs: 1.43 eV)
- **Vezetők:** nincs tiltott sáv, a vezetési és a vegyérték sávok „összeérnek”

Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

KRISTÁLY DEFINÍCIÓI, KRISTÁLYTANI OSZTÁLYOK

Egykristály:
















a periodikus ismétlődése tökéletes abban az értelemben, hogy az anyag teljes térfogatára kiterjed. (kristály széle = hiba)

Polikristályos:

(mikrokristályos), ha az anyag több (egy)kristály szemcséből épül fel.

Amorf:

az atomok elrendeződésének hosszútávú periodikus ismétlődése hiányzik (csak rövidtávú rend létezik).

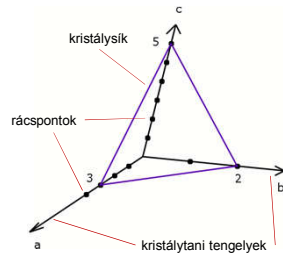
| | Paraméter | Egyszerű | Tér-centrált | Alaplapon centrált | Lapon centrált |
|--------------|---|---|---|---|---|
| Triklin | $a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$ |  | | | |
| Monoklin | $a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$ $\alpha_1 \neq 90^\circ$ |  |  | | |
| Ortorombos | $a_1 \neq a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$ |  |  |  |  |
| Tetragonális | $a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$ |  |  | | |
| Trigonal | $a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 120^\circ$ |  | | | |
| Kubos | $a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 90^\circ$ |  |  |  |  |
| Hexagonális | $a_1 = a_2 \neq a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = 120^\circ$ $\alpha_3 = 90^\circ$ |  | | | |

FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX

A h,k,l Miller-indexeket kristálysíkok, és ezáltal kristályorientáció azonosítására használjuk.
Pl.: „(100) GaAs kristály”

Meghatározása:

1. A síkok első metszéspontjai rácsvektor egységeiben: 3,2,5
2. Reciprok értékek: $1/3, 1/2, 1/5$
3. Legkisebb, ugyanilyen arányú egész számok: 10,15,6



FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX

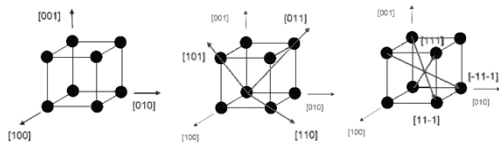
- Jelölések (nem összekeverendők!)
 - [] egy adott irány megadására (pl.: [1,0,-1]).
 - < > ekvivalens irányok halmazának megadására (pl.: <110>).
 - () egy adott sík megadására (pl.: (113)).
 - { } párhuzamos síkok halmazának megadására (pl.: {311}).

Pl.: „Az [1 0 0] irány merőleges a (1 0 0) síkra.”

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX IZOTRÓP ÉS ANIZOTRÓP TULAJDONSÁGOK

- Irányok egyszerű köbös rácsban:



Az **egykristály** fizikai (termikus, mechanikai, elektromos, marási) tulajdonságai anizotrópák.
A **polikristályos anyagban** a kis egykristályok orientációja (általában) véletlenszerű, ezért átlagosan izotróp lesz. Pl. polikristályos Cu vezeték



Félfvezető anyagok, félfvezető szelet

10/40

ELEMI ÉS VEGYÜLETFÉLVEZETŐK, VALAMINT ADALÉKAIK A PERIÓDUSOS RENDSZERBEN

- Elemi félfvezetők
IV. csoport (és vegyületeik)
C, Si, Ge, α -Sn, vagy pl. SiC
- Ezek adalékai:
 - Donorok
Több elektron
(V. csoport)
 - Akceptorok
Kevesebb elektron
III. csoport
- Vegyületfélfvezetők:
 - III-V és II-VI
csoportpárosokon belül

