

Kicsit moderáltam a tartalmat, innentől mehet vikire ha kell. A korábbi trollkodást azért elmentettem ha valakinek kéne... Kössz a közreműködést mindenkinek !

AKI ESETLEG NEM JÁRT ELŐADÁSRA:

ÖSSZESEN 5 KÉRDÉS LESZ A ZH-N EBBŐL 3 A MIZSEI-FÉLE ANYAGBÓL!

A MIZSEIN KÍVÜL VOLT MÉG A POPPE ÉS MÉG EGY FICKÓ AZ ETT-RŐL

EGY POPPÉS ÉS EGY ETT-S KÉRDÉS VÁRHATÓ!

Kérdés: Poppét miből lehet jól megtanulni?

AZ ETT-S FICKÓ NEM TUDOM MIT TOLT, DE POPPE HŐTERJEDÉSSEL KAPCSOLATOS DOLGOKAT MESÉLT

UPDATE!!!: Az ETT-s fickó Németh Pál volt, ezt toltá: http://www.ett.bme.hu/upload/1235122967656.7_a22a8d53745680134a3e43afc72d1795/Megb_szerelés_2014.pdf

A 16. oldalig jutottunk, a 2 témakörből 1 kérdés várható.

Mivel a maradékban csak forrasztási hibák vannak, max 2 perc átnézni... de nem hinném, hogy kell

Ja és elvileg ez is elhangzott órán: Az egyik csoportnak szeretlen lemezek vizsgálata és nyhl vizsgálat lesz, míg a másiknak valami élettartamos vagy környezetállóság

Szerkesszétek !

Legyen értelmes ! Már nem az!

Minőségbiztosítás a mikroelektronikában – EET kérdések, témakörök

Tartalomjegyzék

[0. Tavalyi ZH](#)

[Egyik csoport](#)

[Másik csoport](#)

[1. Félvezető egykristály szeletek legfontosabb geometriai jellemzői, ezek mérési módszerei](#)

[2. Félvezető alapanyagok legfontosabb elektromos jellemzői \(felsorolás, definíciók\)](#)

[Fajlagos Ellenállás:](#)

[Négyzetes ellenállás:](#)

Adalékkoncentráció:

3. Félvezetők fajlagos ellenállása illetve lemezszerű rétegek négyzetes ellenállása homogén ill. inhomogén adalékolás esetén, Gummel szám

4. Félvezetők fajlagos ellenállásának mérési módszerei (4 tűs, terjedési ellenállás mérése)

Négytűs mérés:

Terjedési ellenállás mérése:

5. Félvezetők fajlagos ellenállásának örvényáramú mérési módszere

6. Inhomogén adalékolás mélységfüggésének meghatározási módszerei (ellenállásmérés, C-V mérés)

Ellenállásmérés:

A C-V mérés fő célja.

A MOS rendszerben C-V módszerekkel vizsgálható, technológiával összefüggő mennyiségek

A CV mérés menete:

7. Mi a tesztábrák szerepe a technológiai folyamat ellenőrzésében?

8. Milyen tesztábrák szükségesek a kontaktusok átmeneti ellenállásának és megbízhatóságának meghatározásához?

9. Milyen tesztábrák szükségesek a fotoreziszt és marási technológia felbontásának meghatározásához?

10. Milyen tesztábrák szükségesek az illesztési pontosság meghatározásához?

12. Fizikai jelenségek félvezetők felületi tartományaiban, az elméleti (ideális) C-V görbék

Fizikai jelenségek a felületen:

13. Mért C-V görbék kiértékeléséből meghatározható paraméterek, a számítások alapelvei

14. Optikai felületvizsgálati módszerek félvezetők vizsgálatára

15. Elektronsugaras technikák félvezetők vizsgálatára

16. Ionsugaras technikák félvezetők vizsgálatára

17. Tűs letapogatás felületvizsgálatra (Talystep, atomerő-mikroszkópia), a tű geometriájának szerepe a leképezésben

18. Termikus impedanciák, a termikus mérések felhasználása a minőség-ellenőrzés folyamatában:

0. Tavalyi ZH

Egyik csoport

nem ennyi feladat volt, ezek csak a részfeladatok (ha jól emlékszem)

1. Milyen technológiai tesztábrával lehet vizsgálni a fotoreziszt technika illesztési pontosságát ?
2. n- típusú félvezető energia-sávdiaagramja: akkumuláció, FB, kiürülés és erős inverzió

3. Pásztázó felületvizsgálati módszerek általános vonásai.

Nagy felbontóképesség, a minta vagy esetleg a tű mozgatásával állítják elő a képet. A pásztázó elektron mikroszkópnál az atomerő, vagy alagút mikroszkópos technológia részletesebb képet szolgáltat. A képalkotás felbontását a tű hegyének kialakítása határozza meg.

Pásztázó (felület)vizsgálat – általános megmondolás

- Vizsgált tárgy (felületi) felépítésének és/vagy egyéb tulajdonságának vizsgálata
- A felület egy pontjában vizsgálat elvégzése
- A felület mentén pásztázó (scanning) mozgás vagy a tárgy pásztázó mozgatásával a teljes vizsgált terület lefedése
- A pontonkénti vizsgálat eredményének összerakása
- pásztázó felületvizsgálattal többek között meghatározhatjuk a csíkszélességet

4. Milyen tényezők korlátozzák a képalkotási módszerek felbontását ?

5. A kumulatív struktúra függvény definíciója.

A kumulatív struktúra függvény az egy dimenziós hővezetési út hőkapacitását ábrázolja a hőforrástól mért hőellenállás függvényében.

A kumulatív struktúra függvény monoton növekvő, a különböző meredekségű "szakaszok" különböző anyagokat jelölnek, de a Cszumma értékét a hőáram áramlási keresztmetszete is befolyásolja. A struktúra függvény kis meredekségű részei (platók) mutatják a kis

hőkapacitású, de viszonylag nagy hővezetési ellenállású rétegeket, a platók szélessége szolgáltatja az adott réteg termikus ellenállását. A meredeken növekvő szakaszok a hőt jól vezető anyagokat jelölik. Azonos anyagú testek esetében a meredekség változása a hőterjedés keresztmetszetének változását jelenti. ÁBRA LEJJEBB

6. Adja meg egy tipikus teljesítmény félvezető eszköz hideg lemezen mért termikus egységugrás válaszfüggvényéből (Z_{th}) számított kumulatív struktúra függvényt $\ln - \log$ koordináta rendszerben !

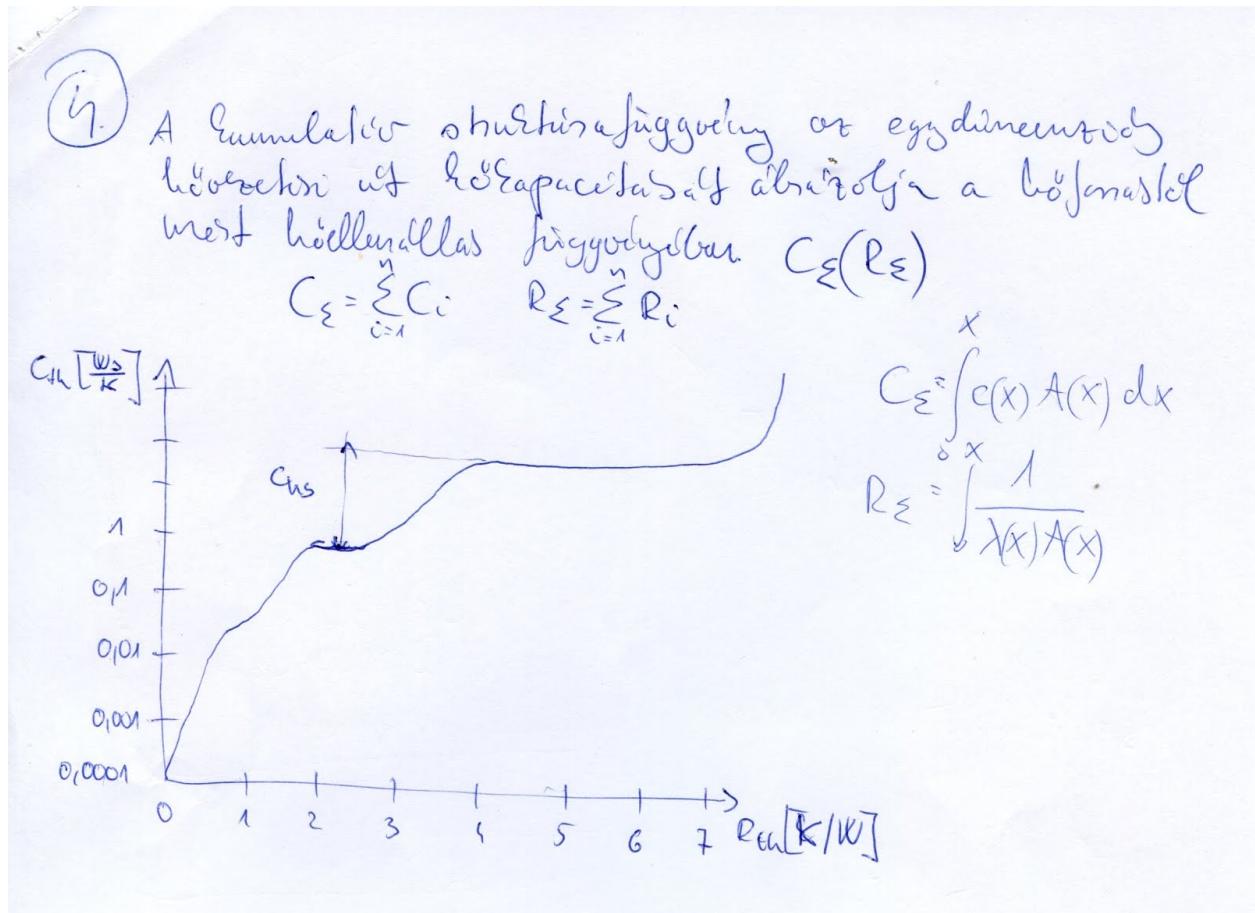
7. **Sorolja fel a kumulatív struktúra függvény néhány jellegzetes tulajdonságát vázolja fel, hogy a kumulatív struktúra függvényekkel hogyan detektálható a die attach delamináció !**

A kumulatív struktúra függvény az egy dimenziós hővezetési út hőkapacitást ábrázolja a hőforrástól mért hőellenállás függvényében. vagy inkább azt ábrázolja, hogy az amúgy elosztott paraméterű (termikus) hálózattal modellezett rendszerben hogyan terjed a hő a hőforrástól a mért pont felé.

Tulajdonságai: - monoton növekvő

- nincsenek rajta éles sarkok
- a teljes hőellenállás 1%-a a felbontóképessége
- a λ hőterjedési tényező konstans meredekséggel jelentkezik
- a különböző meredekségű szakaszok különböző anyagokat jelölnek (vagy

azonos anyagú, de különböző keresztmetszetű szakaszt



Die attach delamináció: Die attach delamináció esetén a hiba helyénél a plató kiszélesedik mivel ha elenged a ragasztó a hővezetési ellenállás megnő a két réteg között.

A kumulatív struktúra függvény deriváltja a differenciális struktúra függvény, ilyen ábrázolással az esetleges hiba még jobban észlelhető.

8. + egy számoló Állítólag ez nem lesz benne !

FELADATOK 2. ZH

A) Isopst

150 db mm-es

$$\mu = 4,1 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,03 \text{ mm}$$

$$T = 4 \text{ mm}$$

$$FTH = 4,2 \text{ mm}$$

$$ATH = 3,8 \text{ mm}$$

$$\Delta_{\text{szelvény}} = 0,015 \text{ mm}$$

$$C_M = \frac{FTH - ATH}{2 \Delta} = \frac{4,2 - 3,8}{2 \cdot 4 \cdot 0,03} = 1,667$$

$$C_{MU} = \frac{FTH - \mu}{\Delta} = \frac{4,2 - 4,1}{4 \cdot 0,03} = 0,833$$

$$C_{MK} = \min(C_{MU}, C_{ML}) = \underline{\underline{0,833}}$$

$$C_{ML} = \frac{\mu - ATH}{\Delta} = \frac{4,1 - 3,8}{4 \cdot 0,03} = 2,5$$

$$SMK_U = FTH - \mu - 3\Delta = 4,2 - 4,1 - (3 \cdot 0,03) = 0,01$$

$$SMK_L = \mu - ATH - 3\Delta = 4,1 - 3,8 - (3 \cdot 0,03) = 0,21$$

$$SMK = \min(SMK_U, SMK_L) = \underline{\underline{0,01}}$$

DMK

$$\mu_1 = 4,05 \text{ mm}$$

$$\Delta_1 = 0,033$$

$$DMK_U = FTH - \mu_1 - 3\Delta_1 = 4,2 - 4,05 - (3 \cdot 0,033) = 0,051$$

$$DMK_L = \mu_1 - ATH - 3\Delta_1 = 4,05 - 3,8 - (3 \cdot 0,033) = 0,151$$

$$DMK = \min(DMK_U, DMK_L) = 0,051$$

EMK

$$\mu = 4,05$$

$$\Delta_{\text{szelvény}} = 0,015$$

$$T = 4$$

$$T = 4$$

$$EMK_U = FTH - \mu - 3\Delta_{\text{szelvény}} = 4,2 - 4,05 - (3 \cdot 0,015) = 0,105$$

$$EMK_L = \mu - ATH - 3\Delta_{\text{szelvény}} = 4,05 - 3,8 - (3 \cdot 0,015) = 0,205$$

$$EMK = \min(EMK_U, EMK_L) = \underline{\underline{0,105}}$$

$$EMK - DMK = \underline{\underline{0,054}}$$

Másik csoport

1. Milyen technikai tesztábrával lehet a négyzetes ellenállást vizsgálni?

Ide melyik tesztábra kéne? Szerintem amelyik az átmeneti ellenállásoshoz van, de pl a cross bridge is jó lehet esetleg az a kerszt alakú négy kivezetéses !

2. n- típusú félvezető energia-sávdigramja: akkumuláció, FB, kiürülés és erős inverzió
3. Közelítési mikroszkópia példa. Négy tűs mérés vékony lemez esetén
4. Kumulatív struktúra függvény + rajz ugrásfüggvényre adott válasz ...
5. + számolós

PótZh

1.- Pásztázó Alagút mikroszkóp, működés elve és jellemzők

2.- Minőséget leíró függvények, és modellek - (arrhenius coffin manson stb.) (hibaráta, megbízhatósági fv stb.)

