

Kako se prave čipovi



Kako se prave čipovi

- Šta je integrisano kolo
- Istorija minijaturizacije
- Tehnološke osnove čipa
- Tehnologija izrade čipova
- Matematičke osnove računara



ŠTA JE INTEGRISANO KOLO

- Elektronsko kolo izrađeno kao celina u jednom proizvodnom ciklusu naziva se integrisano kolo (IK)



REVOLUCIJA U ELEKTROTEHNICI

- Smanjenje elemenata (veliĉine)
- Izrada veĉeg broja elemenata istovremeno
- Smanjenje broja operacija i usavršavanje tehnologije,
- Povećala se pouzdanost elemenata,
- Izrada ĉitavih kola ostvaruje se sa istim brojem operacija kao i izrada jednog elementa
- Cena jednog IK je ista kao cena jednog diskretnog elementa.



PUT U MINIJATURIZACIJU ELEKTRONSKIH UREĐAJA

- Osnovni podstrek za stvaranje IK je bio **zahtev za minijaturizacijom vojnih uređaja** i nekih drugih specijalnih profesionalnih uređaja.
- U početnim godinama radio tehnike nije se vodilo računa o veličini elemenata.
 - Veze izvođene debelom žicom kao za strujne instalacije.

PRVI NIVO MINIJATURIZACIJE

- Primena lemljenja prilikom spajanja.
- Umesto spajanja zavrtnjima primena ušica koje se leme.
- Elementi se spajaju preko izvoda direktno bez žica.
- Usavršavaju se elementi koji i sami postaju sve manji.
- Izvodnice elemenata postaju nosači elemenata, a veze se skraćuju.



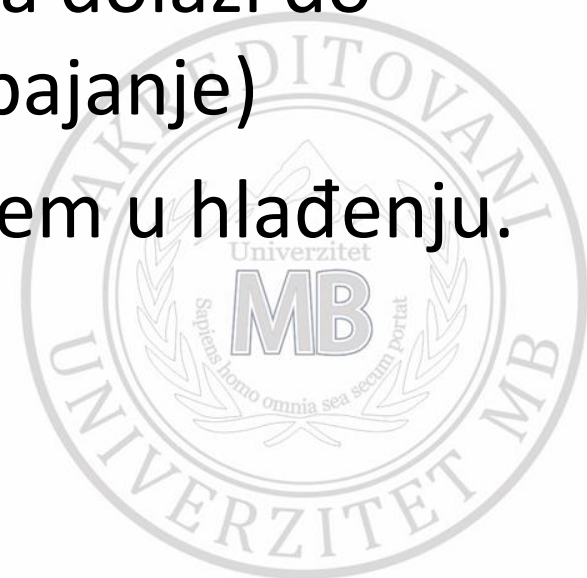
II SVETSKI RAT

- Sve veći zahtevi za minijaturizacijom.
- Uređaji su rađeni u zbijenoj formi najpre sa klasičnim elementima, a zatim se i elementi dodatno smanjiju.
 - Elektronske cevi imaju sve manje nožice a zatim se zatapaju u staklo.
 - Stakleni balon se smanjuje gotovo na veličinu elektrode.
 - Pojava novih materijala (keramika, feriti)
 - Pojava štampanih kola
 - Izrada kompletnih podsistema



POJAVA POLUPROVODNIKA

- Kvalitativan tehnološki skok u minijaturizaciji elektronskih uređaja,
- **Gustina pakovanja se znatno povećala.**
- Usled smanjenja veličine uređaja dolazi do smanjenja pratećih uređaja (napajanje)
- Manji uređaji imaju manji problem u hlađenju.



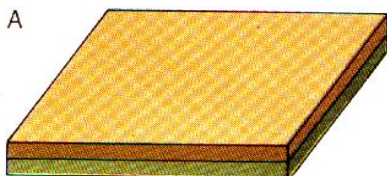
METAL-SLOJNI ELEMENTI NAPARAVANJEM

- Izrada elemenata na tankoj keramičkoj pločici.
- Ovo je dalo ideju da se na taj način dobije kompaktno kolo.
- Kombinovanje sa tranzistorima
- Predistorija je završena.

