

1.) Si alapanyag előállítás lépései, egy lépés részletes leírása részletesen

Szilícium nagy mennyiségben van a földön. A kvarc homokot (SiO_2) megtisztítjuk desztillálással, redukcióval, kémiai leválasztással.

Lépések:

I. $\text{SiO}_2 \rightarrow$ ívkemence (1780 °C-on olvad az Si) \rightarrow folyékony Si (MGS = metallurgiai fokú Si)
 $\rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$

II. tri-klór-szilán (SiHCl_3) – mérgező, gyúlékony, robban, stb.

III. desztillálás \rightarrow még tisztább SiHCl

IV. CVD (kémiai úton történő gőzleválasztás) \rightarrow EGS (elektronikai tisztaságú Si)

V. egykristály készítése: Czochralsi vagy függőzónás módszerrel. A tartályból óvatosan forgatva húzzák ki a szilícium rudat. (A függőzónás tisztább lehet.)

Részletes leírása a desztillálásnak:

Az elektronikus minőségű szilícium egy kivételesen nagy tisztaságú polikristályos anyag, ami az egykristálynövesztéshez felhasználható nyersanyagként. Az MGS-ből EGS-be való átfarmálást kémiai tisztítású folyamaton át végezzük. Az MGS folyékony szilícium vegyületté való átalakításának az alap gondolata az, hogy desztillálással megtisztítjuk, majd lebomlik, hogy egy magasabb tisztaságú szilíciummá kristályosodjon újra. A tisztítási útvonaltól függetlenül az első lépés az MGS fizikai porlasztása, amelyet a folyékony szilícium ötvözet követ.

Az átalakulás során számos köztes vegyület van, mint pl. a monoszilán (SiH_4), diklór-szilán (SiH_2Cl_2), triklór-szilán (SiHCl_3), és szilícium tetraklorid (SiCl_4). Ezek közül az EGS-sé változáshoz az SiHCl_3 a legfontosabb, míg az SiH_4 kevésbé fontos. A szilícium tetraklorid és az alacsonyabb kloridszámú származékokat a kémiai porlasztás során használják fel, hogy az Si-ből SiO_2 legyen. A szilícium forráspontja és a klórozott produktumok forráspontjai olyanok, hogy azokat könnyen el lehet választani frakcionált desztillációval.

2.) CVD rétegleválasztás alapvonásai, főbb felhasználási területei

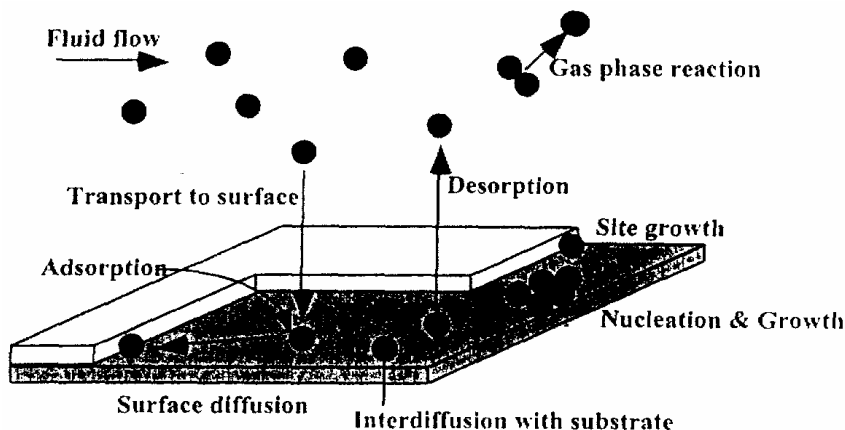
Physical Vapor Deposition:

- Vákuum gőzölés
- Katód porlasztás

A CVD eljárásoknál a réteg leválasztása a hordozóra heterogén kémiai reakcióval történik, magas hőmérsékleten. tipikusan 500 – 1000 °C-os felületre történik a leválasztás.

Kémiai reakciók mechanizmusa lépései:

- a gázok transzportja a szilárd anyag felületéhez
- adszorpció a felületen
- felületi reakció
- a reakciótermékek egy része bediffundál a szilárd anyagba, a felületén megtörténik az új fázis gócainak képződése és növekedése
- a gáz alakú reakciótermékek deszorpciója és eltávozása a gázfázisba.



A CVD eljárások előnyei:

- tömör, jól tapadó bevonat készíthető (diffúzió),
- jól használható bonyolult alakú és üreges hordozó esetében is,
- epitaxiális növesztés is megvalósítható.

Hátrányok:

- magas hőmérsékleten a absztraktat deformációja következhet be,
- a reagensek drágák, sokszor agresszívek (pl. kloridok). Ezért gondoskodni kell a reakciótermékek szektorsemleges,
- ipari méretekben egyes munkadarabok esetében nem gazdaságos.

Alkalmazások:

- kemény, kopásálló TiN bevonatok kialakulása keményfém (WC-Co) szerszámokon.
- nagy tisztaságú fém rétegek (és tömbi anyagok) előállítása
- mesterséges gyémánt előállítása csökkentett nyomáson

3.) A rétegek maratása (izotrop, anizotrop)

4 lépés:

- Réteg leválasztás
- Reziszt technológia
- Marás (száraz, nedves)
- Reziszt eltávolítás

Kristályméretnél sokkal jobb felbontás nem érhető el marással Kristályméret legyen sokkal kisebb, mint a struktúra

Ideális marási profilok

(a) teljesen anizotropikus ($A_f=1$) és (b) izotropikus marás esetén:

Réteg izotróp marása:

Rosszul tapadó fotoreziszt réteg, amely a marás folyamán fokozatosan fellazul, így változó középpontú, de állandó görbületi sugarú oldalfal jön létre.