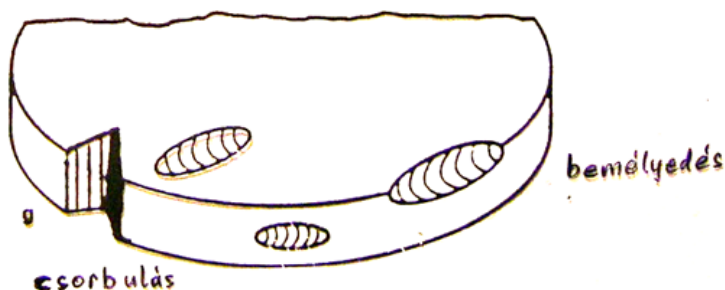
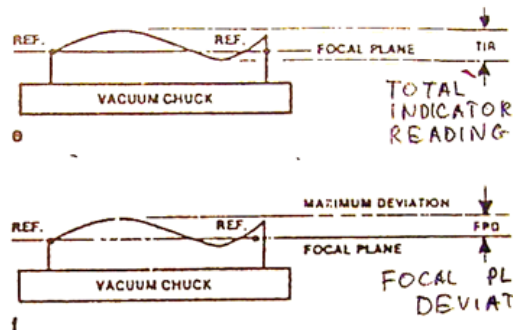
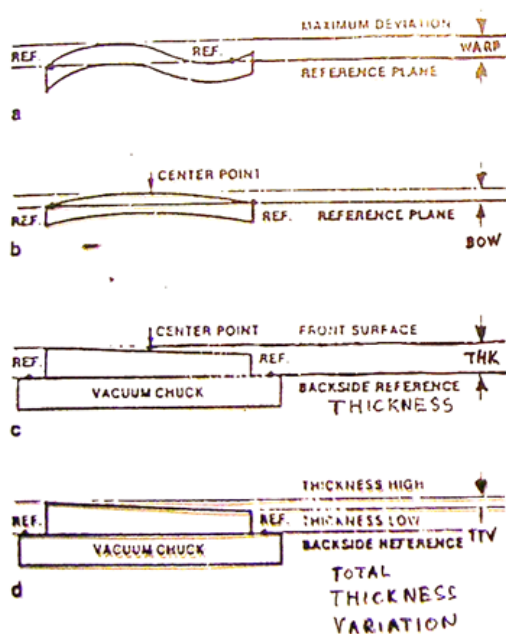
4.- N adalékolású fél3.- Nagyfrekvenciás C-V görbe P adagolás esetén, mit jellemez mit lehet leolvasni róla vezető esetén, erős inverziónál a töltések eloszlása

5.- Egy LED élettartam diagramja L70-B50 mit jelent ez. Mire használják az ilyen típusú diagramokat? talán:

<http://www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-8/issue-10/features/understanding-the-difference-between-led-rated-life-and-lumen-maintenance-life-magazine.html>

1. Félvezető egykristály szeletek legfontosabb geometriai jellemzői, ezek mérési módszerei

Si egykristályszelet geometriai hibái



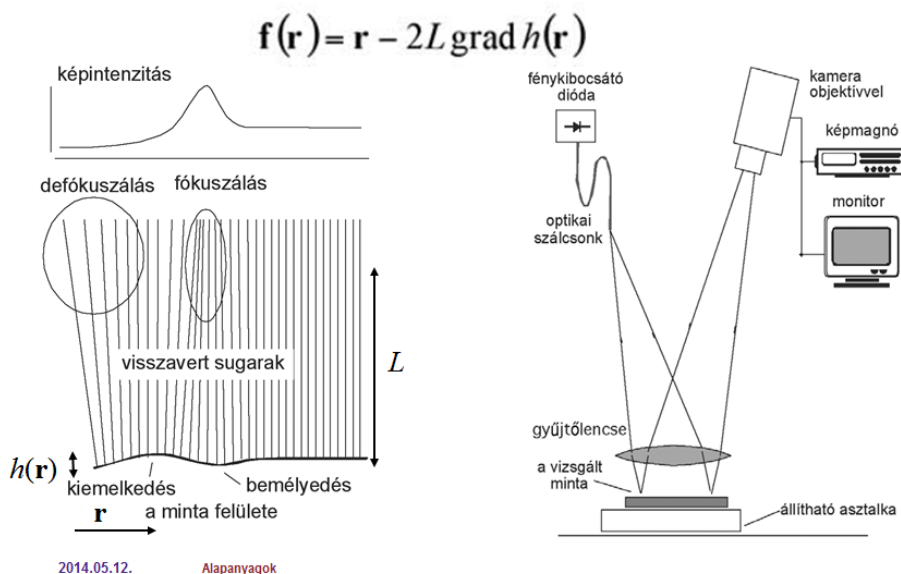
2014.05.12.

Alapanyagok

7

Vastagságmérés: ultrahangos, vagy kapacitív mérőeszközzel
Felületi hibák: Makyoh topográfia

A Si egykristály geometriai hibáinak vizsgálata Optikai úton, Makyoh topográfiával



Lehet még bullshitelni, hogy milyen irányban metszik az egykristályt, meg hogy egyre nagyobbak a szeletek, most tartunk 450mm átmérőnél.

Ellenben ennél sokkal fontosabb, hogy:

- ▶ Két érintésmentes módszer a szelet vastagságának mérésére:
 - Ultrahangos: a minta alsó és felső felületéről visszaverődő hullámokat méri
 - Kapacitív: két elektróda közé helyezik a mintát, így két sorbakapcsolt kondenzátor keletkezik

2. Félvezető alapanyagok legfontosabb elektromos jellemzői (felsorolás, definíciók)

Fajlagos Ellenállás:

Az ellenállás függ a szabad elektronok és lyukak sűrűségétől és a mozgékonyaságuktól

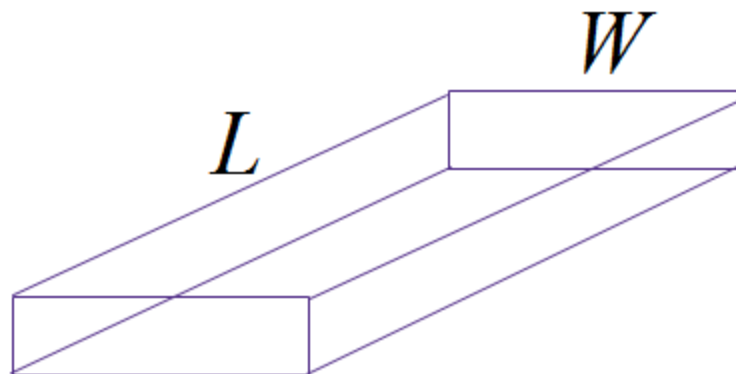
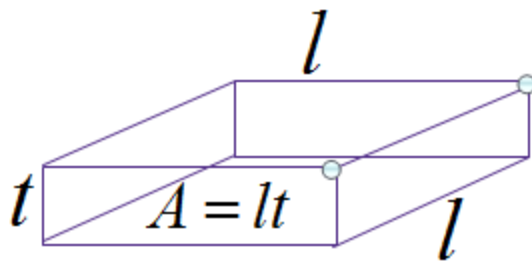
$$\rho = \frac{1}{q(n\mu_n + p\mu_p)}$$

μ_n :elektronok mozgékonyága, μ_p :lyukak mozgékonyága

Négyzetes ellenállás:

olyan ellenállás amelynek szélessége és hossza egyenlő egymással, vastagsága általában változik. Ha a vastagság és a fajlagos ellenállás állandó akkor az ellenállás értéke független a hosszától és a szélességtől. Ennek ott van értelme pl az integrált áramköröknél ahol minden ellenállás vastagsága és fajlagos ellenállása azonos $\rightarrow$ így a különböző ellenállásértékek a hosszúság és a szélesség különböző arányaival valósíthatók meg.

$$R \Rightarrow \rho \frac{l}{A} = \rho \frac{l}{lt} = \frac{\rho}{t} = R_s \quad R = R_s \frac{L}{W}$$



Adalékkoncentráció:

az adalékköltség teljes térfogatra vonatkoztatott összetétele ?

Mozgékonyság:

nem mindig ismert, lehet az adalékolás inhomogén laterálisan és vertikálisan is.

Töltéshordozó élettartam:

az az átlagos idő, amit egy elektron a vezetési sávban tölt

$$\tau = \frac{n_i}{2N} \cdot T$$

Ha jó minőségű a félvezető lassabban gyűlemlik fel töltés. Tehát ha tau minél nagyobb! Ha $\tau < 1\mu s$, akkor pl sok kristályhiba, stb.

n_i : intrinsic koncentráció $\sim 10^{10}$, N : adalékoltság mértéke $\sim 10^{15}$

3. Félvezetők fajlagos ellenállása illetve lemezszerű rétegek négyzetes ellenállása homogén ill. inhomogén adalékolás esetén, Gummel szám

Fajlagos ellenállás, négyzetes ellenállás az előző pontban... Inhomogén esetben az a lényeg, hogy a félvezető adalékoltsága a térben változik ezért mindenféle integrálokkal kell kiszámítani azt...

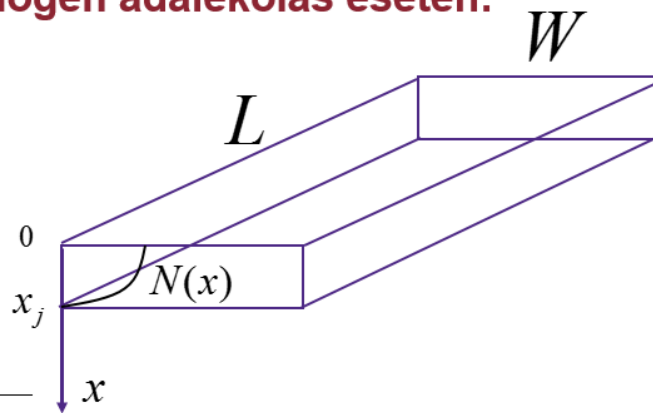
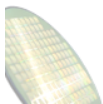
Négyzetes ellenállás inhomogén adalékolás esetén:

$$dG = \frac{1}{\rho} \frac{W}{L} dx = q\mu N(x) \frac{W}{L} dx$$

$$G = \int_0^{x_j} q\mu N(x) \frac{W}{L} dx$$

$$R = \frac{1}{\int_0^{x_j} q\mu N(x) \frac{W}{L} dx} = \frac{L}{W} \frac{1}{q\mu \int_0^{x_j} N(x) dx}$$

$$R_s = \frac{1}{q\mu \int_0^{x_j} N(x) dx}$$



Gummel szám:

$$\frac{\text{adalékatom}}{\text{felületegység}} = \int_0^{x_j} N(x) dx$$

4. Félvezetők fajlagos ellenállásának mérési módszerei (4 tűs, terjedési ellenállás mérése)

Négytűs mérés:

a parazita R_c R_p és R_{sp} elhanyagolható jobb megoldás mint a két tűs mérés



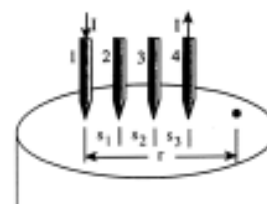
Négytűs mérés – feszültség 1.

- A feszültség az elektródától r távolságra:

$$U = \frac{\rho I}{2\pi r}$$

- Feszültség az 1. és 4. elektródák között végtelen féltérre közelítés esetén:

$$U_0 = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_4} \right)$$



2014.05.07.

Szilícium alapanyagok minősítése

11

Fesz a 2. elektródán:

$$U_2 = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2 + s_3} \right)$$

Fesz a 3. elektródán:

$$U_3 = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{s_1 + s_2} - \frac{1}{s_3} \right)$$

A mért fesz:

$$U = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2 + s_3} - \frac{1}{s_1 + s_2} + \frac{1}{s_3} \right) \rightarrow \text{ellenállás:}$$

$$\rho = \frac{2\pi V/I}{1/s_1 - 1/(s_1 + s_2) - 1/(s_1 + s_2) + 1/s_3}$$

Egyenközű elektródák esetén

$$\rho = 2\pi s \left(\frac{U}{I} \right)$$

- ▶ A képletben az elektródatávolság szerepel!
- ▶ Kisebb közzel szelet szélén is mérhetünk

Korrektciós tényező - vastagság

- ▶ Nem vezető hátoldal esetén vékony mintára:

$$F_{11} = \frac{t/s}{2 \ln(2)}$$

- ▶ Ez $t \leq s / 2$ esetében igaz
- ▶ Vékony minták esetében, F_2 és $F_3 \approx 1$ mellett:

$$\rho = \frac{\pi t}{\ln(2)} \frac{U}{I} = 4.532 t \frac{U}{I}$$

- ▶ A képletben az elektródatávolság helyett a lemez vastagsága szerepel, mint geometriai paraméter!

Két képlet van, az első amikor a szelet "végtelen vastag", meg ez a másik, amikor tényleg szelet. t esetleg el is hagyható ha nincsen megadva (előző zhn ezt kérdezte)

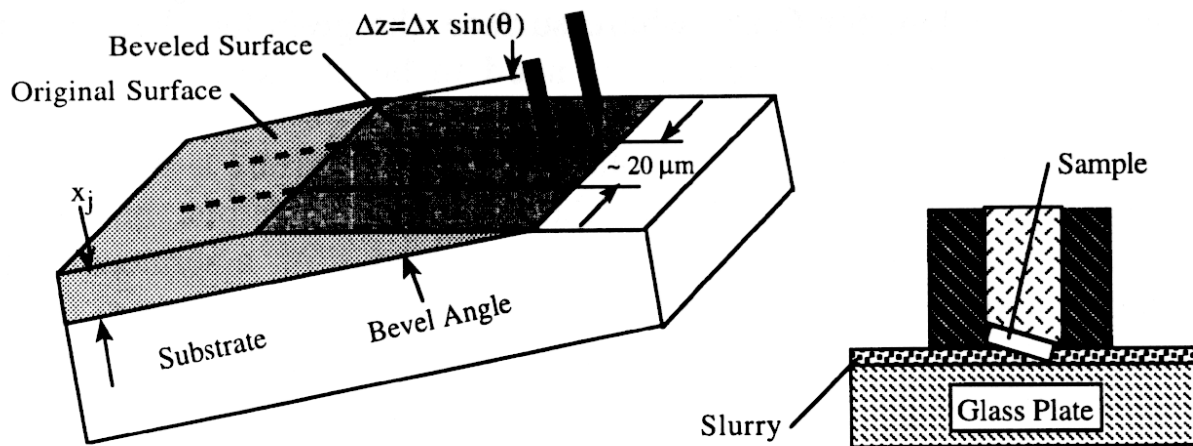
Terjedési ellenállás mérése:

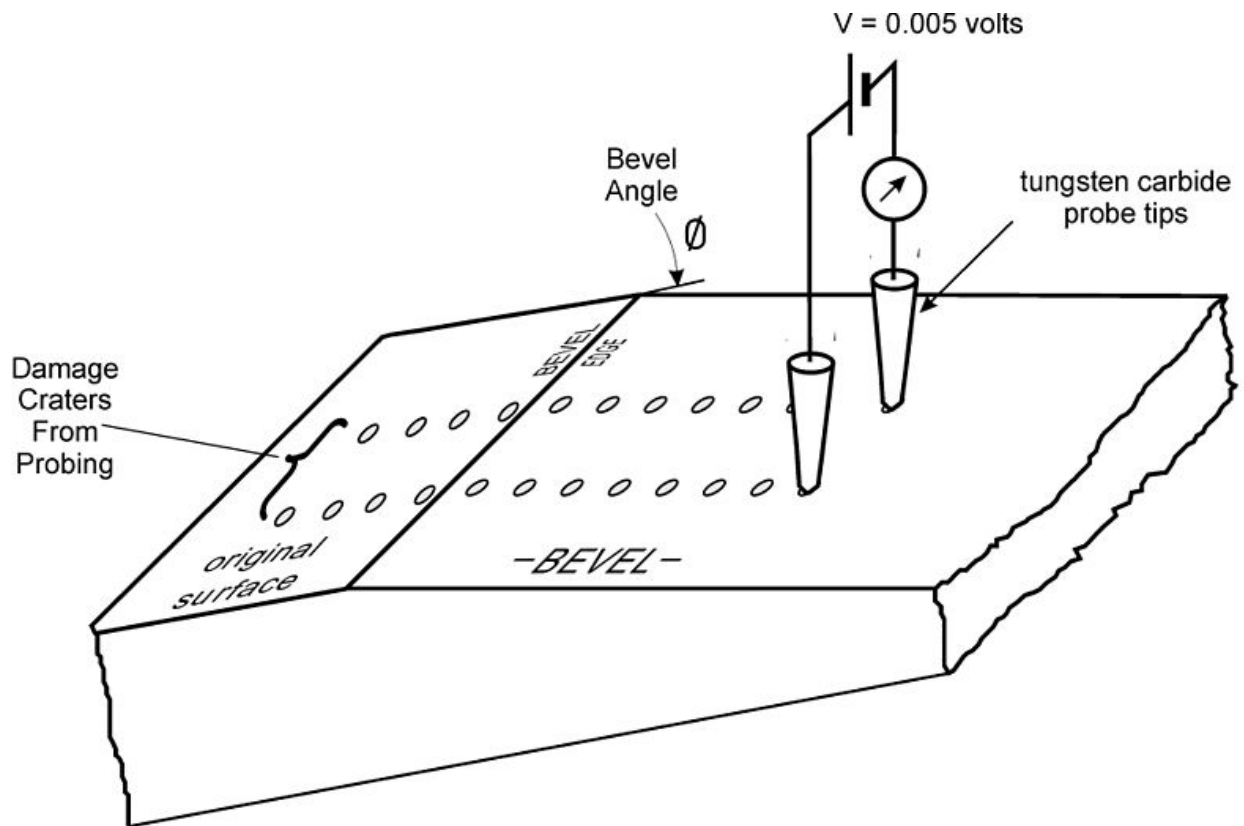
Arra való, hogy az ellenállás vs mélységet vizsgálják félvezetők esetén

Két pontosan igazított elektród végigléptetése a mintán – a ferde felület dőlés szöge 1 foknál kisebb is lehet az eredeti felület oxidálása segíti a helyes skálázást

A mérés megkezdése előtt az első lépés a minta preparálása. A szeletből ki kell vágni egy téglalap vagy négyzet alakú mintát, és ferdecsiszollal kell ellátni. Fontos, hogy a minta mindig egyforma nagyságú legyen, mert ez befolyásolja a mért szétterjedési ellenállást.