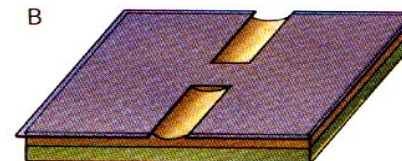


TEHNOLOŠKE OSNOVE ČIPA

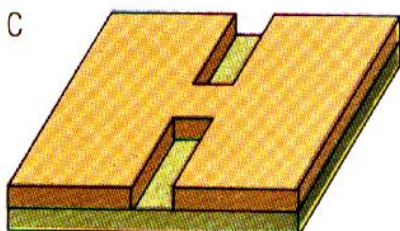




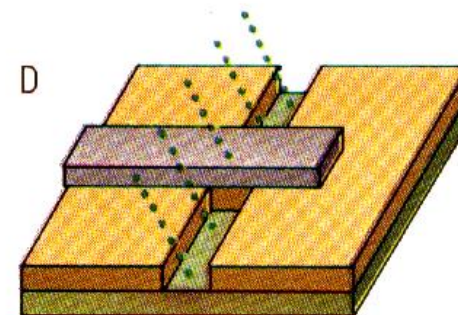
Pločica silicijuma se presvuče slojem oksida



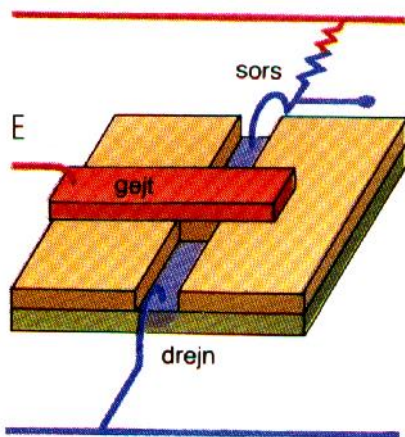
Popreko se izdubi žljeb



Ostatak oksida se ispere

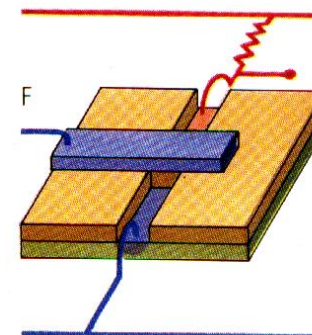


Nanese se tanak sloj aluminijuma
I formira mostić, difuzija (joda)



Deo zaštićen aluminijumom ponaša se kako izolator sve dok kroz Al ne pojavi električno polje.

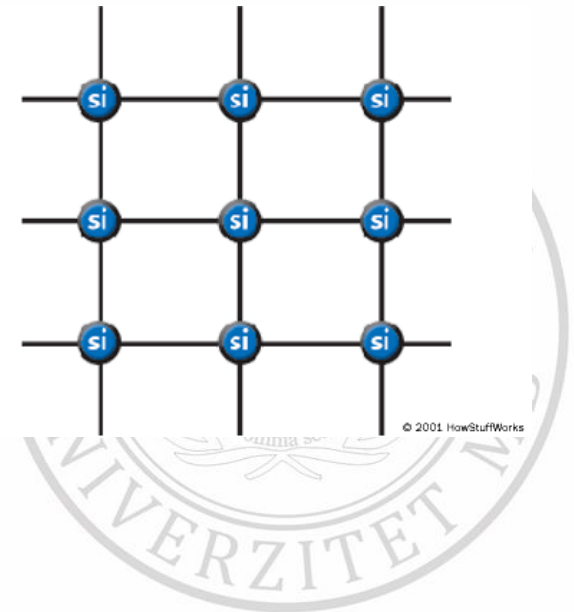
Ako se na gejtu pojavi napon struja će poteći od sors ka drejn-u.