Réteg izotróp marása:

Jól tapadó fotoreziszt réteg, állandó görbületi sugár változó középpontja állandó és a lakkábra szélső pontján van.

Marószerek:

HF, HNO₃, CH₃COOH (ecetsav), KOH, izopropilalkohol, etiléndiamin, pirocatechin, víz

Si marási sebesség:

- A p és n rétegek marási sebessége különbözik.
- Átmenet helyén éles- mérhető lépcső.
- Az átmenet két oldalán különböző a fémek kiválása is elektrokémiai potenciálsorban közeli fémek alkalmasak dekorálásra.

Száraz maróeszközök:

Hengeres plazmamaró, Síkelektrodás plazmamaró, Reaktív ionmaró (RIE), Ionmaró, Reaktív ionsugaras maró, Kémiaailag segített ionsugaras maró

Másodlagos jelenségek:

- Szögletesedés (faceting): reziszt fogyasztásával egyenetlen rétegfogyás, sokszöges struktúra kialakulása
- Újrakerakódás: felverődött atomok a maszk oldalára ülhetnek. Zavaró: leszakadó, úszkáló fémlapkák, takarás stb.
- Túlmarás: anizotróp marás esetén, túlmarás szükséges, hogy a visszamaradt anyagot eltávolítsuk.
- Árokképződés: árok kialakulása „túlzott” ion áramlás következtében, mely az oldalfalokról verődött vissza.

4.) Diffúzió: (alapelv, matematikai leírások, megvalósítás, alkalmazások Si technológiában)

Diffúzió: részecskék véletlenszerű mozgása a hőmozgás hatására, a koncentráció gradienssel ellentétes irányban. Hajtóereje a koncentráció-gradiens.

Tulajdonságok:

- Markov-folyamat: a következő lépés nem függ a korábbi lépésektől (pl. lottó)
- Atomok vándorlása a termikus energia segítségével.
- Kiegyenlíti a koncentráció különbséget MINDEN esetben . Akkor is van ha éppen nem akarjuk.
- A kiegyenlítődes a nagyobb koncentrációjú hely felől a kisebb fele halad.
- A félvezető technológia egyik legfontosabb művelete.
- A legegyszerűbb struktúrák gyártásánál is legalább egyszer előfordul.
- A technika fejlődésével egyre szigorúbban kell ellenőrizni.

Alapmodellek: - részecske
- kontinuum (koncentráció, sok részecskére)

A részecske transzport oka lehet: - diffúzió (gradiens hatására)
- sodródás (tér hatására)

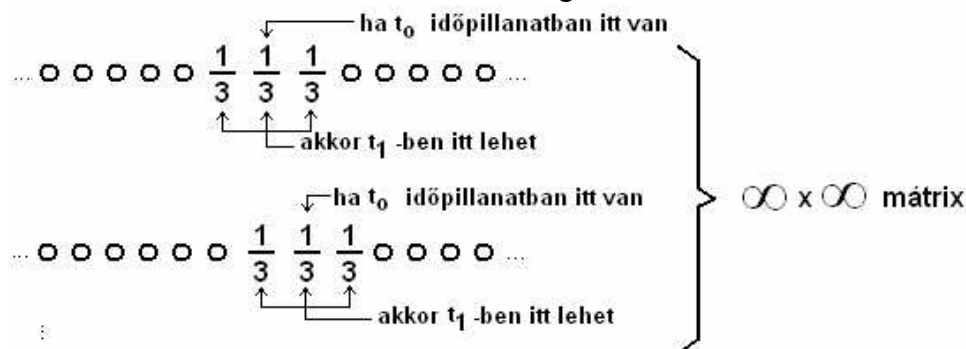
Matematikai leírások:

- Einstein-összefüggés: $D / \mu = k_b T / q$ (μ = mozgékonyosság, D = diffúziós együttható, q = töltés)

1D térre (részecske szemlélet):



Sztochasztikus átmenet valószínűségi mátrix:



A valóságban véges térrészekkel foglalkozunk → vannak határok, melyeket nem lehet átlépni. Így nem $\infty \times \infty$ mátrixokkal dolgozunk.

A = átmenet valószínűségi mátrix, n. hatványra emelve a mátrixot megadható, hogy n. időpillanatban mennyi a valószínűsége, hogy adott helyen tartózkodik a részecske.
 $n \rightarrow \infty$ esetén véges térrészre egyenletes eloszlást kapunk