| | | III | IV | V | VI |
|----|--|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | 5 B Bor 10,811 | 6 C Szén 12,0107 | 7 N Nitrogén 14,0067 | 8 O Oxigén 15,9994 |
| | | 13 Al Alumínium 26,98153 | 14 Si Szilícium 28,0855 | 15 P Foszfór 30,97376 | 16 S Kén 32,06 |
| II | | 31 Ga Gallium 69,723 | 32 Ge Germánium 72,64 | 33 As Arsén 74,92160 | 34 Se Szelen 78,96 |
| | | 48 Cd Kadmium 112,411 | 49 In Indium 114,818 | 50 Sn Ólom 118,710 | 51 Sb Antimon 121,760 |
| | | 80 Hg Higany 200,59 | 81 Tl Telúr 204,3833 | 82 Pb Ólom 207,2 | 83 Bi Bismut 208,98040 |
| | | | | | 84 Po Polónium (209) |



Félfvezető anyagok, félfvezető szelet

11/40

FÉLVEZETŐK KRISTÁLYSZERKEZETE

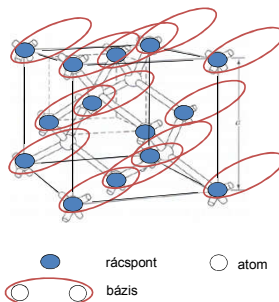
Gyémánt, szilícium:
két lapcentrált köbös rács elcsúsztatva
a térítő negyedével.

Az ún. „bázis” (atomi bázis) két
egymás mellett szén atom.

A rács lapcentrált köbös.

A kristály az atomi bázis eltolása
minden lehetséges rácsvektorral.

Elemi cella: egy kristály azon
legkisebb geometriai
egysége, amelynek három irányban
való, önmagával
párhuzamos eltolásával felépíthet a
kristály.



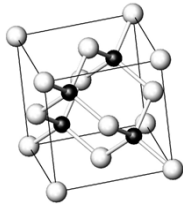
Félfvezető anyagok, félfvezető szelet

12/40

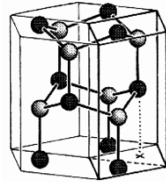
Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félfvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

FÉLVEZETŐK KRISTÁLYSZERKEZETE



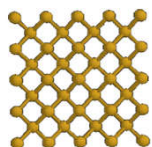
Lapcentrált kúbos, két különböző atomból álló bázissal (pl. GaAs): a pozíciók azonosak a gyémántrácscsal, de itt váltakoznak az atomok 1:1 arányban.



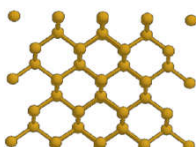
Hatszöges rács (pl.: GaN): a kétféle atom külön-külön hatszöges rácsot alkot.

FIZIKAI PARAMÉTEREK – MILLER-INDEX SI JELLEMZŐ ORIENTÁCIÓJA

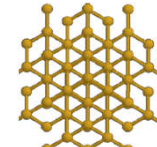
- Si kristály felhasználása meghatározza a kívánt orientációt:
 - CMOS: (100)
 - MEMS: (100) – az anizotróp maratás kihasználása érdekében! (111) irányban nagyon lassan maródik.
 - Bipoláris: (111)



100

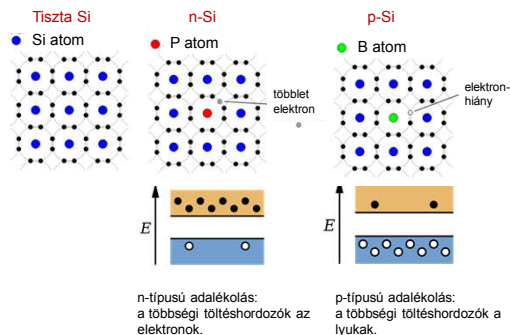


110



111

FIZIKAI PARAMÉTEREK – ADALÉKOLTSÁG HATÁSAI



Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

SZILÍCIUM-OXID TULAJDONSÁGAI

Szilícium-(di)oxid (SiO_2 , angol: silica), kristályos formája a kvarc. Tulajdonságok:

- elektromosan szigetelő
gate dielektrikum
- alacsony hővezetőképesség
- olvadáspont: 1830°C ($> \text{Si}$)
- kémiai és mechanikai stabilitása kiváló
 - savak közül csak a hidrogén-fluorid oldja (csak ezzel mintázható!), emiatt maratás maszkanyaga
 - diffúzió és implantáció esetében is maszk