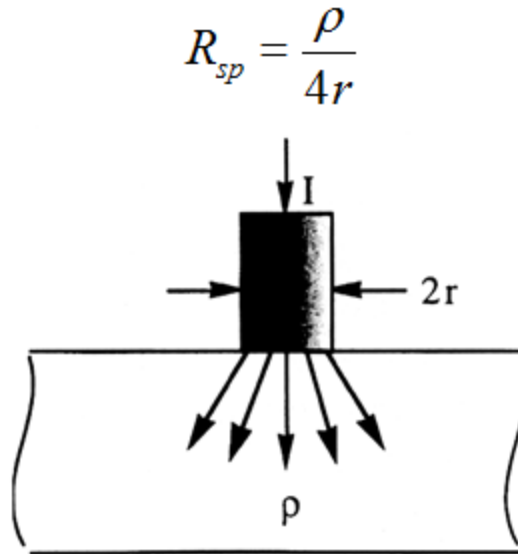
A ferdecsiszolat szerepe a következő: a csiszolat szögének ismeretében a mélység mérését vissza lehet vezetni egy sík irányú mozgás mérésére, amit pedig a gépen pontosan lehet irányítani. A ferdecsiszolat minősége egyik fontos tényezője a profilmérés pontosságának





A mérés úgy történik, hogy kis sugarú, kis fajlagos ellenállású (mWcm), kemény ötvözetből készült tűket helyezünk a mérendő félvezető anyag felületére és nyomást adunk rá. A tűk közti ellenállást kis egyenáramú előfeszítés mellett mérjük. A mérések kiértékelése azon a felismerésen alapul, hogy egy makroszkópikus testhez egy mikroszkópikus felületet csatlakoztatva, az áram szétterjedése az áramkörben egy ellenállás komponens eredményez

Az áram az elektródnál koncentrálódik és onnan áramlik szét sugárirányban hengeres a felülettel csak érintkező elektród esetén végtelen féltérre:



1

A mintába behatoló félgömb felületű elektródára:

$$U_{21} = I \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \Rightarrow R_{sp} = \frac{\rho}{2\pi r}$$

5. Félvezetők fajlagos ellenállásának örvényáramú mérési módszere

Párhuzamos rezonáns tank (amit magyarul rezgőkörnek hívnak....)– egy vezető anyag lerontja a jóssági tényezőt.

Az örvényáram technika egy fajlagos ellenállást mérő kontaktus mérő eljárás, amely egy induktív tekercsben a mintában generált visszáram által okozott elektromos veszteséget méri.

Másképp megfogalmazva:

A mérés alapja, hogy a mintát egy tekercs rádiófrekvenciás váltakozó mágneses terébe helyezzük, és egy elektronika segítségével mérjük a mintában indukált örvényáramok által okozott disszipációt

Kontaktus-mentes eljárás.

Előnyök:

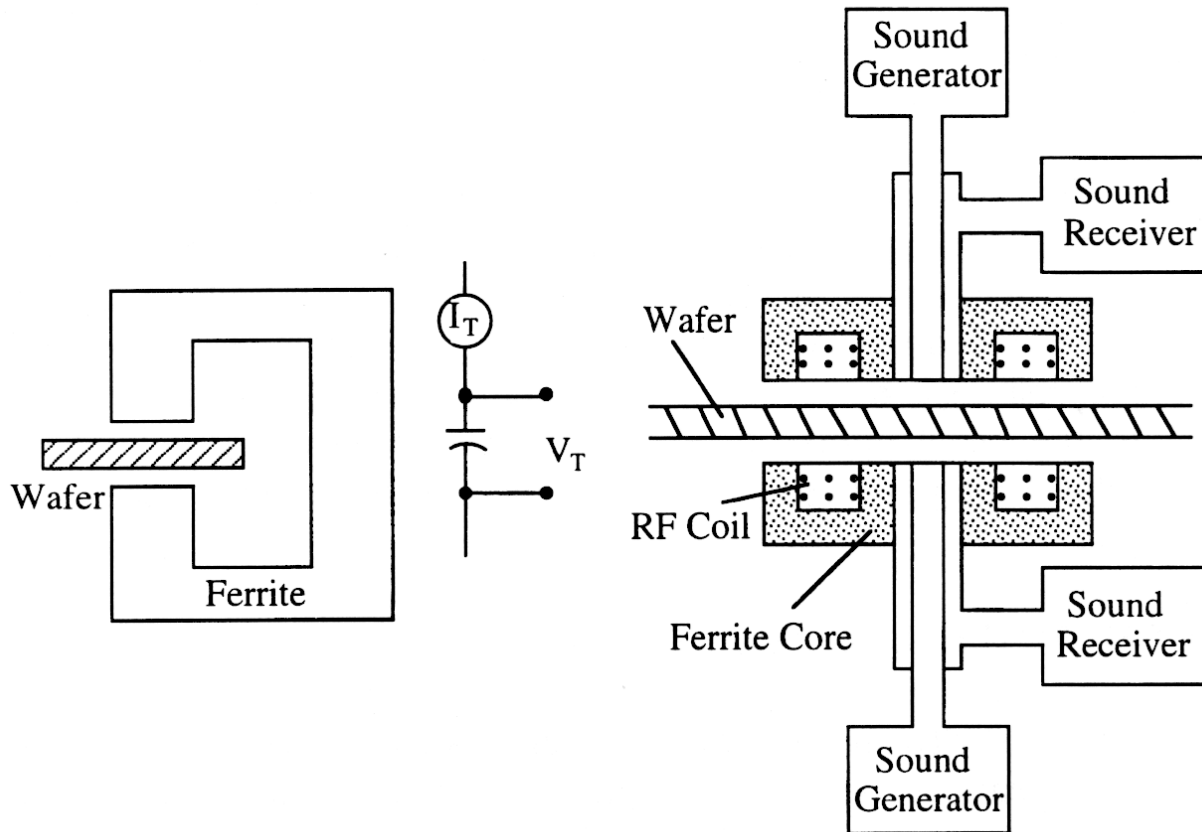
Fajlagos elleneállás homogenitásáról is ad információt.

Ténylegesen érintésmentes.

Hátrány:

Nem homogén adalékolás esetén R-nek csak valami átlagát mérjük.

Gyakran együtt van egy ultrahangos szeletvastagság mérővel.



6. Inhomogén adalékolás mélységfüggésének meghatározási módszerei (ellenállásmérés, C-V mérés)

Ellenállásmérés:

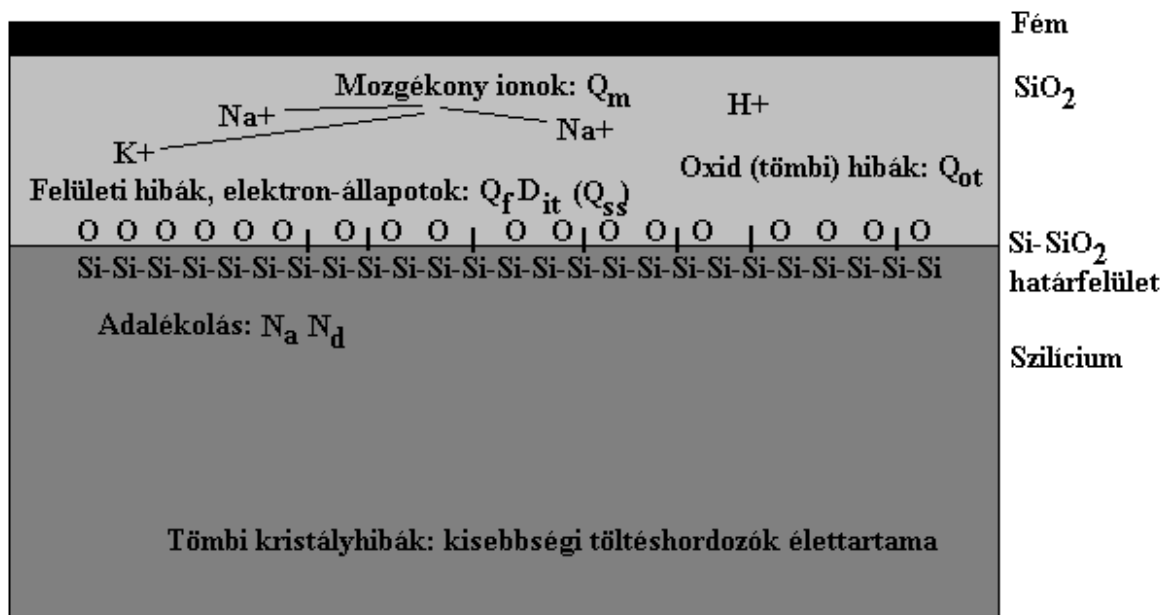
esetleg a terjedési ellenállás mérése jó lehet ? becsiszolva a cucc ferdén és a különböző mélységeknél mérni az ellenállást majd innen következtetni az adalékoltságra ??? **Vélemény** ?

A C-V mérés fő célja,

hogy információt adjon a MOS a rendszer töltésviszonyairól, és a kész eszköz várható működéséről, még annak elkészülte előtt. Ezek a technológiát jellemző információk a MOS rendszer C-V görbéjének elemzéséből kaphatók meg. **Az állandó értékű töltések hatására a görbe a feszültség tengely mentén eltolódik, a felületi potenciáltól függő töltések (Dit) hatására a görbe ellaposodik . Ugyancsak a görbe eltolódása az eredménye a fém és a félvezető közötti kilépési munka különbségnek (kontakt-potenciál).** Ennek megfelelően a töltések elkülönítése nem egyszerű, fel kell használni a töltések eredetével és tulajdonságaival kapcsolatos, egyéb ismereteket is (pld. hőmérséklet-függő tulajdonságok).

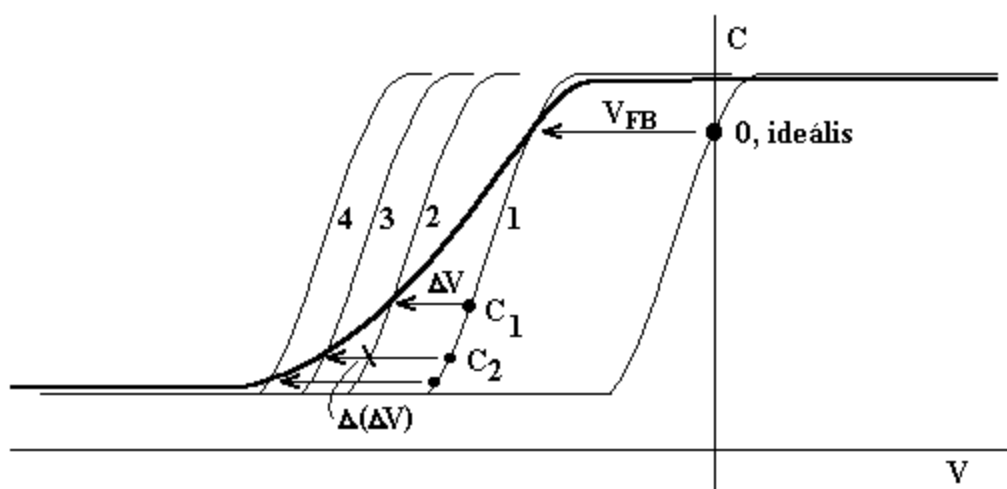
A technológus feladata, hogy a mérésekből meghatározott töltések ismeretében olyan változtatásokról, esetleg új technológiai lépésekről döntsön, amelyek lehetővé teszik az eszközök működését károsan befolyásoló töltések csökkentését, esetleg más töltésekkel való kompenzálását.

A mozgékony ionok száma kizárólag a tisztasági követelmények növelésével és szigorú betartásával tartható kellően alacsony szinten. A határfelületi állapotok sűrűsége (Q_{ss} , Q_f , Dit) semleges gázban vagy redukáló atmoszférában való hőkezeléssel csökkenthető. Ilyen atmoszférában ugyanis az oxidáció folyamata leáll, a magas hőmérsékleten azonban lehetőség nyílik a határfelületi kötések további rendeződésére. Lehetőség van az oxidtöltések hatásának kompenzációjára és a nyitófeszültség adott értékre való beállítására az inverziós csatorna tartomány implantációjával is.



A MOS rendszerben C-V módszerekkel vizsgálható, technológiával összefüggő mennyiségek

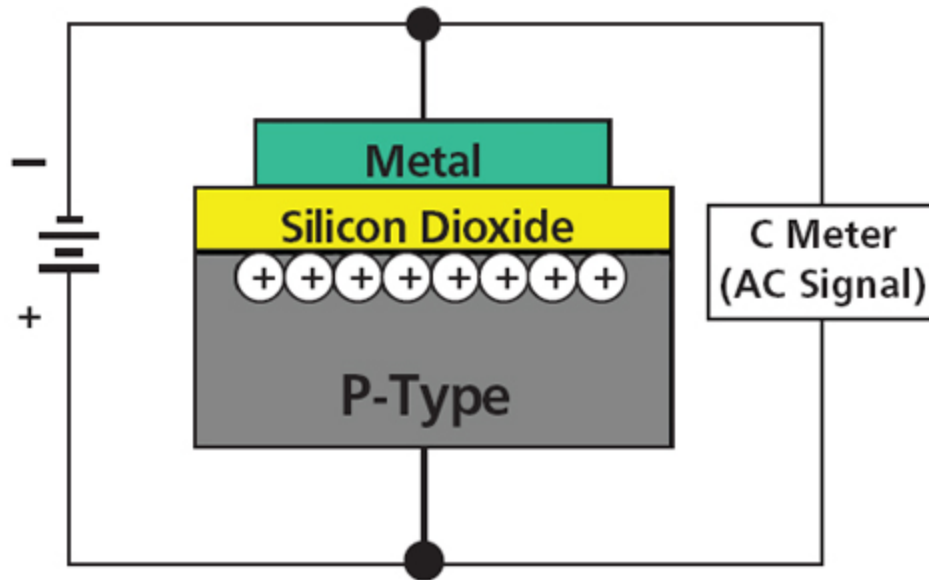
A határfelületi töltések nemcsak az aktív eszközök működésében játszanak fontos szerepet, hanem az egész félvezető lapkán. Minthogy ezek általában pozitív töltést jelentenek, ezért az N típusú félvezető felületet borító oxid alatt akkumuláció található. Gyengén adalékolt P felületen ezzel szemben inverziós réteg alakul ki, ami a P tartományban kialakított összes eszközt rövidre zárhatja. Az efféle parazita csatornák kialakulásának megakadályozására a felület közelében erősen adalékolt rétegeket kell létrehozni az egymástól elválasztandó területek körül (csatorna stop).