Véges térrészre az átmenet valószínűségi mátrix:

$$\begin{bmatrix} \circ & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \circ & \circ \end{bmatrix} \text{ átmenetet feltételezve:}$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} & \circ & \circ & \circ & \circ \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \circ & \circ & \circ \\ \circ & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \circ & \circ \\ \circ & \circ & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \circ \\ \circ & \circ & \circ & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \circ & \circ & \circ & \circ & \frac{1}{3} & \frac{2}{3} \end{bmatrix} \quad \bar{A}^2 = \begin{bmatrix} \frac{5}{9} & \frac{3}{9} & \frac{1}{9} & \circ & \circ & \circ \\ \frac{3}{9} & \frac{3}{9} & \frac{2}{9} & \frac{1}{9} & \circ & \circ \\ \frac{1}{9} & \frac{2}{9} & \frac{3}{9} & \frac{2}{9} & \frac{1}{9} & \circ \\ \circ & \frac{1}{9} & \frac{2}{9} & \frac{3}{9} & \frac{2}{9} & \frac{1}{9} \\ \circ & \circ & \frac{1}{9} & \frac{2}{9} & \frac{3}{9} & \frac{3}{9} \\ \circ & \circ & \circ & \frac{1}{9} & \frac{3}{9} & \frac{5}{9} \end{bmatrix}$$

Sor és oszlop
összegek 1-et
adnak!

Ha az átmenet valószínűsége $\frac{1}{2}$ 0 $\frac{1}{2}$ a fenti helyett → binomiális együtthatók a mátrixban ~ Gauss eloszlás. Mikroszinten valószínűségeken alapul a részecskék mozgása (sztochasztikus jelenség) Makroszinten viszont már szabályokat látunk (nagy számok törvénye).

- Matematikai modellek:

Fick 1.:

$$J = -D \cdot \frac{\partial N(x,t)}{\partial x}$$

A fluxus a koncentráció gradiensével egyenlő.

Fick 2.:

$$\frac{\partial J}{\partial x} = - \frac{\partial N}{\partial t}$$

A koncentráció időbeli megváltozása arányos a koncentráció gradiens megváltozásának sebességével.

J = diffúziós áram, N = adalékkoncentráció, x = távolság, t = idő, D = adalék diffúziós állandója

Alkalmazás:

A gyakorlatban gyakran használják a kétlépéses diffúziót.

- Lépései:
- elődiffúzió (rövid leválasztási szakasz)
 - behajtás (hosszú ideig tart általában O2 környezetben)

Az elődiffúzió:

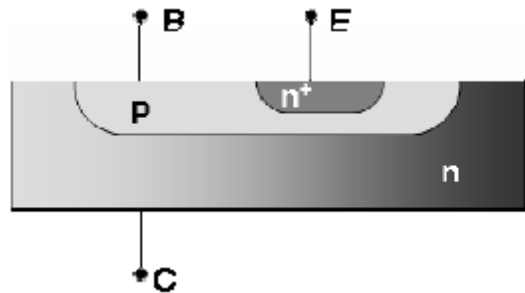
- Állandó felületi koncentrációjú diffúzió, melyet az elődiffúzió során folyamatosan jelenlevő diffúziós forrás biztosít
- Általában diffúziós kemencében, 900-1100 °C-on
- N₂ atmoszféra, mivel nincs védőréteg a felületen
- Időtartam 30-60 perc
- A forrás lehet szilárd, folyadék vagy gáz halmazállapotú.
- $x_j \leq 0.5$ (többnyire tized μm)
- A félvezetőben erfc eloszlás szerint változó vékony adalékolt réteg alakul ki

A behajtás:

- Az elődiffúziót követően eltávolítjuk a diffúziós forrást, ezért a behajtás már állandó anyagmennyiségű diffúziónak felel meg
- Termikus úton a megkívánt x_j mélységig hajtjuk a diffundáltatandó anyagot
- Általában diffúziós kemencében 1000-1300°C tartományban végzik
- Idő: 30 perctől akár 10 óra
- Oxigén áramban végezhető, ekkor SiO₂ nő további maszkolás céljából
- Az elődiffúzió során kialakult erfc profil Gauss eloszlás felé alakul át, természetesen nem kapjuk meg a Gauss eloszlást, mert csak végtelen vékony rétegből történő diffúzióra vonatkozik, de a növekedésével egyre inkább megközelítjük

Példa diffúzió alkalmazására a monolit technikában:

- npn bipoláris tranzisztor



5.) Inverz fotolitográfia (09. marás (rétegmegmunkálósz):

Rétegmegmunkálás

3 lépés:

- Réteg leválasztás
- Reziszt technológia
- Marás (száraz, nedves)
- Reziszt eltávolítás

Inverz fotoreziszt technika:

- Ahol nincs fotoreziszt ott marad meg réteg
- Vékony réteget lehet csak felvinni

Normál fotoreziszt technika:

- Szelektív marás: ahol nincs fotoreziszt ott maródik ki
- Hátránya, hogy szelektív marószer kell

6.) Az ionimplantáció elve, felhasználási lehetőségei az IC technológiában.

Több MeV-ra felgyorsítjuk az elektronokat, majd belelőjük a szilícium lapba. Akár 1-7 μm -t is benyomul az anyagba. Egy irányba haladó, gyors ionok \rightarrow nagyon nem egyensúlyi állapot!

- Gyorsító feszültség: 500.000 V \rightarrow 500 keV energiájú részecskék (ez a belövési energia).
- Dózis (hány részecske van): az összes belőtt anyag mennyisége

A belövés kristályhibákat okoz. Ez egy drasztikus beavatkozás. Nem termikus egyensúlyi technológia. Éles energiaspektruma van. Utólag hőkezelés kell. Készíthető olyan adalékprofil is,

hogyan nem a felületen van a legnagyobb adalékolás. Pl. a tranzistor GATE alá is lehet adalékolni, így változik a nyitófeszültség.