FÉLVEZETŐ ANYAGOK, TULAJDONSÁGOK

| Elem/ vegyület | Tiltott sáv (eV) | Tiltott sáv (nm) | Tiltott sáv típusa |
|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Gyémánt (C) | 5,47 eV | 227 nm | indirekt |
| Szilícium (Si) | 1,11 eV | 1127 nm | Indirekt |
| Germánium (Ge) | 0,67 eV | 1851 nm | indirekt |
| Gallium-arzenid (GaAs) | 1,43 eV | 867 nm | direkt |

FIZIKAI JELLEMZŐK TÁBLÁZATBAN (Cu, Si, C, SiO_2)

A félvezető gyártástechnológiában fontos anyagok összehasonlító táblázata

| Anyag | Fajlagos ellenállás [Ωm] | Hővezetési tényező [W/(mK)] | Sűrűség [g/cm ³] | Formája a félvezető technológiában |
|--|---|-----------------------------------|---------------------------------|--|
| Réz (Cu) | $16,7 \times 10^{-8}$ | 400 | 8,94 | polikristályos |
| Szilícium (Si) | 10^3 | 150 | 2,33 | egykristály (szelet), polikristályos (elektroda) |
| C (gyémánt) | $10^{15}-10^{18}$ | 2000 | 3,52 | polikristályos (CVD) |
| Szilícium-dioxid (SiO_2) | 10^{16} | 1,38 | 2,63 | polikristályos |

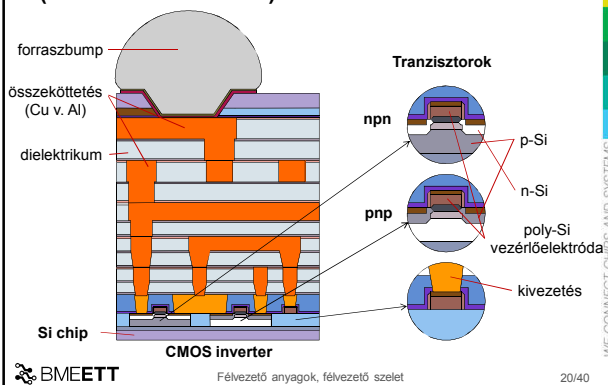
Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

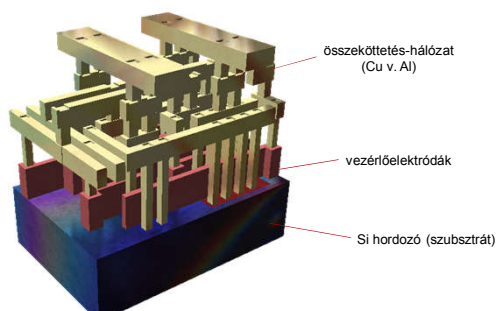
ÖSSZEFOGLALÁS – FÉLVEZETŐ ANYAGOK

- Az elektronszerkezet határozza meg a félvezető anyagok felhasználását.
- A kristályos anyagok speciális gyártástechnológiát igényelnek.
- Különböző anyagcsoportok (fémek, félvezetők, szigetelők) más-más paraméterei lényegesek: vezetőképesség, dielektromos állandó, hővezetés stb.
- A szilícium alapú elektronika fejlődését nagyban elősegítette, hogy a natív oxidja:
 - homogén,
 - kémiai szempontból ellenálló,
 - jó dielektrikum.

EGY MODERN IC SZERKEZETE (KERESZTMETSZET)



EGY MODERN IC SZERKEZETE (3D)



FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK TECHNOLOGIÁJA

„Síkbeli” gyártási eljárás:

A szelet felületén található összes chip kialakítása **egyidejűleg történik**.

Az építkezés lépései:

Félvezető, fém, és szigetelő rétegek egymásra történő leválasztása, és rajtuk a kívánt mintázatot kialakítása.