Az oxid töltések és a felületi állapotok hatása a MOS szerkezet C-V görbéire (n félvezető felület esetére). A görbe eltolódása a Q_f , Q_{ot} , Q_m töltések és a fém-félvezető kilépési munkák eltérésének következménye. A görbe ellaposodását a felületi potenciállal változó betöltöttségű csapdák (D_{it}) okozzák

A CV mérés menete:

A használt feszültséget változtatják miközben a kapacitás értékét folyamatosan mérik és rögzítik (a feszültség függvényében). Például így:



Amit ezzel meg lehet határozni: oxid vastagság, oxid töltés, adalékoltság (mozgékony cuccok)

7. Mi a tesztábrák szerepe a technológiai folyamat ellenőrzésében?

Az egyes legyártott termékek mellett teszt eszközöket is gyártanak. Ezen eszközök vagy tesztábrák mérési adataiból lehet következtetni a termék vagy a gyártási folyamat tulajdonságára.

Következtetni lehet a kihozatalra, vagy az alacsony kihozatal esetén felmerülő hibákra, lehetőség van a gyártási folyamat ellenőrzésére, szabályozására.

A tesztábrák a vágási sávokba kerülnek.

Tesztábrák felhasználási területei:

- Eszközparaméterek meghatározása
 - Direkt: egy-egy paraméter meghatározása minden más tényező kizárásával
 - Indirekt: általános adathalmaz gyűjtése, melyben minden paraméter benne van, majd ezek alapján algoritmusok segítségével határozzák meg a paramétereket
- Áramkör paramétereinek meghatározása
működési frekvencia, disszipáció
- Gyártási folyamat paramétereinek meghatározása
 - Optikai
 - Csíkszélesség, távolságok betartása
 - Megbízható és pontos
 - Lassú

- Elektromos
 - Adalékolás, négyzetes ellenállás
 - Elektromos jelre adott válaszból számítanak egy-egy paramétert
 - Automatizált
 - Pontos tervezés szükséges, hogy csak egy paramétertől függjön a jelre adott válasz
- Random hibaellenőrzés
 - Végzetes hibák kiszűrése: nem teljesen tiszta gyártósor, vagy nem egyforma gyártási folyamat
 - Megbízhatóság ellenőrzése: A vizsgált struktúrát erős igénybevételnek teszik ki (túlfeszültség, áramerősség, hőmérséklet, pára), ebből következően a hiba okok-> átütés, korrózió stb.

8. Milyen tesztábrák szükségesek a kontaktusok átmeneti ellenállásának és megbízhatóságának meghatározásához?

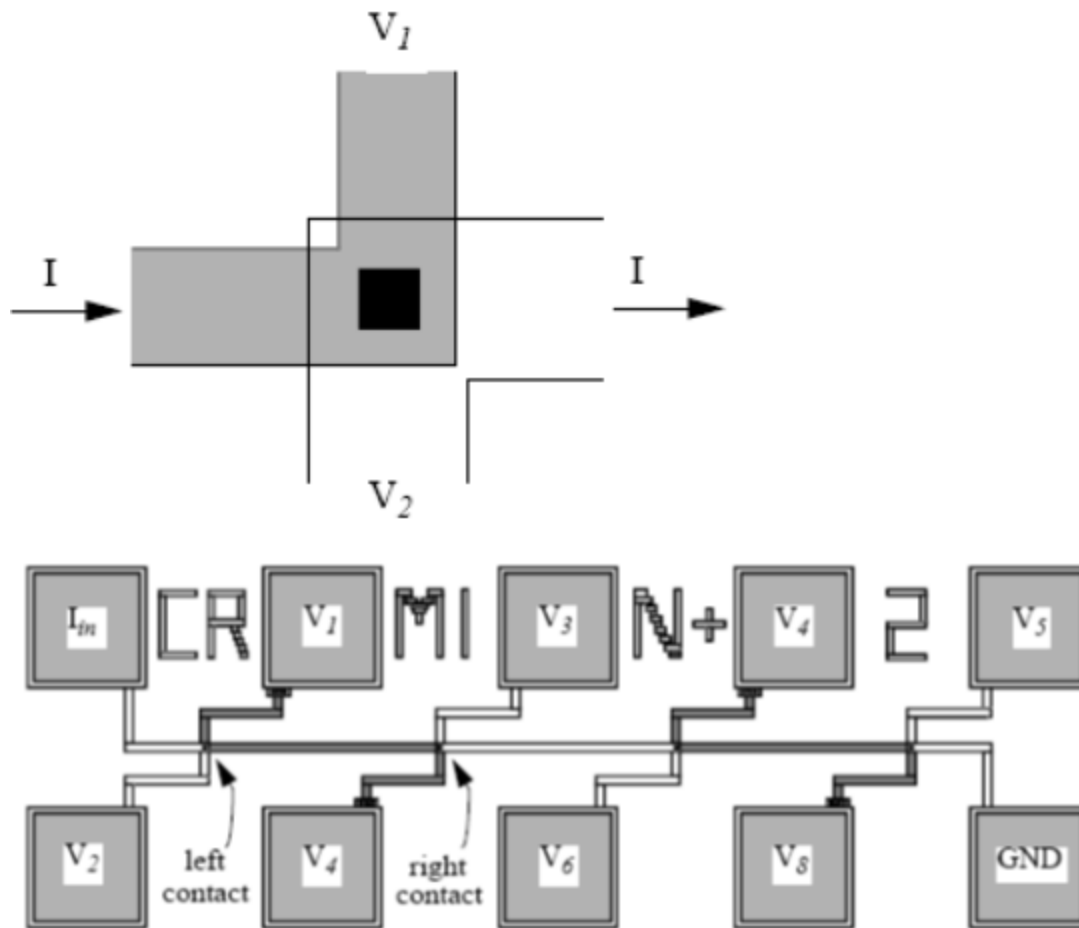
Kontaktus ellenállás

- Jelentős a szórás az ellenállások között
- Méretcsökkenés miatt nő az ellenállásuk
- 4 vagy 6 kivezetéses kontaktus láncokkal vizsgálják

Kontaktus ellenállásokat arra használják, hogy megmérjék a felületi ellenállást, a rétegek közötti ellenállást, vagy a rossz illesztést a maszkok között.

A mért ellenállás:

$$R_k = (V_1 - V_2) / I$$



egyes jelek jelentése:

CR: cross-contact resistance teszt struktúra

M1: a kontaktusok az "M1" fém (metal) és n diffúziú között vannak

2: 2um a kontaktus mindkét oldalán be van vágva

9. Milyen tesztábrák szükségesek a fotoreziszt és marási technológia felbontásának meghatározásához?

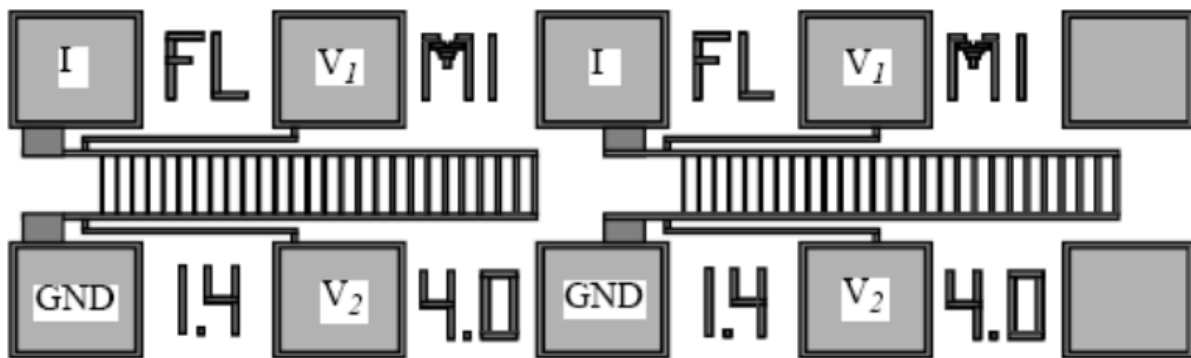
Fallon létra:

A minimális felbontás meghatározása

Kiszámított ellenálláslépcsők

A nem megvalósított ellenállások módosítják az eredő ellenállást

A fokok 0,1 μm -rel keskenyebbek, mint az őket megelőzőek

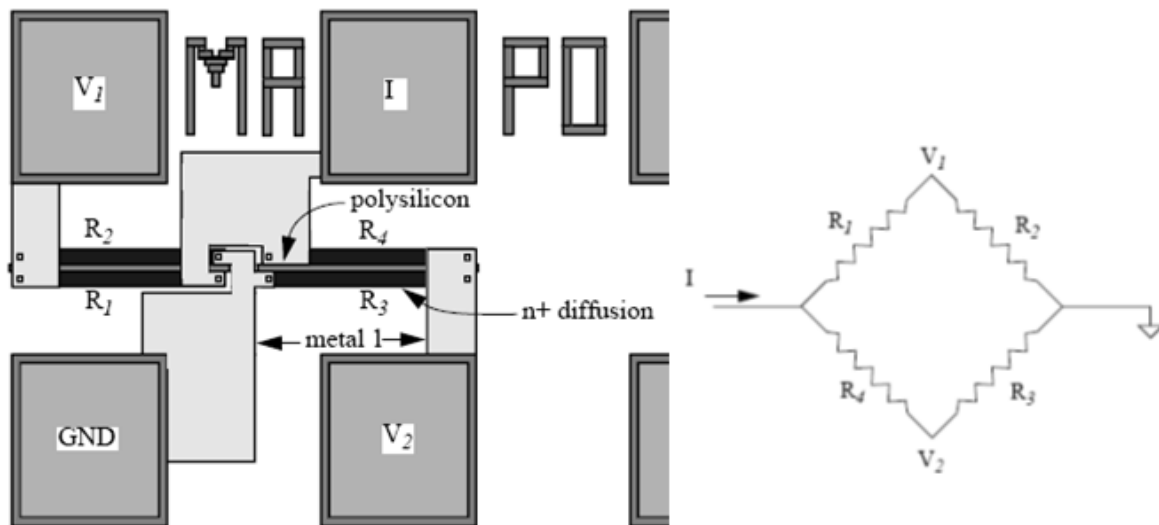


10. Milyen tesztábrák szükségesek az illesztési pontosság meghatározásához?

Önillesztő n+ hidak:

Egy másik komoly korlátozó tényező a folyamatban az illesztési pontosság az integrált áramkörök különböző rétegei között.

- ▶ Önillesztő n+ hidak: rétegek közötti félreillesztés vizsgálatára
- ▶ Az optikai ellenőrzés korai eredményeket ad, de időigényes és költséges lehet
- ▶ Az elektromos gyors és olcsó, de csak a megmunkálás után végezhető el a vizsgálat
- ▶ A struktúra két nagyon széles tranzisztorból áll, de a gate nincs bekötve
- ▶ A diffúziós rétegek alkotják az ellenálláspárokat



Wheatstone híd: ha kiegyenlítetlen, akkor illesztetlenség van a gyártás során.

- A négy ellenállás Wheatstone hídba kapcsolva
- A kialakítás miatt $R_2 = R_4$ és $R_1 = R_3$

$$V_1 = R_2 \frac{I}{2} \quad V_2 = R_3 \frac{I}{2}$$

$$R_2 - R_3 = 2 \frac{(V_1 - V_2)}{I} .$$

$$R_2 - R_3 = R_S \left(\frac{1}{W_2} - \frac{1}{W_3} \right)$$

innen

$$k = \frac{(R_2 - R_3)}{R_S L} = \frac{(W_3 - W_2)}{W_2 W_3}$$

$$R_2 = R_S \frac{L_2}{W_2} \quad R_3 = R_S \frac{L_3}{W_3}$$

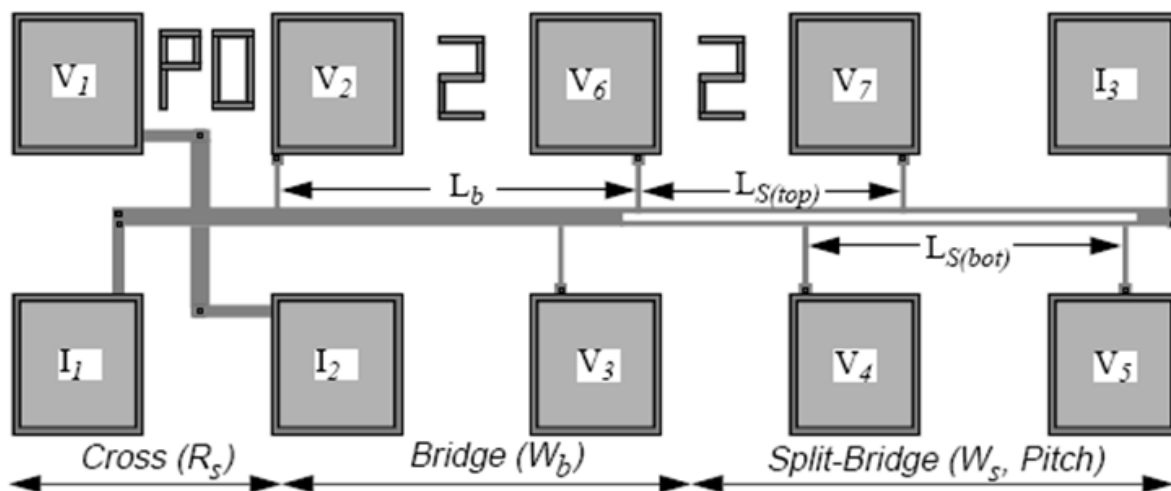
$$k = \frac{2(V_1 - V_2)}{I R_S L}$$



11. Mi a „kereszt-híd” ellenállás, és milyen jellemzők mérésére alkalmas?

Rétegellenállás és csíkszélesség meghatározás

Összeköttetések ellenállása, késleltetések, adalékolás, áramvezetési képesség határozható meg



Másik példa:

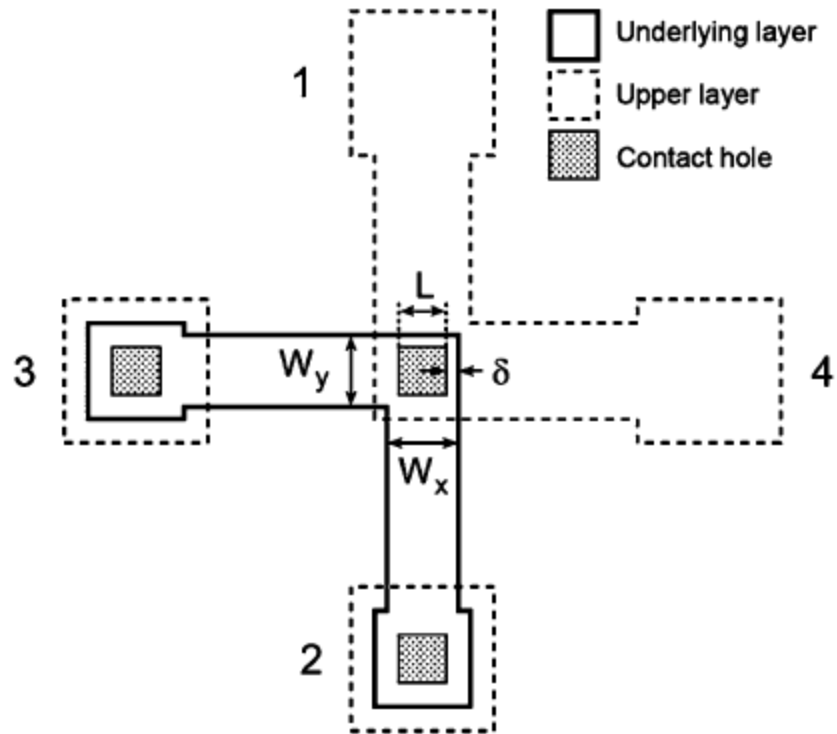
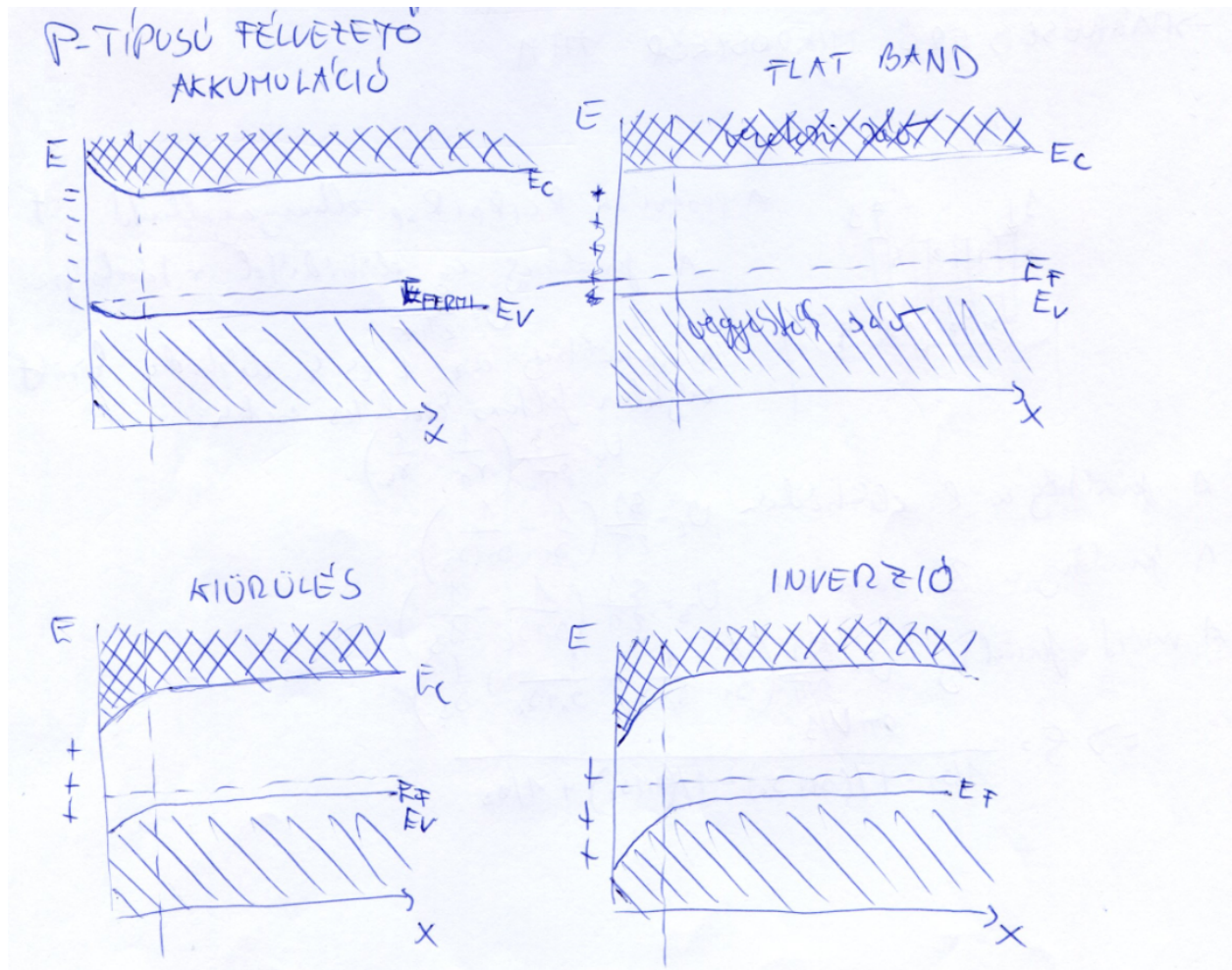


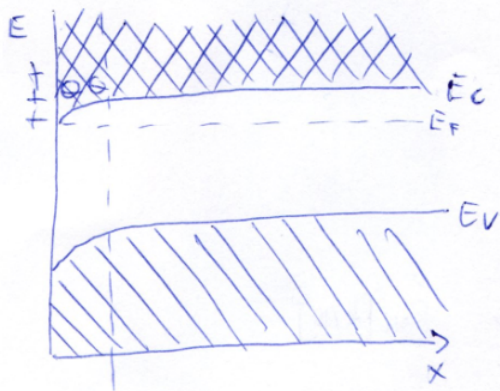
Fig. 1. Four-terminal CBKR structure with geometry parameters definition. In our structures, the contact geometry parameters (δ and L) for both layers are identical, unless mentioned otherwise.

12. Fizikai jelenségek félvezetők felületi tartományaiban, az elméleti (ideális) C-V görbék

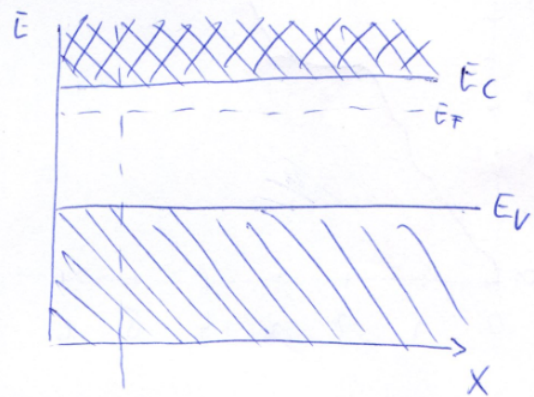
Fizikai jelenségek a felületen:



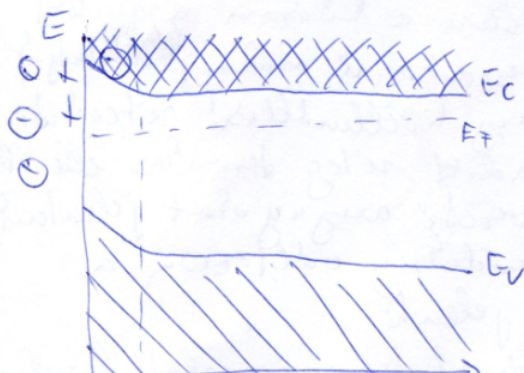
N-TÍPUS
AKKUMULÁCIÓ



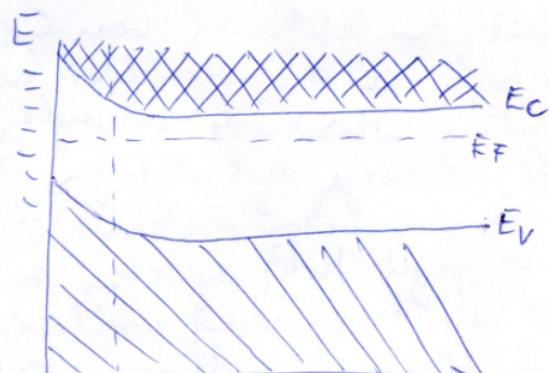
FLAT BAND



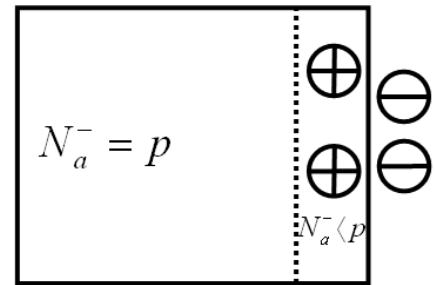
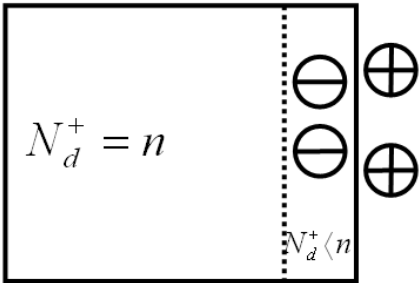
KIÖRÜLÉS



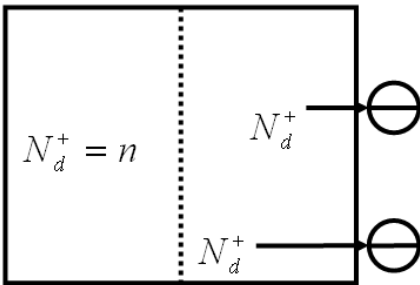
INVERZÍÓ



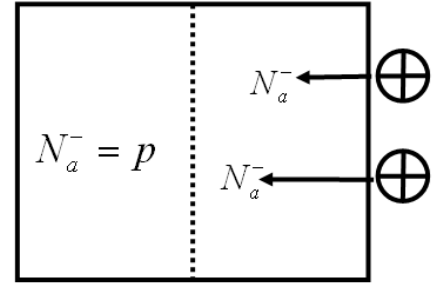
Akkumuláció



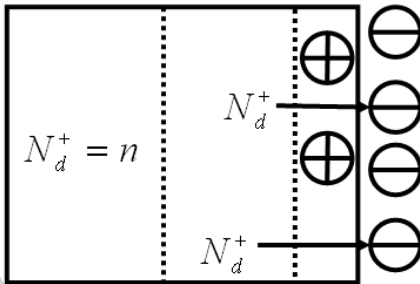
Kiürülés



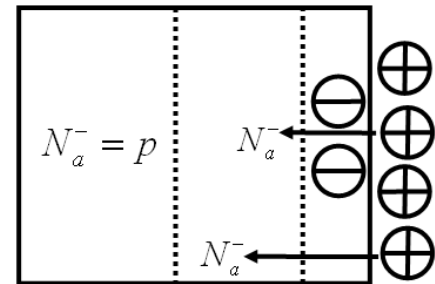
$$x_d = \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0\Psi}{qN_d}}$$

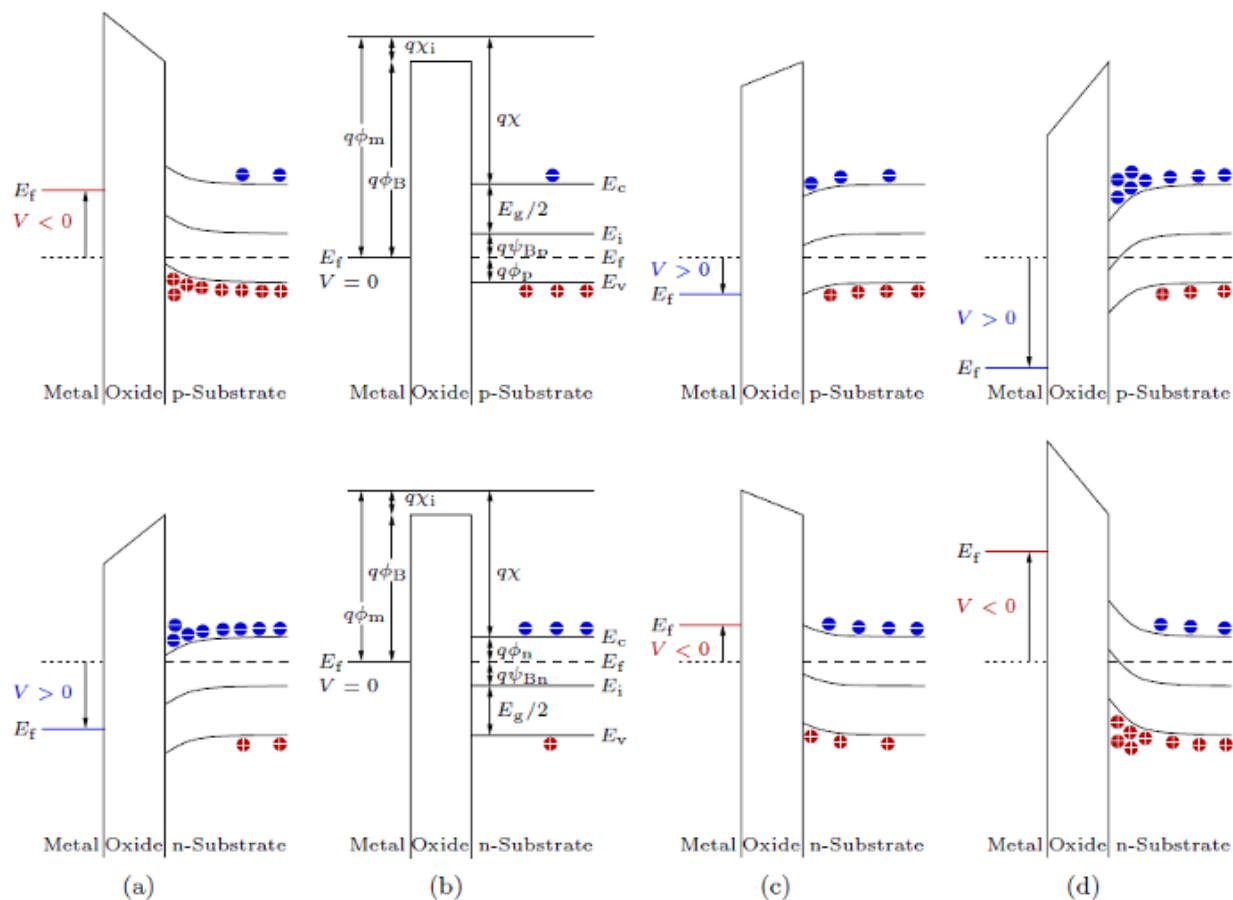


Inverzió



$$x_{d\max} = \sqrt{\frac{4\epsilon\epsilon_0 \frac{kT}{q} \ln \frac{N_d}{n_i}}{qN_d}}$$





CV GÖRBÉK:

A C-V módszerek adják a félvezető gyártástechnika egyik legjobban elterjedt ellenőrző eszközrendszerét. A C-V mérésekből nyert paraméterek egyaránt jellemezhetik a technológiát, illetve a legyártott eszközt.

Meghatározható a szilícium **adalékolása**, az **adalékolás helyfüggése**, és a felület közeli tartományok vezetési típusa. Ez annál is inkább fontos, mert az oxidnövesztés magas hőmérsékletű technológiai művelet, ennek során az adalékolás kisebb-nagyobb mértékben megváltozhat.