Forró elektronok: ionimplantáció során nagy térerősséget használunk ($\sim 10^6$ V/m). A gyors elektronok a szigetelőkön is átmennek, eltolják a MOS-tranzisztor nyitófeszültségét.

Szilárd oldékonyság: szilárd anyagba diffundálhatnak a részecskék, ha felmelegítjük, de nem lehet akármennyit belediffundálni. Ionimplantációval akármennyit beleimplantálhatunk, többet is, mint a szilárd oldékonyságnak megfelelő mennyiséget. Rácson kívül is lesznek adalék-atomok, amik nem vesznek részt a vezetésben. Ezért kell hőkezelnünk (6-700 °C-on). Magas hőmérsékleten lehűtve kioldódik a többlet atom.

7.) Oxidáció (Si → SiO₂) – (Si termikus oxidációja) – 05.Oxidáció-Balotai_Péter.pdf

Si oxidáció: 1000 °C felett - 44 %-ban befelé oxidál, 56 %-ban kifelé oxidál

diffúzió:

$$F_1 = F_2 = F_3$$

$$h \cdot (C_* - C_0) = \frac{D \cdot (C_0 - C_i)}{x_0} = k_s \cdot C_i$$

F: fluxus (koncentráció, a diffúzió hajtóereje)
 h, D, k: konstansok
 k_s = reakciósebesség
 C₀ = aktuális felületi koncentráció az oxidban
 C_i = Si - SiO₂ határfelületen lévő koncentráció
 C* = egyensúlyi koncentráció a oxidban

Határesetek:

- a) D kicsi, F kicsi, x₀ nagy
 (lassú diffúzió, kis koncentráció, vastag oxidréteg)
 → Diffúzió-korlátozott oxidréteg-növekedés ($x \sim \sqrt{t}$)
- b) D nagy, (k_s kicsi), x₀ kicsi
 (gyors diffúzió, lassú oxidnövekedés, vékony réteg)
 → reakciókorlátozott oxidnövekedés ($x \sim t$)

Keletkező vegyület:

- a) Száraz oxid esetén: Si + O₂ → SiO₂
- b) Nedves oxiddal: Si + 2 H₂O → SiO₂ + 2 H₂ (hidrogén gáz keletkezik)

Milyen az új oxidréteg határfelülete?

A tetraéderez szerkezetű SiO₂ nem fér el a Si rácson, ezért vagy hézagos lesz, vagy helyenként megnyúlnak a kötéseik.

Oxidréteg kialakítására egyéb módszerek:

- plazma oxidáció
- anódos oxidáció
- Rapid Thermal Processing
- CVD (kémiai rétegleválasztás)
- Sol-gél leválasztás

És mire jó az oxidréteg nekünk?

- maszkol a fotolitográfia során
 - kicsi az adalékkoncentráció benne
 - jól tapad, hőellenálló
 - szelektív marásnak jól ellenáll
- Gate elektróda alatt jól szigetel (MOS tr.-ban)

8.) Fémzés:

Követelmények: - ohmikus (ne függjön az áramiránytól)
- belső elemek összekötés
- lehetőség a külvilághoz való kapcsolódáshoz (ultrahangos, thermoszonikus)

Csatlakozás: - galvanikus = fémes → „odakoccan” két fém egymáshoz
- ohmikus
- Schottky: fém-félvezető átmenet, egyenirányító

pl. MOS tranzisztor esetén: - source és drain galvanikus
- gate: nem is ér hozzá semmihez, kapacitív csatolás!

Fémzés jellemzői: - soros ellenállás (a négyzetes + fajlagos ellenállással számítjuk ki)
- tapadás, köthetőség (pl. arany nem tapad → AuCr ötvözet kell)
→ forrasztás, thermoszonikus, ultrahangos
- ellenálló képesség (kémiaiilag ne degradálódjon)
- zárt áramkör
- ideális kontaktus: $g \rightarrow \infty$, $r \rightarrow \infty$ (generáció és rekombináció ∞ gyors)

Vezeték kialakításának technológiai:

- ablaknyitás: szigetelő rétegen lyukakat ütünk
- rétegfelvitel: figyelni kell a jó lépcsőfedésre
- mintázat kialakítása: fotoreziszt, maratás, rétegtávolítás
- hőkezelés: redukáló gáz atmoszférában → jobb kontaktus

Fémréteg felvitel: vákuumgőzöléssel (elektronsugaras gőzölés) vagy katódporlasztással

Fémzés készítése:

- subtractive etch – szokásos
- damascene (damaszkuszi technológia)
 - CMP: kémiai-mechanikai polírozás
 - dual damascene: via (átvezetés) készítése két réteg között
- epitaxial lateral overgrowth:
technológia: szilícium → rá oxidréteg → epitaxiális Si réteg az oxidok közé
alkalmazás: 3D-s áramkörök építése:
 - hővezetési problémák
 - többrétegű szilícium növesztése (epitaxiális-laterális túlnövesztés)
 - rétegeken milyen áramkör legyen:
 - legalsó szinten: logikai áramkör
 - középső szinten: memória, analóg eszközök
 - legfelső szinten: optikai eszközök
- multichip modulok: fényel kötik össze az áramköröket (fény emittáló / abszorbeáló)

Fémzés hibái, tervezési szabályok....