A legtipikusabb anyagok:

- Si szubsztrát – adalékolva a kívánt területeken
- SiO_2 szigetelő rétegek (vagy „high-k”, ill. „low-k” dielektrikumok)
- Si_3N_4 passzíváló réteg
- Polikristályos Si – kapuelektrodák
- Fém vezetékezés és kontaktusok (Cu v. Al)
- PSG (foszfoszilikát üveg) a fém vezetékezés rétegek között



Félvezető anyagok, félvezető szelet

22/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

A CHIP GYÁRTÁSI LÉPÉSEI (ÁTTEKINTÉS)

I. Szilícium egykristály növesztése

- alapanyag
- olvadék készítése
- kristályhúzás

II. Egykristály öntecs feldolgozása

- fűrészelés, válogatás
- csiszolás, válogatás
- polírozás, válogatás

III. Szelet felhasználása

- mintázat és szerkezet kialakítása
- tördelés

IV. Tokozás

- kontaktálás
- tok kialakítása



Félvezető anyagok, félvezető szelet

23/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SI EGYKRISTÁLY NÖVESZTÉSE

1. Alapanyag: kvarchomok (SiO_2)

Tisztasági követelmények miatt speciális, Ausztrália partjáról

2. Polikristályos szilícium előállítás

3. Olvadék készítése

1600 °C-ra hevítve a poly-Si-t.

4. Öntecs húzása

Olvadékból szilárdul meg, orientált kristálymag felhasználásával.

Domináns eljárás: Czochralski-módszer



http://www.tf.uni-kl.de/matwis/amat/elmat_en/kap_6/illustrisi_einkrist_inset.jpg
2,25x3,14x20x2,33 kg= 330 kg



Félvezető anyagok, félvezető szelet

24/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

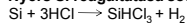
POLIKRISTÁLYOS Si KÉSZÍTÉSE

1. Homokból ívkemencében magas hőmérsékleten nyers Si



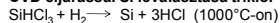
Ez a Si még szennyezett.

2. Nyers Si reagáltatása sósavval



A triklór-szilán gáz, könnyen desztillálható.

3. CVD eljárással Si leválasztása triklór-szilánból



Az utolsó lépésben keletkezett Si gőzfázisból válik ki egy pálcára (szintén Si).

A tiszta olvadékot ebből a pálcából készítik.



Félvezető anyagok, félvezető szelet

25/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

POLIKRISTÁLYOS Si KÉSZÍTÉSE: „parts-per” ARÁNYSZÁMOK

• % százalék 10^{-2}

• ‰ ezrelék 10^{-3}

• ppm parts per million 10^{-6}

Egy csepp víz 50 literhez képest

• ppb parts per billion 10^{-9}

Egy csepp víz egy plafonig vízzel telt nappalihoz képest

• ppt parts per trillion 10^{-12}

Egy csepp víz 20 színültig töltött versenymedencéhez képest

Kis mennyiségű szennyezők mennyiségének, ritkán előforduló hibák gyakoriságának kifejezésére használjuk.

(pl. „A forrasztási hiba gyakorisága 500 ppm, azonnali közbeavatkozást igényel”)



Félvezető anyagok, félvezető szelet

26/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

OLVASZTANDÓ Poly-Si JELLEMZŐI

| jellemző | anyag | határ |
|----------------|---------------------|-----------------|
| szennyezettség | donorok (P, As, Sb) | <300 ppt (atom) |
| | akceptorok (B, Al) | <100 ppt (atom) |
| | szén | <200 ppb (atom) |

• Adalékolás (*doping*): anyagok tudatos bejuttatása abból a célból, hogy a Si, vagy más félvezető sávszerkezetét a gyártandó eszköz működése szempontjából előnyösen megváltoztassuk. Pl.: p-Si-ban a bór (B) adalék.

• Szennyezés: olyan anyagok véletlenszerű bejutása, amelyek a működés szempontjából károsak, vagy káros. Pl.: „tiszta” Si-ban a bór (B) szennyező.