A szilícium tömb nehézfém szennyezői, valamint más kristályhibák a tiltott sáv sávszélektől távol eső tartományában hoznak létre megengedett energia állapotokat, amelyek a **kisebbségi töltéshordozók élettartamát** csökkentik. Az élettartamokra szintén jó becslés adható CV módszerek alapján. A **szilícium és oxidjának határfelülete** megfelelő technológia alkalmazása esetén igen közel áll az ideálishoz. Mindazonáltal az oxidáció során az oxid-szilícium átmeneten felszakadt kötések közül egyesek lekötetlenek maradhatnak. Ez a **határfelületre** lokalizált energia állapotokat eredményez a tiltott sávban. Ezek **töltése** (Q_{ss}), az **állapotok eloszlása** (D_{it}) és a

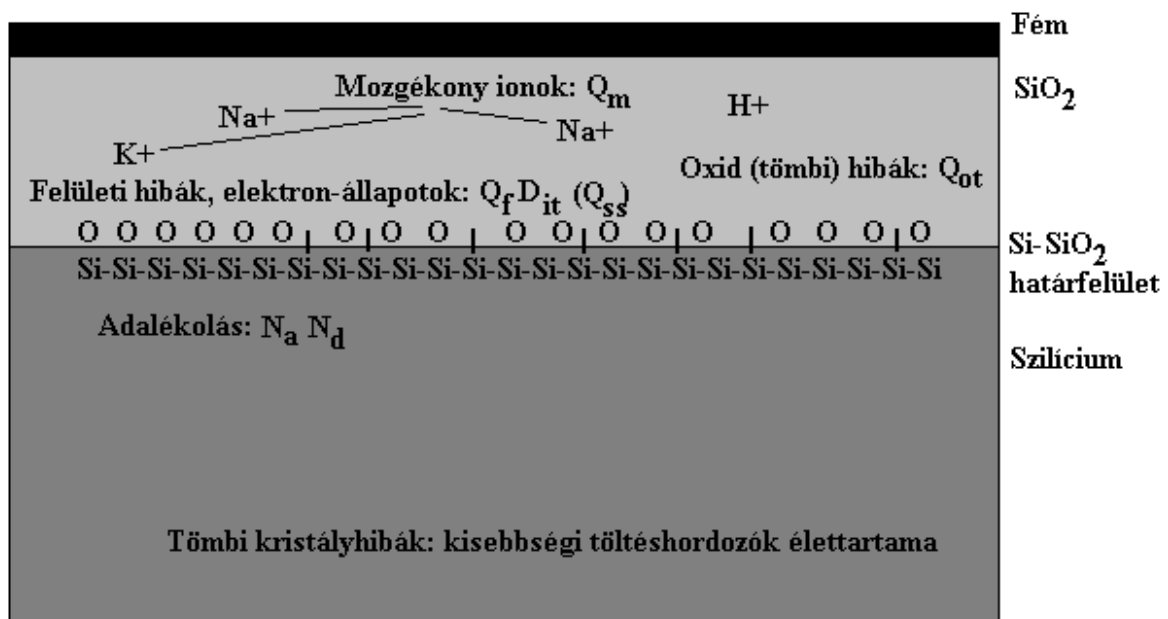
sávgörbülés mentes esethez (**flat-band, FB**) tartozó **felületi töltés (Q_f)** is igen pontosan vizsgálható.

A szilícium oxidjában a technológiával vagy egyéb körülményekkel összefüggésben további töltések találhatók. Az **oxid tömbi hibái** is töltöttek lehetnek, ionizáló sugárzás, vagy lavinaletörés során keletkezett forró-elektronok is bekerülhetnek a szigetelőbe (Q_{ot}).

Nem megfelelő tisztaság mellett az oxid tartalmazhat alkáli ionokat, amelyek magasabb hőmérsékleten térerősség hatására elmozdulhatnak. Ez a **mozgóképes töltés (Q_m)** instabilitásokat okozhat a MOSFET nyitófeszültségében.

A különféle töltések összegződött hatása az eszközök működését tekintve abban nyilvánul meg, hogy a vezérlő elektródára adott feszültség (töltés) egy része ezeket a töltéseket kompenzálja. Az eszköz nyitófeszültségét tehát a töltések jelenléte megváltoztatja. A tiltott sávba eső gyors felületi állapotok (D_{it}) jelenléte az eszköz meredekségét is csökkenti, s növeli az eszközök zaját is.

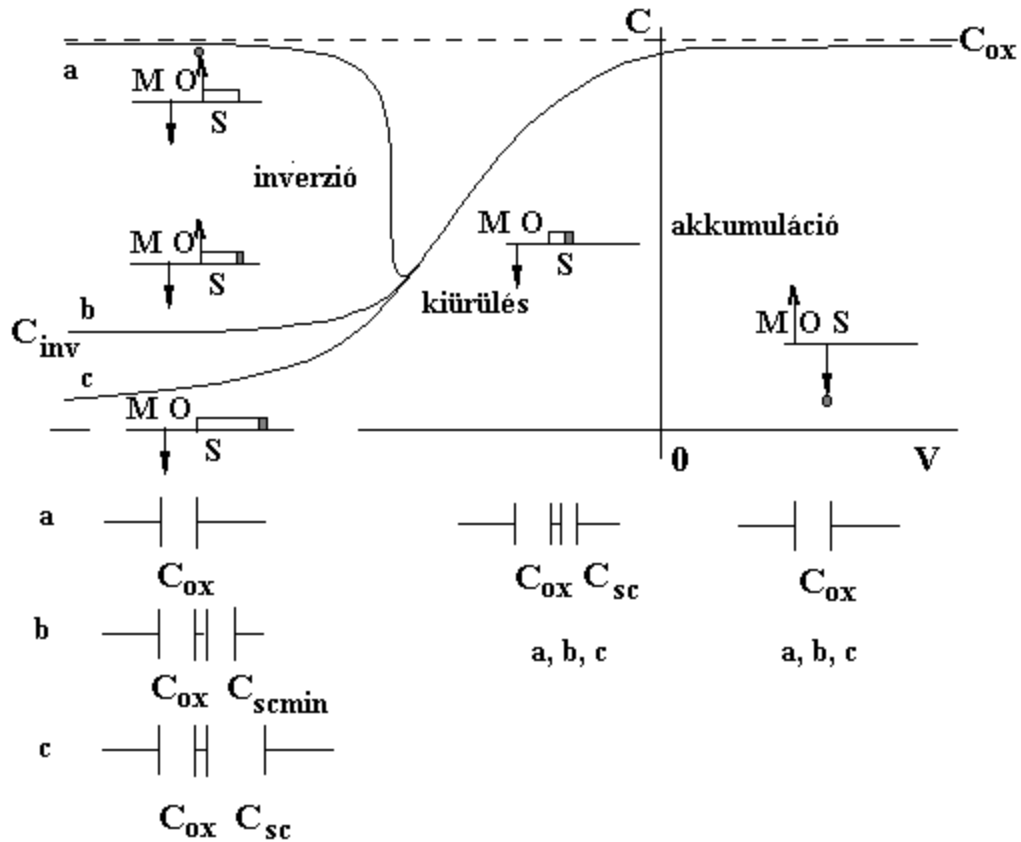
A C-V mérés fő célja, hogy információt adjon a MOS a rendszer töltésviszonyairól, és a kész eszköz várható működéséről, még annak elkészülte előtt. Ezek a technológiát jellemző információk a MOS rendszer **C-V görbéjének elemzéséből** kaphatók meg. Az **állandó értékű töltések** hatására a görbe a feszültség tengely mentén eltolódik, a **felületi potenciáltól függő** töltések (D_{it}) hatására a görbe ellaposodik. Ugyancsak a görbe eltolódása az eredménye a fém és a félvezető közötti kilépési munka különbségnek (**kontakt-potenciál**). Ennek megfelelően a töltések elkülönítése nem egyszerű, fel kell használni a töltések eredetével és tulajdonságaival kapcsolatos, egyéb ismereteket is (pld. hőmérséklet-függő tulajdonságok).



A technológus feladata, hogy a mérésből meghatározott töltések ismeretében olyan változtatásokról, esetleg új technológiai lépésekről döntsön, amelyek lehetővé teszik az eszközök működését károsan befolyásoló töltések csökkentését, esetleg más töltésekkel való kompenzálását.

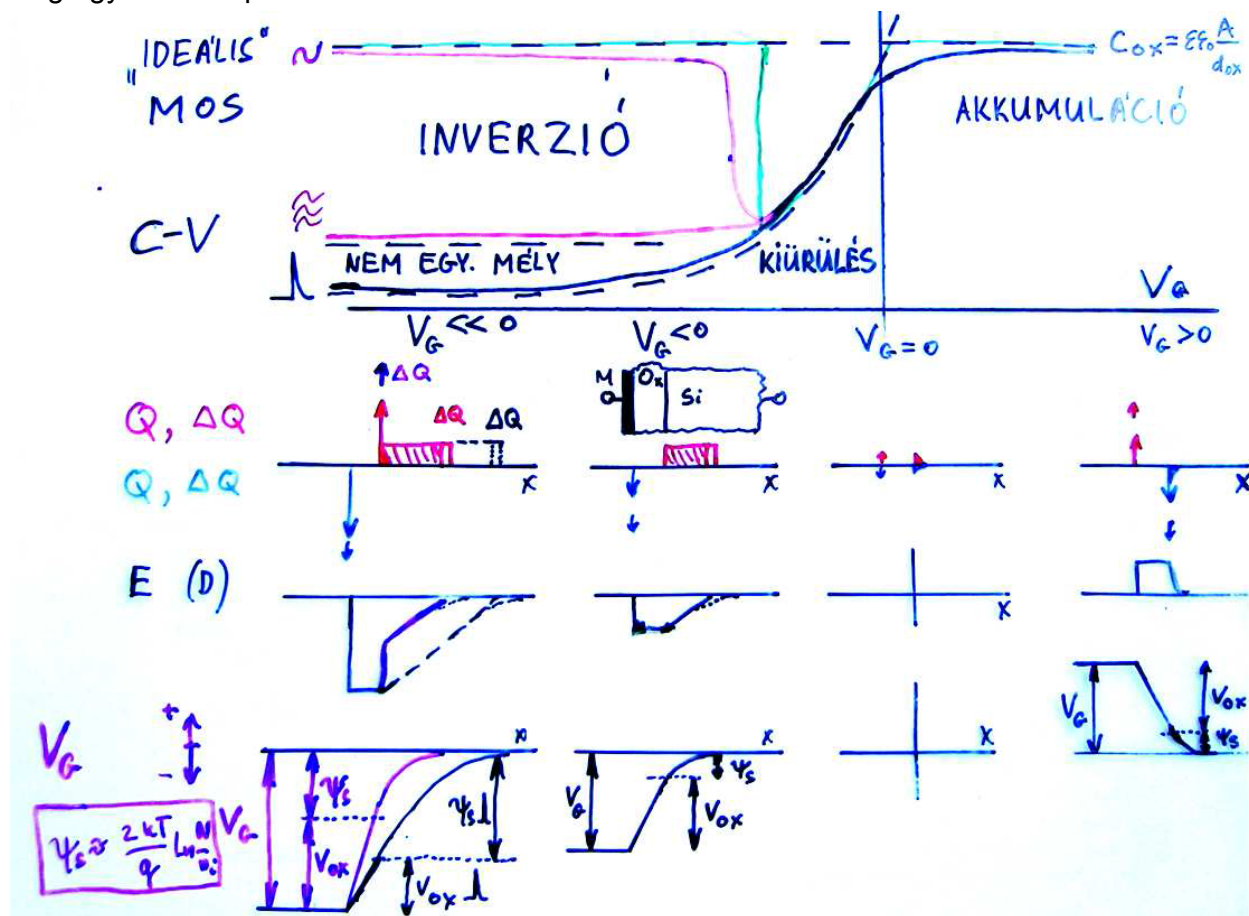
A mozgékony ionok száma kizárólag a tisztasági követelmények növelésével és szigorú betartásával tartható kellően alacsony szinten. A határfelületi állapotok sűrűsége (Q_{ss} , Q_f , D_{it}) semleges gázban vagy redukáló atmoszférában való hőkezeléssel csökkenthető. Ilyen atmoszférában ugyanis az oxidáció folyamata leáll, a magas hőmérsékleten azonban lehetőség nyílik a határfelületi kötések további rendeződésére. Lehetőség van az oxidtöltések hatásának kompenzációjára és a nyitófeszültség adott értékre való beállítására az inverziós csatorna tartomány implantációjával is.

ELMÉLETI CV GÖRBÉK:

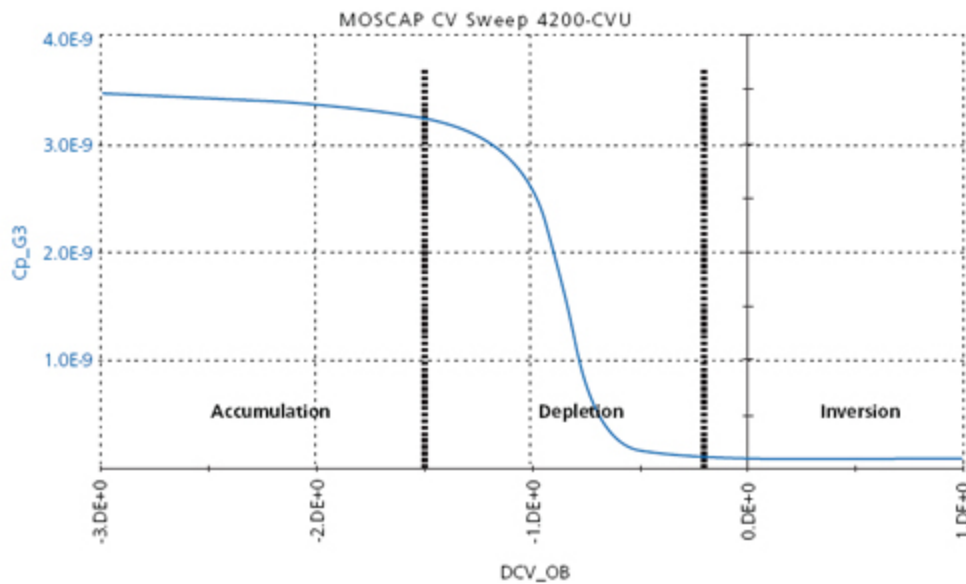


Ideális MOS szerkezet C-V görbéi és helyettesítő kapacitásai. A beillesztett ábrák N TÍPUSRA mutatják a töltések térbeli eloszlását, jelölve a mérőjellel kapcsoltos töltésváltozást a kiürített rétegek szélén, illetve az inverziós vagy akkumulációs rétegben

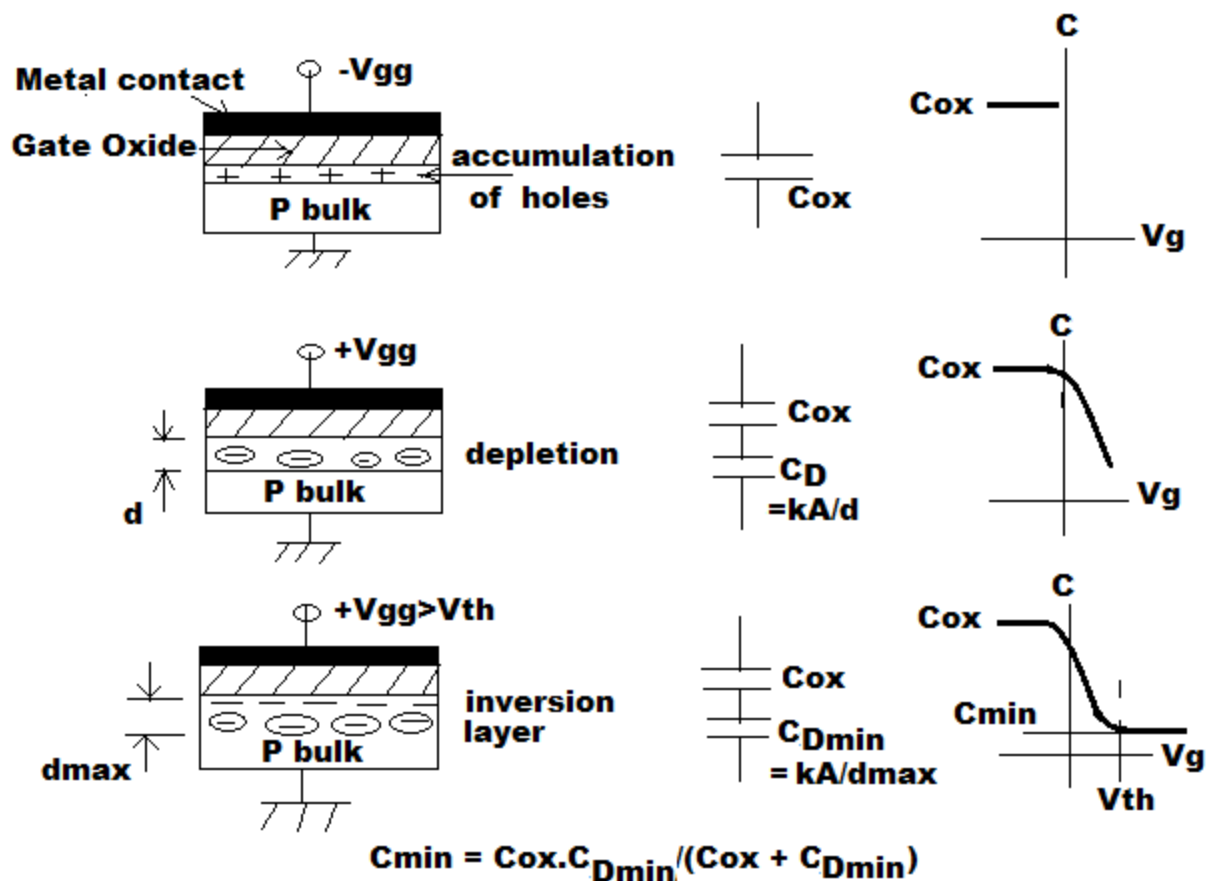
Még egy ábra N típusra:

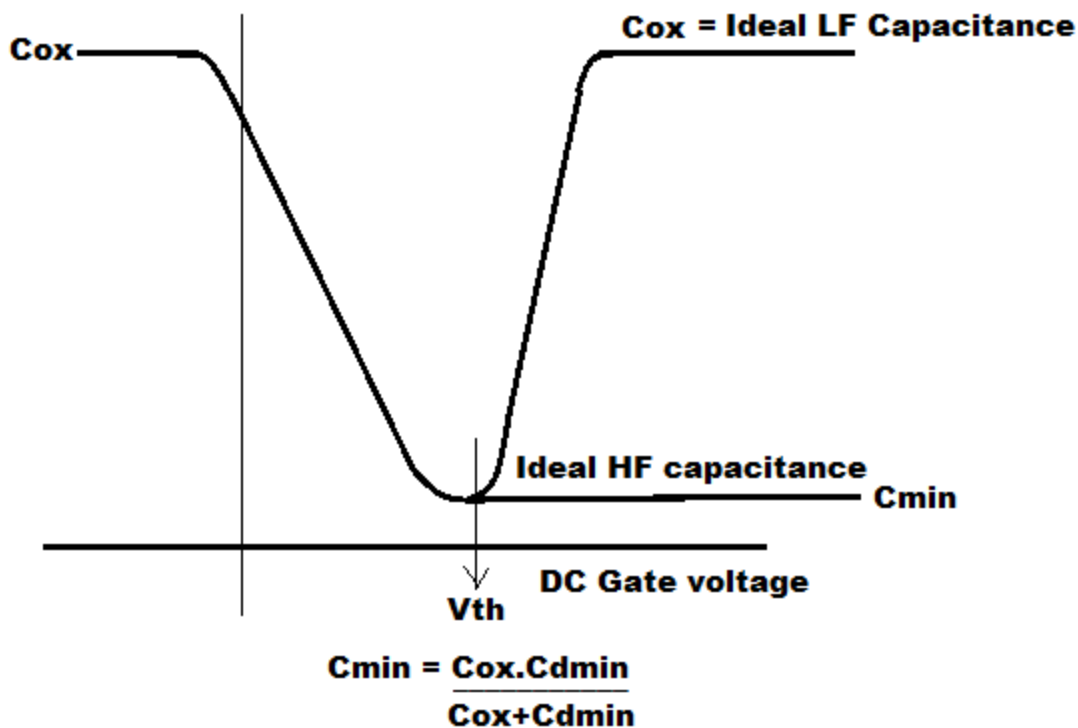


P típusra hasonló, csak mintha az y tengelyre tükröznéd az egészet:



P típusra szintén, hogy hogyan alakul:





13. Mért C-V görbék kiértékeléséből meghatározható paraméterek, a számítások alapelvei

A C-V módszerek adják a félvezető gyártástechnika egyik legjobban elterjedt ellenőrző eszközrendszerét. A C-V mérésekből nyert paraméterek egyaránt jellemezhetik a technológiát, illetve a legyártott eszközt.

Meghatározható a szilícium **adalékolása**, az **adalékolás helyfüggése**, és a **felület közeli tartományok vezetési típusa**. Ez annál is inkább fontos, mert az oxidnövesztés magas hőmérsékletű technológiai művelet, ennek során az adalékolás kisebb-nagyobb mértékben megváltozhat.

A szilícium tömb nehézfém szennyezői, valamint más kristályhibák a tiltott sáv sávszélektől távol eső tartományában hoznak létre megengedett energia állapotokat, amelyek a **kisebbségi töltéshordozók élettartamát** csökkentik. Az élettartamokra szintén jó becslés adható CV módszerek alapján. A **szilícium és oxidjának határfelülete** megfelelő

technológia alkalmazása esetén igen közel áll az ideálshoz. Mindazonáltal az oxidáció során az oxid-szilícium átmeneten felszakadt kötések közül egyesek lekötetlenek maradhatnak. Ez **a határfelületre** lokalizált energia állapotokat eredményez a tiltott sávban. Ezek **töltése** (Q_{ss}), **az állapotok eloszlása** (D_{it}) és a sávgörbülés mentes esethez (**flat-band, FB**) **tartozó felületi töltés** (Q_f) is igen pontosan vizsgálható.

A szilícium oxidjában a technológiával vagy egyéb körülményekkel összefüggésben további töltések találhatók. Az **oxid tömbi hibái** is töltöttek lehetnek, ionizáló sugárzás, vagy lavinaletörés során keletkezett forró-elektronok is bekerülhetnek a szigetelőbe (Q_{ot}).

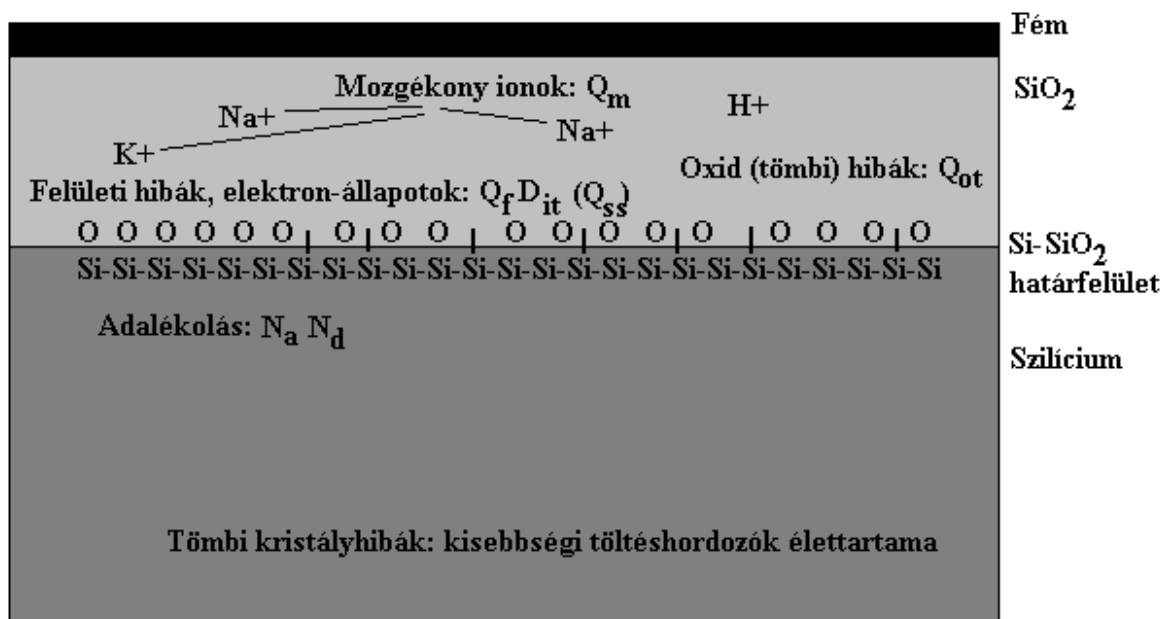
Nem megfelelő tisztaság mellett az oxid tartalmazhat alkáli ionokat, amelyek magasabb hőmérsékleten térrő hatására elmozdulhatnak. Ez a **mozgóképes töltés** (Q_m) instabilitásokat okozhat a MOSFET nyitófeszültségében.

A különféle töltések összegződött hatása az eszközök működését tekintve abban nyilvánul meg, hogy a vezérlő elektródára adott feszültség (töltés) egy része ezeket a töltéseket kompenzálja. Az eszköz nyitófeszültségét tehát a töltések jelenléte megváltoztatja. A tiltott sávba eső gyors felületi állapotok (D_{it}) jelenléte az eszköz meredekségét is csökkenti, s növeli az eszközök zaját is.

A C-V mérés fő célja, hogy információt adjon a MOS a rendszer töltésviszonyairól, és a kész eszköz várható működéséről, még annak elkészülte előtt. Ezek a technológiát jellemző információk a MOS rendszer **C-V görbéjének elemzéséből** kaphatók meg. Az **állandó értékű töltések** hatására a görbe a feszültség tengely mentén eltolódik, a **felületi potenciáltól függő** töltések (D_{it}) hatására a görbe ellaposodik. Ugyancsak a görbe eltolódása az eredménye a fém és a félvezető közötti kilépési munka különbségnek (**kontakt-potenciál**). Ennek megfelelően a töltések elkülönítése nem egyszerű, fel kell használni a töltések eredetével és tulajdonságaival kapcsolatos, egyéb ismereteket is (pld. hőmérséklet-függő tulajdonságok).

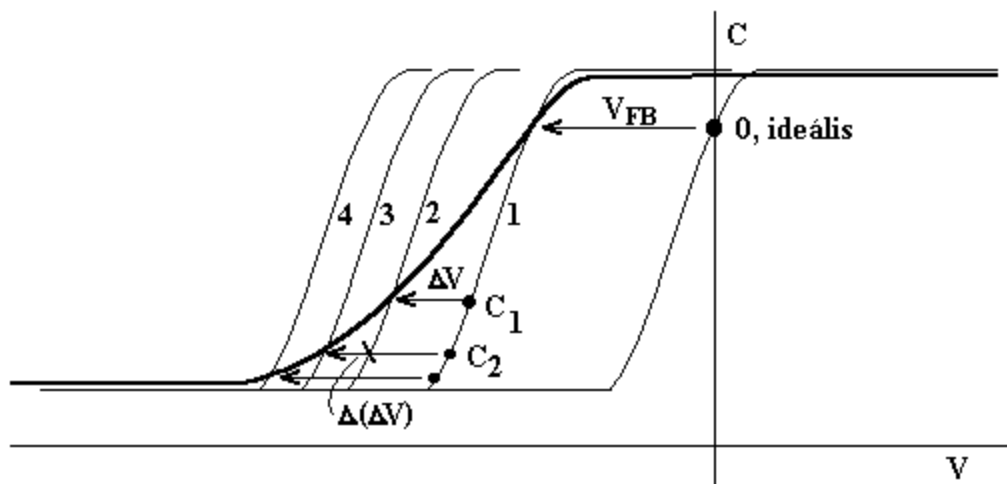
A technológus feladata, hogy a mérésből meghatározott töltések ismeretében olyan változtatásokról, esetleg új technológiai lépésekről döntsön, amelyek lehetővé teszik az eszközök működését károsan befolyásoló töltések csökkentését, esetleg más töltésekkel való kompenzálását.

A mozgókéony ionok száma kizárólag a tisztasági követelmények növelésével és szigorú betartásával tartható kellően alacsony szinten. A határfelületi állapotok sűrűsége (Q_{ss} , Q_f , D_{it}) semleges gázban vagy redukáló atmoszférában való hőkezeléssel csökkenthető. Ilyen atmoszférában ugyanis az oxidáció folyamata leáll, a magas hőmérsékleten azonban lehetőség nyílik a határfelületi kötések további rendeződésére. Lehetőség van az oxidtöltések hatásának kompenzációjára és a nyitófeszültség adott értékre való beállítására az inverziós csatorna tartomány implantációjával is.



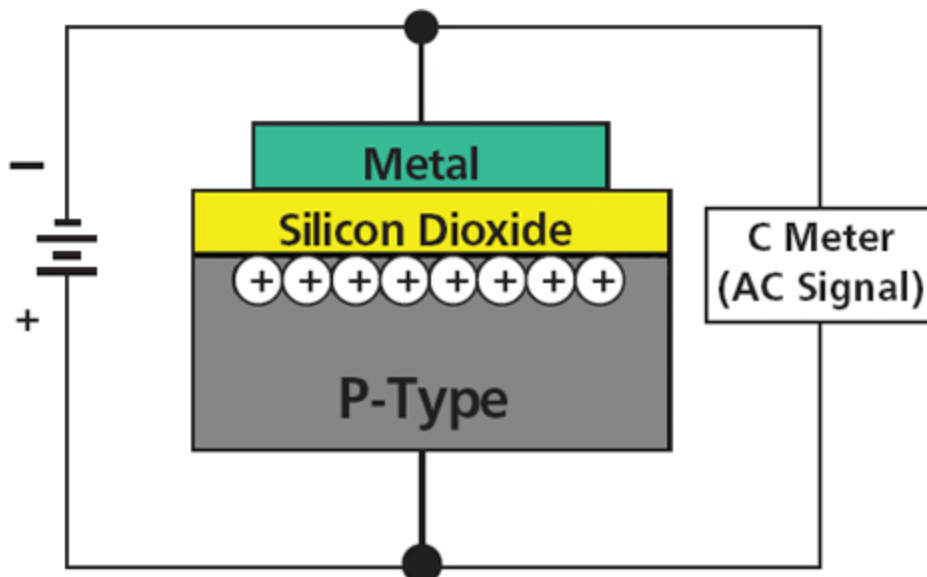
A MOS rendszerben C-V módszerekkel vizsgálható, technológiával összefüggő mennyiségek

A határfelületi töltések nemcsak az aktív eszközök működésében játszanak fontos szerepet, hanem az egész félvezető lapkán. Minthogy ezek általában pozitív töltést jelentenek, ezért az N típusú félvezető felületet borító oxid alatt akkumuláció található. Gyengén adalékolt P felületen ezzel szemben inverziós réteg alakul ki, ami a P tartományban kialakított összes eszközt rövidre zárhatja. Az efféle parazita csatornák kialakulásának megakadályozására a felület közelében erősen adalékolt rétegeket kell létrehozni az egymástól elválasztandó területek körül (csatorna stop).



Az oxid töltések és a felületi állapotok hatása a MOS szerkezet C-V görbéire (n félvezető felület esetére). A görbe eltolódása a Q_f , Q_{ot} , Q_m töltések és a fém-félvezető kilépési munkák eltérésének következménye. A görbe ellaposodását a felületi potenciállal változó betöltöttségű csapdák (Dit) okozzák

A CV mérés menete: A használt feszültséget változtatják miközben a kapacitás értékét folyamatosan mérik és rögzítik (a feszültség függvényében). Például így:



Amit ezzel meg lehet határozni: oxid vastagság, oxid töltés, adalékoltság (mozgékony cuccok)

A számítások alapelvei: EZT tudja valaki????

<http://www.eet.bme.hu/~mizsei/Minell/CV.doc>

Nem véletlenül nem volt ideírva... Gyönyörű...