9.) A „Damascene” technológia és a „Dual Damascene” technológia (07. fémezés.pdf)

A DUAL-DAMASCENE-tecnológia: (rézvezetékezés)

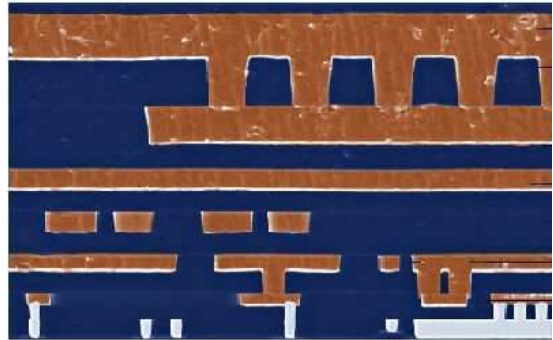
Eljárás lépései

1. SiO₂ maszk felvitele a félvezetőre
2. SiO₂ árok maratása plazma-maratással
3. Si védeke TiN, TaN, TaSiN barrierrel (PVD)
4. Cu kémiai növesztése
5. Cu elektrolízise
6. Polírozás (CMP)
7. Ismétlés – akár 9 réteg réz felvitele

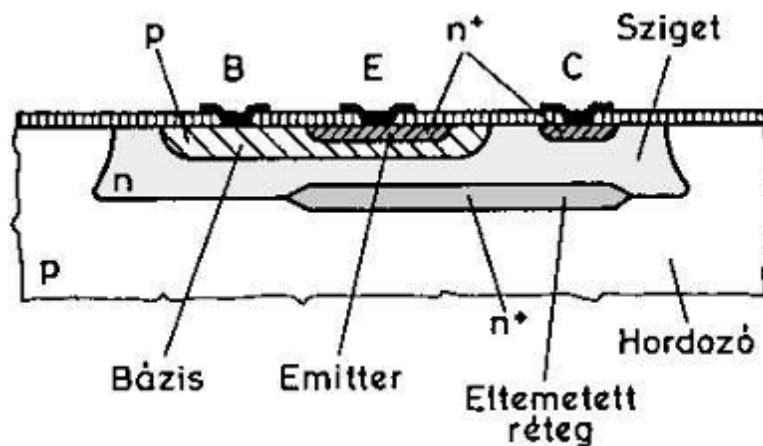
Itt először kimélyítik a vezetők/tranzisztorok helyeit

ezután egy néhány atomnyi izolációs fóliával fedik be ami

megakadályozza a szilícium réz-szennyeződését. Harmadik lépésként fel gőzölik a (galvanizálással) a fémet a felületre, így felépül a vezető réteg.



11.) A szokványos, hagyományos bipoláris IC tranzisztor keresztmetszete.



12.) Bipoláris technológiával készíthető eszközök (felsorolás) egy eszköz részletes elemzése

- npn tranzisztor
- laterális és vertikális pnp tranzisztor
- bázis és emitter ellenállás
- megnyomott ellenállás
- epitaxiális réteg ellenállás
- E-B dióda

Laterális pnp tranzisztor:

- kollektor és emitter bázisdiffúzióval készül
- a bázis pedig emitterdiffúzióval

Hátrányai:

- emitter nem erősen adalékolt
- homogén bázis
- oxid közelében folyik áram → kristályhibák → nagy rekombinációs áram
- kicsi a bázis áramerősítési tényezője

Előnyei:

- ugyanakkora az E-B és a C-B letörési feszültség → nagy záróirányú áramot elvisel
- a B és E,C között akár nagyobb távolság is lehet → közte vezeték lehet elvezetni, így vezetékkeresztezésre alkalmas

13.) npn-tranzisztor:

Hatásos emitter él a báziskontaktus oldalán ($I=2 \text{ A/cm}$),

EB letörés: 5-6 V, CB letörés 40-50 V, $f_T=800-900 \text{ MHz}$

A bázis bepített tere: $\Delta U=26\text{mV} \cdot \ln 100=120\text{mV}$, $\Delta x=1\mu\text{m}$, $E=\Delta U/\Delta x=120 \text{ kV/m}$

Itt van egy pnn+p parazita tranzisztor.

Az n+ a lyukak terjedését gátolja, ezzel a parazita tranzisztor ellen is védi a struktúrát.

Koncentráció eloszlása:

normál tranzisztor:

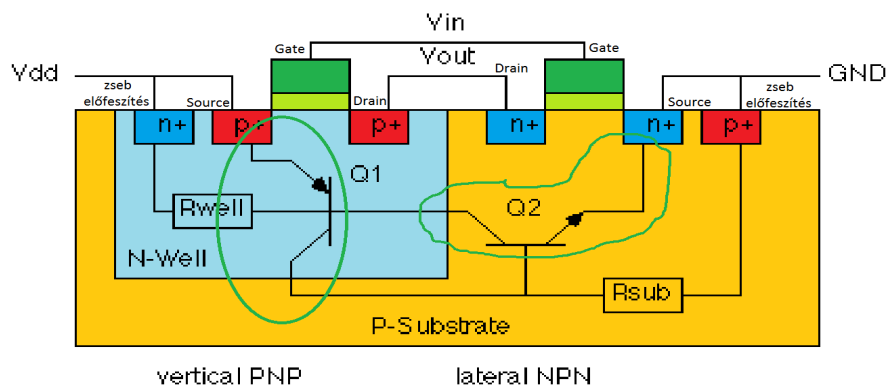
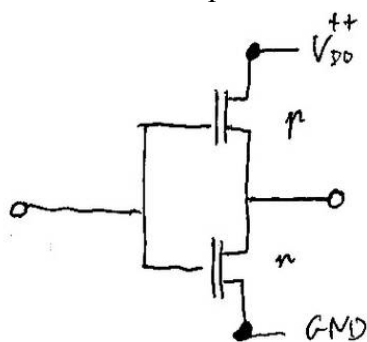
- erős E-adalékolás
- kis B-szélesség
- beépített n+ réteg
- B végén kis adalékolás
- elején erős, végén gyenge adalékolás
- ez egy gyorsítótér

parazita tranzisztor:

- gyenge E-adalékolás
- nagy B-szélesség
- nincs beépített n+ réteg
- B végén nagy az adalékolás
- elején gyenge, végén erős adalékolás
- ez egy fékezőtér

14.) CMOS inverter + keresztmetszeti kép

→ LDD = low doped drain: véd a „forró elektronok” ellen, hogy ne tudják eltolni az U_{NY} -t.



Latch-up jelenség:

Az a jó, ha R_{sub} -on és R_{well} -en az áram mindig $I \cdot R < 0,7\text{V}$ alatt marad, azaz a tranzisztorok zárva maradnak. Q1 és Q2 tranzisztorok bétájának szorzata ne haladja meg az 1-et! Ha pl. R_{sub} -on nagyobb, mint $0,7\text{V}$, Q2 kinyit, R_{well} -en nagyobb áram folyik, Q1 bázisa jobban a kollektor felé húzódik, Q1 kinyit, R_{sub} -on nagyobb áram, R_{sub} -on nagyobb fesz, Q2 jobban kinyit...

Öngerjesztő folyamat. A tirisztor begyűjt... Kikapcsolni úgy lehet, ha leveszem a tápfesz...

15.) A félvezető memóriák csoportosítása:

Memóriák:

RAM: Random Access Memory:

ReadWrite Memory - illékony → SRAM, DRAM (statikus, dinamikus)

ReadOnly Memory - nem illékony → Mask ROM, PROM, E(E)PROM, Flash ROM

SAM: Serial Access Memory:

Shift Register --> SIPO (Serial In Parallel Out), PISO (Parallel In, Serial Out)

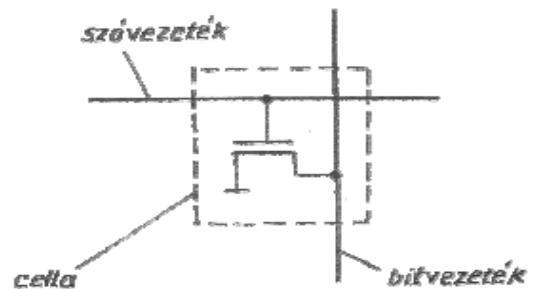
Queues --> FIFO (First In First Out), LIFO (Last in First Out)

CAM: Content Addressable Memory

16.) Maszk programozott ROM (MOS) (kapcsolási rajz, layout)

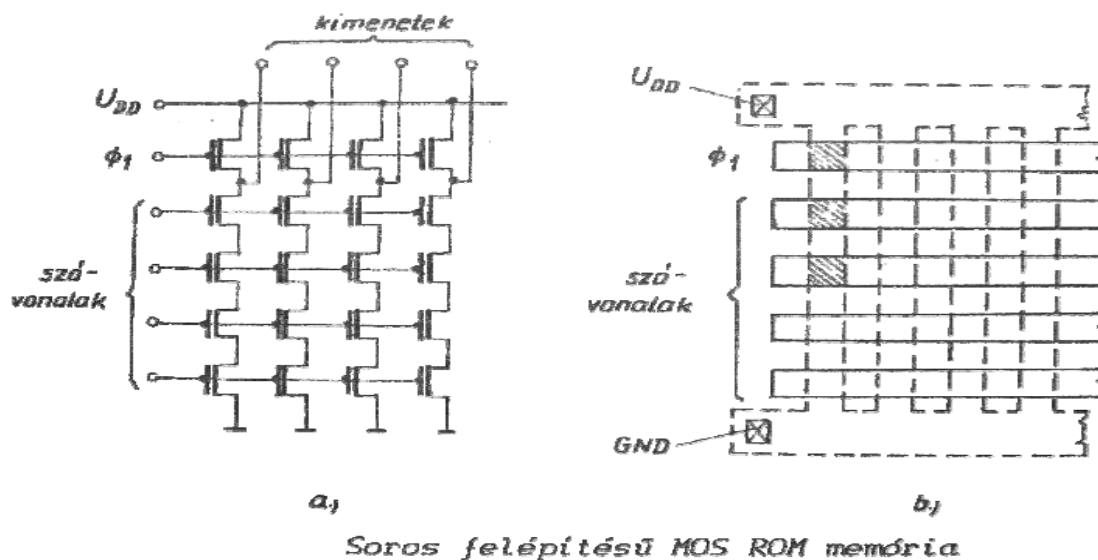
ROM: a beírás és a törlés is elektromos úton történik. A cella egyetlen, növekményes MOS tranzisztort tartalmaz. A beírt információ „1” vagy „0” aszerint, hogy a cellában jelen van-e (be van-e kötve) a tranzisztor, vagy nincs.