Félvezető anyagok, félvezető szelet

27/40

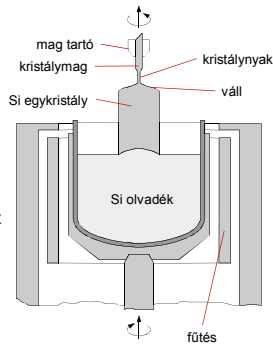
WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

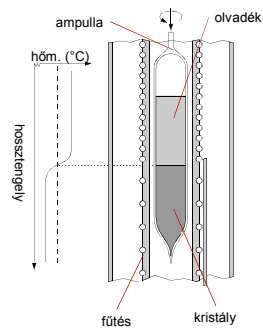
A CZOCHRALSKI ELJÁRÁS

- A Si olvadékából orientált kristállyal húzzuk a kristályt, forgatás közben.
- Lényeges paraméterek: hőmérséklet (olvadáspont: 1414 °C), forgatás sebessége
- Adalékolás megoldható gáz vagy folyadék fázisból.
- Szennyeződés mértéke alapján osztályozhatók.



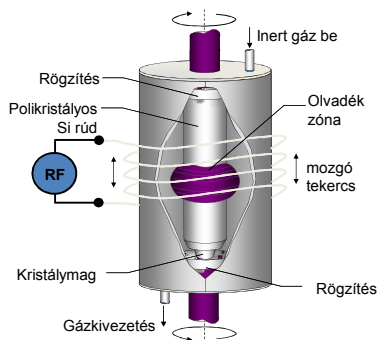
A BRIDGMAN-STOCKBARGER ELJÁRÁS

- Lezárt ampullát húzzunk végig egy csökkenő hőmérsékletű zónán.
- Si esetében kevésbé használatos.



MOZGÓZÓNÁS („FLOATING ZONE” - FZ) ELJÁRÁS

- A polikristályos rudat lassan mozgó tekercsel indukcióval megolvasztunk.
- A lassú kristályosodás egykristályt eredményez.
- Tisztításra is használatos. pl.: zónás tisztítás. A fázisok közötti szegregációt használja ki.



FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

TISZTASÁGI KÖVETELMÉNYEK

ISO 14644-1 szabvány

| Osztály | Levegő részecskék száma / m ³ | | | | | | FED STD 209E szerint |
|---------|--|---------|---------|------------|-----------|---------|----------------------|
| | ≥0.1 μm | ≥0.2 μm | ≥0.3 μm | ≥0.5 μm | ≥1 μm | ≥5 μm | |
| ISO 1 | 10 | 2 | | | | | |
| ISO 2 | 100 | 24 | 10 | 4 | | | |
| ISO 3 | 1,000 | 237 | 102 | 35 | 8 | | Class 1 |
| ISO 4 | 10,000 | 2,370 | 1,020 | 352 | 83 | | Class 10 |
| ISO 5 | 100,000 | 23,700 | 10,200 | 3,520 | 832 | 29 | Class 100 |
| ISO 6 | 1,000,000 | 237,000 | 102,000 | 35,200 | 8,320 | 293 | Class 1000 |
| ISO 7 | | | | 352,000 | 83,200 | 2,930 | Class 10,000 |
| ISO 8 | | | | 3,520,000 | 832,000 | 29,300 | Class 100,000 |
| ISO 9 | | | | 35,200,000 | 8,320,000 | 293,000 | Szobai levegő |

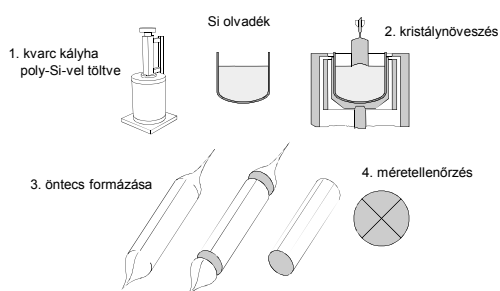


Félvezető anyagok, félvezető szelet

31/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SI EGYKRISTÁLY FELDOLGOZÁSA