14. Optikai felületvizsgálati módszerek félvezetők vizsgálatára

Nekem tűnik csak úgy, hogy itt egy röpké 30 diányi anyag nincsen bemásolva a Mizsei optokemfiz anyagából???? Valóban nincs itt, és azokra rá is kérdezhet egyenként (elv, felbontóképesség, összeállítás). **Az romcsy! :) Take it easy, nem lesz baj ! :D JA!**

Kontaktusmentes vizsgálatok melyekhez minimális mintaelőkészítés szükséges. Számos piaci berendezés létezik, egyszerűbb használat és automatizáltság jellemzi.

Nagy érzékenység érhető el, UV-távoli infravörös

Három nagy kategória(alapelv) :

- Fotometria
- Interferencia
- Polarizáció

Emission

- Photoluminescence (PL)
- Raman Spectroscopy
- UV Photoelectron Spectroscopy

Reflection

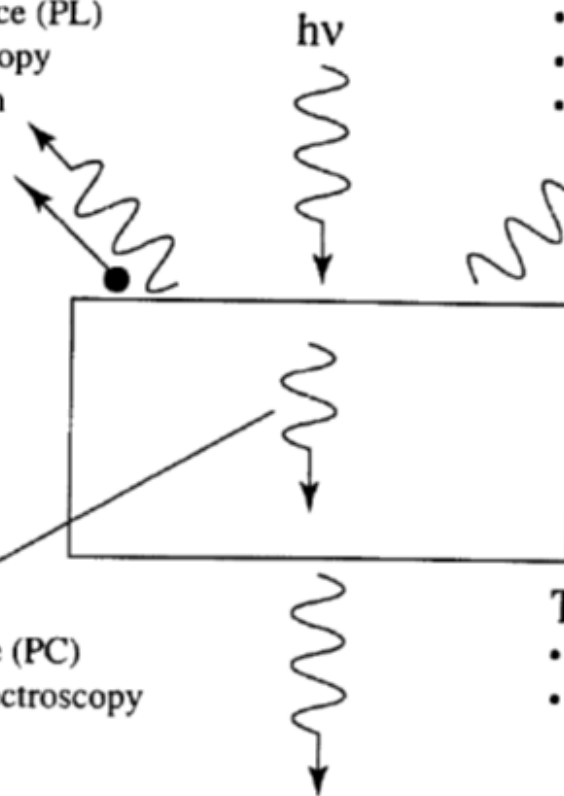
- Optical Microscopy
- Ellipsometry
- Reflection Spectroscopy

Absorption

- Photoconductance (PC)
- Photoelectron Spectroscopy

Transmission

- Absorption Coefficient
- Infrared Spectroscopy



15. Elektronsugaras technikák

félvezetők vizsgálatára

Vizsgálható: Abszorpció, emisszió transzmisszió, reflexió

Az elektronmikroszkópok lehetnek pásztázók, transzmissziósak és (emissziósak).

Tipikus elektron energia: 10-30 keV, BATÁR nagyítás !

Pásztázó elektronmikroszkópia:

A képalkotás bármilyen eljárás esetén azonos lépéseken alapul: leképezendő tárgyat gerjeszteni kell, s a gerjesztésre adott választ detektálni és analizálni. A folyamat nagy adatmennyiség kezelésével jár együtt. Az adatok kezelése lehet párhuzamos vagy soros jellegű.

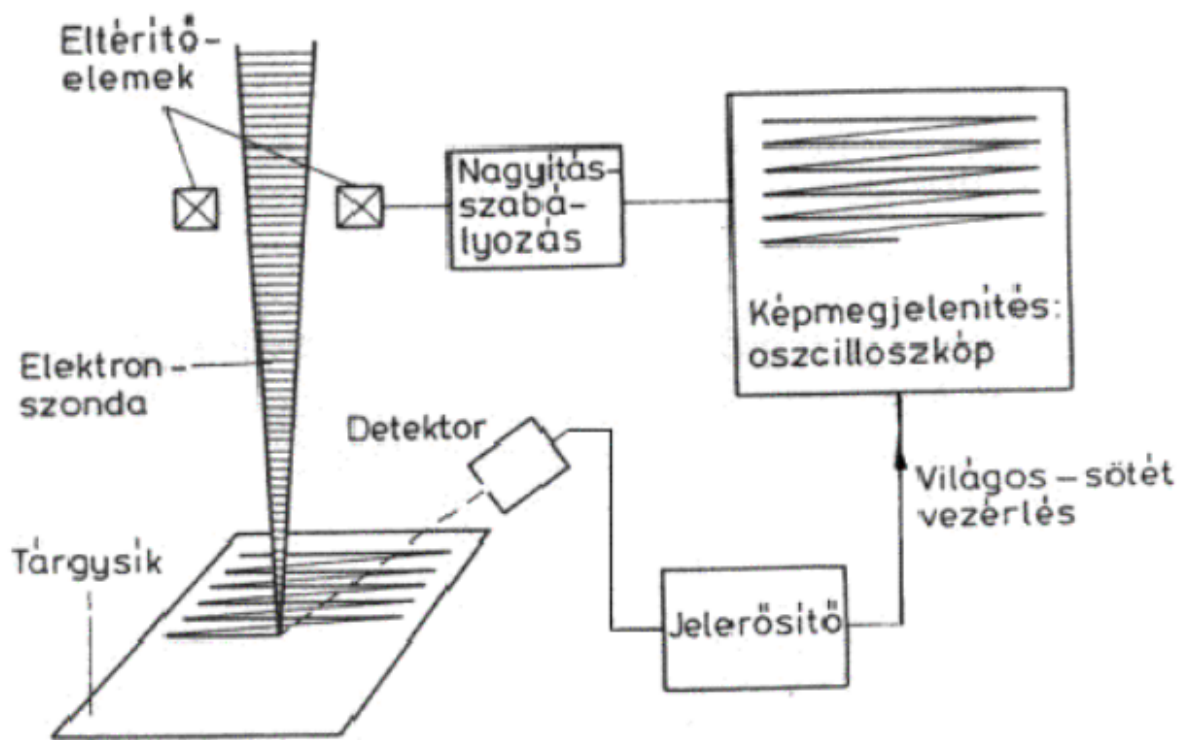
Az előbbire példa valamennyi, lencséken alapuló optikai, elektronoptikai leképezési eljárás, melyekre az a jellemző, hogy az egész képre vonatkozó információtömeg egyidőben jelentkezik. A rendszer nagyítását a lencsék tulajdonságai és elrendezése határozzák meg, a térbeli felbontást az analizált válaszra jellemző méretkvantum korlátozza (optikai mikroszkópia esetében ez a fény hullámhossza).

Soros jellegű adatkezelésen alapulnak a **pásztázó elven működő eljárások**: a gerjesztés, vagy a válasz analízise (esetleg mindkettő) képelemenként, képpontonként megy végbe. A nagyítást ebben az esetben a megjelenítésre használt felület (képernyő vagy a rögzített kép) és a pásztázott felület aránya adja, a felbontást pedig a legkisebb gerjesztett, illetve analizált felület (térfogat) korlátozza. Ahhoz, hogy a képen alakzatok jelenjenek meg, az egyes képelemeknek megfelelő tartományoknak valamilyen tulajdonság tekintetében el kell térniük a szomszédos tartományoktól. Az eltérés nagysága, vagyis a szomszédos tartományok gerjesztésre adott válaszában mutatkozó eltérés a kontraszt.

A korszerű képtárolási és feldolgozási módszerek használatának következménye, hogy az alapvetően nem pásztázó eljárással nyert képek is előbb-utóbb keresztülmennek egy képbontási folyamaton.

Az **elektronmikroszkópok** két alapvető szempont alapján osztályozhatók. Aszerint, hogy az elektronsugár áthatol a céltárgyon vagy sem, az elektronmikroszkóp lehet **transzmissziós** vagy **reflexiós elektronmikroszkóp**.

A pásztázó elektronmikroszkópban az eltérítő rendszer által vezérelt elektronsugár pontonként tapogatja le, gerjeszti a céltárgyat (4.4.ábra). A nagyítást a pásztázott terület és a leképezésre igénybevett felület (képernyő, fényképező lemez, szilárdtest-képfellevő, stb.) méretaránya határozza meg. Az adatok feldolgozása soros.



A pásztázó elektronmikroszkópok alapelve

A **közönséges (nem pásztázó) elektronmikroszkóp** a céltárgyon áthaladó vagy reflektálódott elektronsugarat egész keresztmetszetében, egyszerre képezi le elektronoptikai lencsékkel az érzékelő felületre (párhuzamos adatfeldolgozás). Miután a nagy sebességgel haladó elektronsugarhoz tartozó elektronok hullámhossza sokkal rövidebb, mint a fényé, a felbontóképesség nagyságrendekkel kedvezőbb lehet a fénymikroszkópénál.

A **pásztázó elektron mikroszkóp** esetén átlagosan elérhető **5nm-es** felbontás sokkal jobb, mint a fénymikroszkóp 100-200nm-es felbontó képessége. A másik nagy előnye a PEM-nek az elérhető nagyon jó mélységélesség. A pásztázó elektronmikroszkóp gerjesztő elektronsugarának párhuzamossága következtében a különböző magasságban elhelyezkedő síkokban azonosan kis térrészeket gerjeszt, a leképezés így igen nagy mélységélességgel valósítható meg. Kis nagyítások esetén a pásztázó elektronmikroszkóp mélység élessége elérheti a 3-4 mm-t is, szemben a fénymikroszkóp 1-10mm-es mélységélességével. Háromdimenziós tárgyakról reális képet tehát kizárólag pásztázó elektronmikroszkóppal lehet készíteni. (A nagy sebességgel, egymással párhuzamosan haladó elektronokból álló elektronsugarat elektronágyú állítja elő.)

Az **elektronsugaras gerjesztés** eredménye lehet szekunder elektronok emissziója, elektron reflexió (visszaszórás), fényemisszió (katódlumineszcencia), elektron-lyuk párkeltés (félvezetőkben). A szekunder és a visszaszóró elektronok elektronsokszorozóval, az elektron-lyuk

párok a mintáról való áramelvezetéssel (EBIC = electron beam induced current) detektálhatók.

Az egyes képelemekhez tartozó intenzitásokból állítható össze az adott válaszhoz tartozó kép.

A becsapódó nagy energiájú elektronok elsősorban elektronokat váltanak ki a besugárzott anyagból, miközben energiájukat leadják. Szekunder elektronoknak egyezményesen a besugárzás

hatására keletkező 50eV-nál kisebb energiájú elektronokat tekintjük, az ennél nagyobb energiájú

elektronok a visszaszórt elektronok. A szekunder elektronok elsősorban a minta felületi egyenlőtlenségeiről hordoznak információt, pl. elektromosan előfeszített

16. Ionsugaras technikák félvezetők vizsgálatára

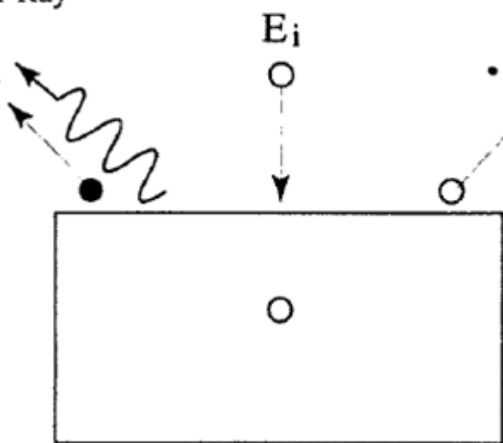
Ionsugaras technikákkal vizsgálható az abszorpció, emisszió, reflexió és a transzmisszió. bár az ábrán nincs transzmisszió feltüntetve.

Emission

- Photon Spectroscopy (SCANIR)
- Particle Induced X-Ray Emission (PIXE)
- Electron Emission

Reflection

- Sputtering
- Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS)
- Rutherford Backscattering (RBS)



Absorption

- Ion Implantation (II)

A kérdés így eléggé általános így lehet hogy érdemes leírni hogy milyen ionsugaras technikák léteznek:

- Másodlagos ion tömeg spektroszkópia

A SIMS az egyik legsokoldalúbb félvezető vizsgálati módszer
Minden anyag detektálható vele, valamint izotóp és molekula vizsgálatra is
alkalmas

Adalékprofil meghatározása

- Rutherford visszaszórásos spektroszkóp

A felületről visszaszóródó ionok vagy részecskék mérésén alapul

A felületet tipikusan He ionokkal bombázzák (1 – 3 MeV) és a visszaszórt ionok energiáját mérik

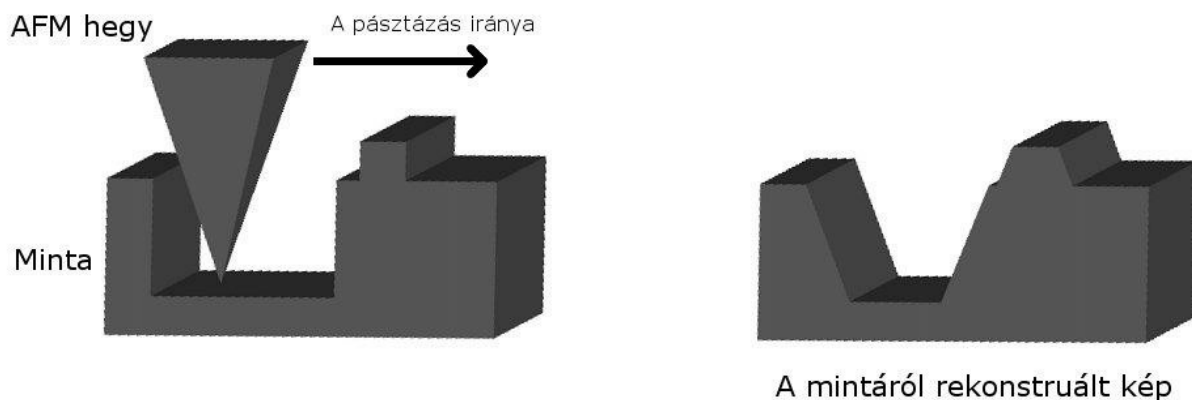
A minta anyagának tömegét és mélységi eloszlását lehet meghatározni (10nm – μm)

17. Tűs letapogatás felületvizsgálatra (Talystep, atomerő-mikroszkópia), a tű geometriájának szerepe a leképezésben

Az atomerő mikroszkóp működése hasonló a mikrotűs profilmérőkéhez, azonban azoknál jóval kifinomultabb eszköz. A minta és a mérőtű közötti erő mérésén alapul. Egy hegyes tűt a minta felületén mozgatnak, a tű egy vékony és ezáltal könnyen hajló konzol végén helyezkedik el. Függőleges felbontása a konzol hosszától függ. A tű követi a minta felületén lévő kitüremkedéseket és bemélyedéseket. Kölcsönhatás: ERŐ 10^{-16} N kábé Atomi felbontás, felületi topográfia.

A tű hegye legtöbbször szilícium vagy Si-nitrid. Szigetelőanyagok is vizsgálhatóak.

A képalkotás minősége a tű profiljának kialakításától függ.



Talystep:

Nagy precízitású Talystep profilmérőket széles körben használnak anyagkeménység meghatározására. A Talystep profilmérő berendezés egyrészt áll egy mérőfejből induktív szenzorral, egy elektromechanikus hajtásból és egy eszközből, ami küldi a mért jeleket a vevőkészülékhez.

18. Termikus impedanciák, a termikus mérések felhasználása a minőség-ellenőrzés folyamatában:

Ez mikor került be a kérdések közé?? Meg eleve mi a töcs ez?

kérdések között eleve fenn volt , de az órán leadott dia most került fel:

<http://www.eet.bme.hu/~poppe/minel/tokozas-tesztes.pptx>

talán megoldás is ebben van

egyébként a termikus impedanciák témakör szerintem az áramkör termikus RC helyettesítéséről szól