ROM memória
cellája



programozás:

- fix kivitel esetén, ahova „1”-et írunk, elhagyjuk a tranzisztort.
- maszkkal programozott esetben az összes tranzisztort megvalósítják, de a szükségtelen drain-eket nem kötik be



Soros felépítésű MOS ROM memória

17.) Bipoláris PROM (kapcsolás, működés, layout)

A PROM memóriák (Programmable vagy „beégethető” ROM)

- minden memória cellában van egy kiegészítő vezeték darab, aminek az eltávolítása a cellát „0”-ból „1”-be írja
- az égetéshez nagy áram kell, ami átfolyik az aktív eszközökön is, ezért bipoláris eszközöket alkalmaznak
- a diódák kiiktatására a velük sorba kötött, elkeskenyített NiCr csík ad lehetőséget, ezt egy 100mA néhánytized ms tartamú impulzus kiegészíti
- a beégető áram átfolyik a bit- és szóvezetékeken, ami a címzőáramkörök felé jelent kellemetlen követelményt
- Előbbi problémára megoldás, ha diódák helyett bipoláris tranzisztort alkalmazunk

Az EPROM memóriák: (Erasable PROM)

a) FAMOS memória (Floating-gate, Avalanche MOS)

- lebegő-gate-es tranzisztor: a gate elektróda nincs kivezetve, ezért a potenciálját csak a rajta lévő töltések határozzák meg
- ezt a töltést azonban a bulk és a drain között előidézett lavinaletörés meg tudja változtatni
- törölni az egész chip-et egyszerre ultraibolya fénnel lehet

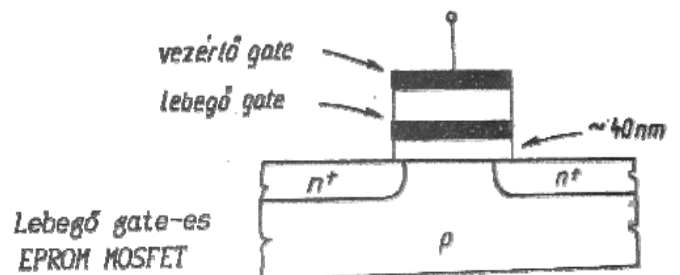
b) *Két gate-es EPROM:*

- programozás: drain-re nagyfeszültséget kapcsolunk, így a drain közelében lévő elektronok nagy energiára tesznek szert, amivel be tudnak jutni a lebegő gate és a csatorna közötti oxidba. A vezérlő gate-re nagy pozitív feszültséget kapcsolva az oxidban lévő elektronok felhalmozódnak a lebegő gate-en.
- törlés: ultraibolya fényre az oxidokon keresztül a szubsztrátba, illetve a vezérlő gate-re távoznak

Cellánként egy tranzisztor, ezért nagy bitsűrűség.

• Megbízhatósággal kapcsolatos problémák:

- több átprogramozás után az elektronok egy része „beragadt” az oxidba, ezen elektronok akadályozzák programozáskor a többi elektron áramlását, valamint nem távolíthatók el ultraibolya fényvel. Ennek elkerülésére jó minőségű oxidot kell növesztetni.
- a félvezető felület érdessége is problémát okozhat, hegyesen kiemelkedő helyeken megnő a télerősség az oxidban, ami a lebegő gate töltésének elszivárgását okozhatja
- a technológia fejlődése ezeket a problémákat nagymértékben csökkentette
- az EPROM-ok pár százszor programozhatók át

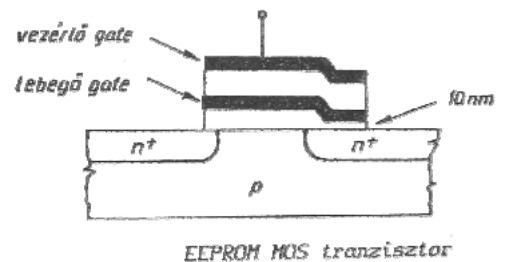


18.) EEPROM cella felépítése és működése -

(felmem).pdf

Az EEPROM memóriák: (Electrically Erasable PROM)

- a lebegő gate feltöltése és kisütése az alagúthatás révén megy végbe, ezért a lebegő gate és a félvezető között lévő oxid egy része nagyon vékony

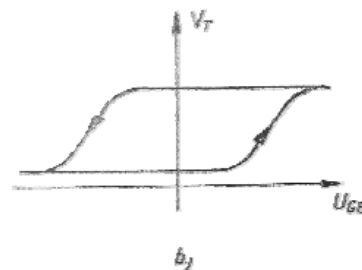
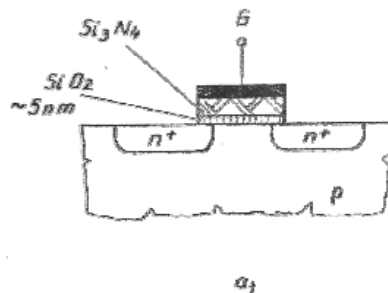
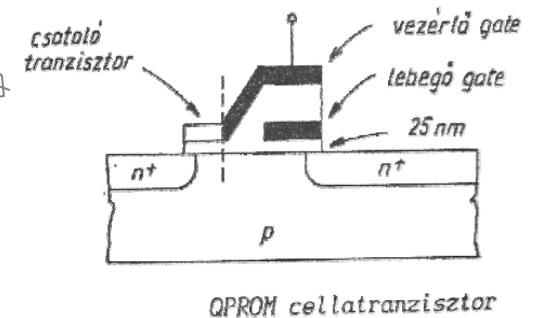


flash-EEPROM-ok

- EPROM és EEPROM „keresztzése”
- beírás: forró elektronok
- törlés: elektromos úton, minden cella egyszerre