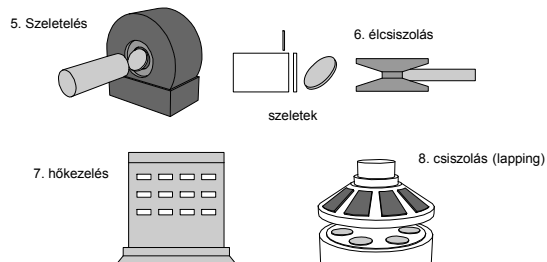


Félvezető anyagok, félvezető szelet

32/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SI EGYKRISTÁLY FELDOLGOZÁSA



Félvezető anyagok, félvezető szelet

33/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

Anyagok és fizikai tulajdonságaik a félvezetőtechnológiában

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

SI EGYKRISTÁLY FELDOLGOZÁSA

9. maratás

10. polírozás

11. tisztítás

12. elektromos tulajdonságok érintésmentes mérése

BMEETT

Félvezető anyagok, félvezető szelet

34/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZELETELÉS

- Előtte:
ún. **flat** beköszörülése,
amely mutatja
az **orientációt**

és

az **adalékolást**.

BMEETT

Félvezető anyagok, félvezető szelet

35/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

SZELETELÉS, CSISZOLÁS, POLÍROZÁS

- Belső vágóélű gyémánt körfűrészszel kb. 1 mm vastag szeleteket vágnak az öntecsből.
- A szeletelés hatására a felület szennyeződik, és repedezik.
- Ennek kiküszöbölésére több lépcsős csiszolást (mechanikai), és kémiai-mechanikai polírozást alkalmaznak.

BMEETT

Félvezető anyagok, félvezető szelet

36/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

CSISZOLÁS (LAPPING)

Feladata:

- Felületi repedések, vágási nyomok eltávolítása,
- szelet vékonyítása,
- mechanikai feszültségek felszabadítása



- Eredmény: szelet (wafer)

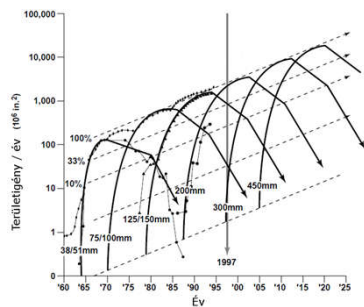
SI SZELETMÉRET ÉS ÖSSZES GYÁRTOTT SZELETFELÜLET

Jelenleg folyik a 300 mm-es átmérőről való áttérés a 450 mm-re.

Az összes felület exponenciálisan növekszik.

Kihívás:

- nagy szeletméret (nagy, nehéz öntecs)
- kihozatal növelése



ÖSSZEFOGLALÁS – FÉLVEZETŐ SZELET ELŐÁLLÍTÁSA

- A szilícium alapanyaga a természetben bőséggel áll rendelkezésre.
- A természetből nyert homokot tisztítani kell a félvezetőgyártás számára
- Rendkívüli tisztasági körülmények közt kell gyártani (a szennyezés befolyásolja a félvezető eszköz működését).
- A technológia több (mechanikai, kémiai) lépésből áll, melynek eredménye az eszközgyártásra alkalmas szelet.

FÉLVEZETŐ ALAPÚ ESZKÖZÖK GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁJA

TARTALOMJEGYZÉK

- Anyagok áttekintése, fizikai tulajdonságok
 - Félvezető anyagok elhelyezése a periódusos rendszerben, elektronszerkezet
 - Kristályszerkezetek a IV. főcsoport környékén (C, Si, Ge, III-V vegyületek, n- és p-típusú adalékolás anyagai)
 - Szilícium-dioxid legfontosabb tulajdonságai
- Modern IC felépítése (áttekintés):
 - félvezető szerkezetek (adalékolás),
 - dielektrikum rétegek,
 - összeköttetés-hálózat
- Si nyersanyagtól („homok”) a félvezető szeletig
- Egykristályok előállítása
 - kristályhúzás, Czochralsky, Bridgman-Stockbarger
 - jellemző tulajdonságok (méret, diszlokációsűrűség)
- Szeletkészítés



Félvezető anyagok, félvezető szelet

40/40

WE CONNECT CHIPS AND SYSTEMS