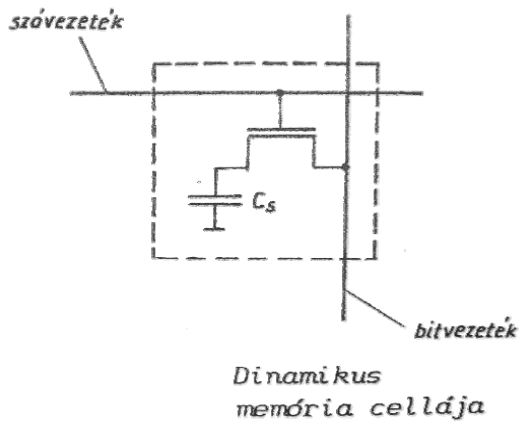
MNOS memória (Metal-Nitrid-Oxide-Silicon):

- az oxid és a nitrid réteg határán olyan csapda állapotok alakulnak ki, amelyek üresek és betöltöttek is lehetnek. A betöltöttség befolyásolja az eszköz küszöbfeszültségét.



Az MNOS tranzisztor és V_T karakterisztikája

19.) 2 polis DRAM:



Dinamikus információ tárolása:

- egytranzistoros megoldás
- kondenzátor 0 körüli feszültsége „0”, táp körüli feszültsége „1” állapotnak felel meg
- frissítés

Kiolvasás:

- bitvonal és cellakapacitás arányából adódik, hogy az érzékelő erősítőnek 50-100mV különbség alapján kell eldöntenie, hogy „0” vagy „1” volt tárolva
- a kiolvasás destruktív

Alfa-részecskék:

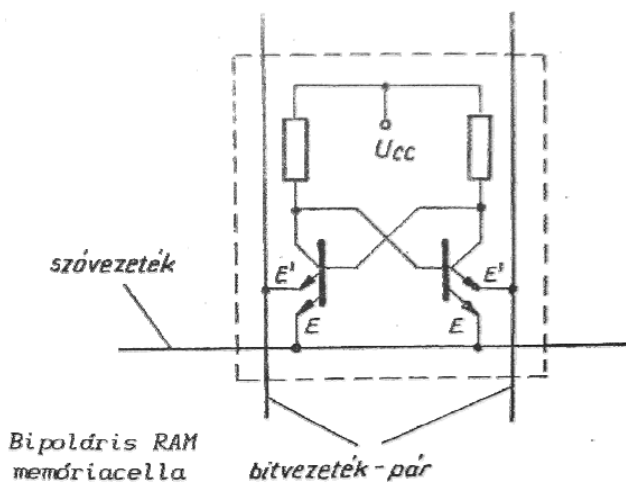
- alfa-részecskék becsapódása milliós nagyságrendű elektron-lyuk párt generálhat, ami hibát okoz
- poliimid védőlakkal vonjuk be a chip-et

20.) Árokkapacitás (trench), High-K RAM cella. (felmem.pdf, 23.modern-cmos.pdf)

Ha nincs elég hely a szilícium felületén, akkor a szilícium tömbbe árkot marunk, hogy legyen. ☺
A klasszikus monolit technológiát ki kell egészíteni újabb technológiai lépésekkel.

High-K = nagy relatív dielektromos állandóval rendelkező anyagok. A gate szigetelő szélessége nem csökkenthető a tunneláram miatt. Ha az oxid helyett más, nagyobb relatív dielektromos állandójú anyagot használnak, az áram és a meredekség növelhető, vagy azonos meredekség mellett az szigetelő szélessége nagyobb lehet, ezáltal a tunneláram töredékére csökken. Azaz a tranzisztor több mint másfélszeresére gyorsul, miközben a szivárgási áram századrészére esik vissza.

21.) Bipoláris SRAM cella (félvezető memóriák (felmem).pdf):



22.) SRAM cella és író/olvasó áramkör:

MOS RAM memória

- a legjellegzetesebb kivitel
- frissítést nem igényel
- nagy helyet foglal
- állandó teljesítményfogyasztás

BiCMOS sztatikus RAM memóriák

- sikerült kombinálni bipoláris áramkörök nagy sebességét és áramát a CMOS áramkörök nagy sűrűségével és kis disszipációjával

Egyéb tételek, amik lehetnek:

- 1) npn-tranzisztor (Nde, Nab, Ndc megadva, bázis szélesség megadva)
 - a) nyitófeszültség UBE diff
 - b) hol jön létre a tér, mekkora a maximuma
 - c) BC átmenetnél milyen jelentősége van a térnek
igazából még ennél is többet csavartak rajta, de a lényeg, hogy ilyesmire is lehet számítani
- 2) Két poliszilíciumos RAM cella (keresztmetszet, layout, működés)
- 3) CMOS érzékelő erősítő
- 4) nMOS érzékelő erősítő
- 5) Mérőerősítő kapcsolás
- 6) Mikroprocesszor belső felépítése (blokkvázlatos) és az egyes elemek funkciója

+ Kollár ZH-kérdései