OSNOVNI MATERIJAL

Osnovni materijal za pravljenje čipova je silicijum,
Od njega se pravi staklo koje je izolator
U njega se može uliti aluminijum kao žica
Bombardovanjem atomima postaje provodnik (poluprovodnik)

Silicijumska pločica mora biti monokristalna.
To znači da raspored atoma mora biti tačno određen



POZICIJA U PERIODNOM SISTEMU

5 B Boron 2.34	6 C Carbon 2.62	7 N Nitrogen 1.251
13 Al Aluminum 2.70	14 Si Silicon 2.33	15 P Phosphorus 1.82
31 Ga Gallium 5.91	32 Ge Germanium 5.32	33 As Arsenic 5.72

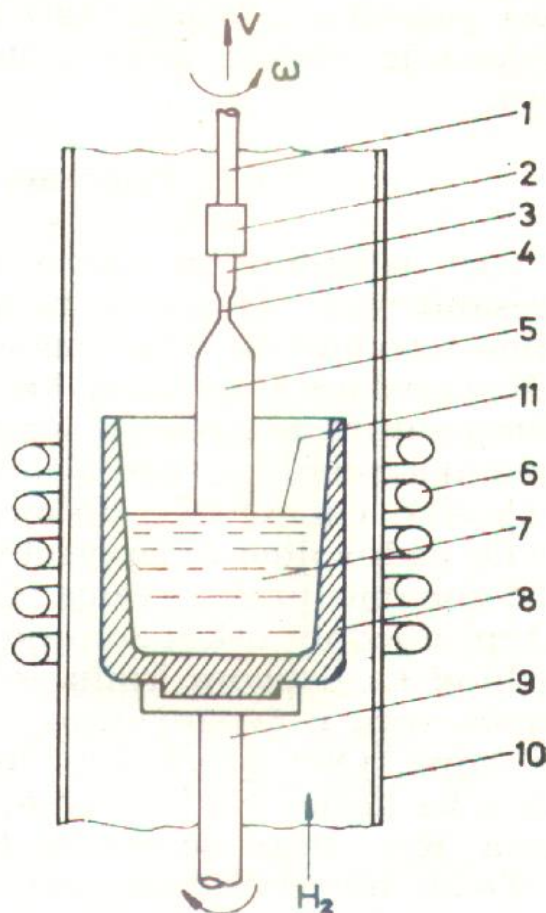
©2001 HowStuffWorks



TEHNOLOGIJA IZRADE ČIPOVA



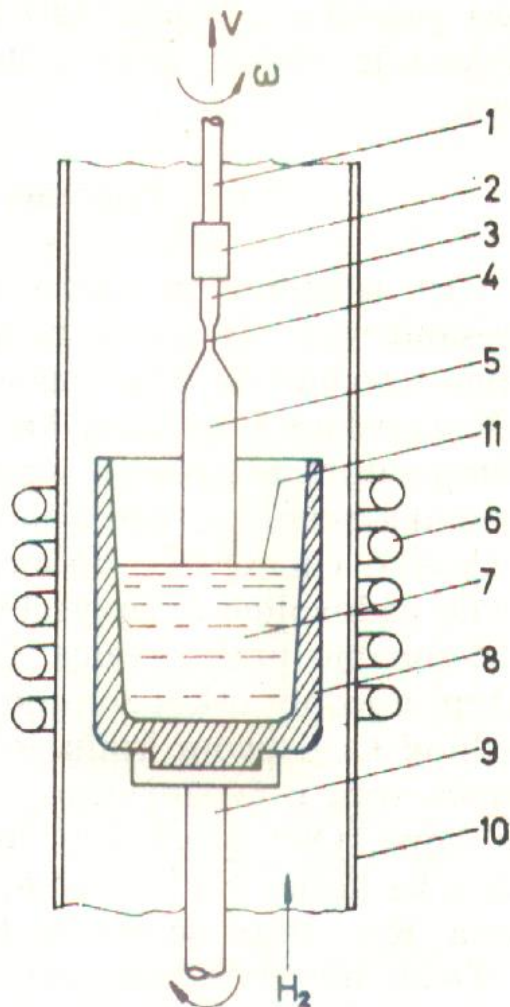
PRAVLJENJE SILICIJUMSKOG VALJKA (KRISTALIZACIJA)



Izvlačenje krisrala

1. Osovina nosača klice
2. Nosač klice
3. Klica
4. Suženi deo klice
5. Izvlačenje monokristala
6. Visokofrekventna zavojnica
7. Istopljeni silicijum
8. Grafitni tigl
9. Osovina koja nosi tigl
10. Kvarcna cev
11. Ubacivanje primesa

PRAVLJENJE SILICIJUMSKOG VALJKA (KRISTALIZACIJA)



Tehnološki postupak:

U tiglu se nalazi rastopljen silicijum.

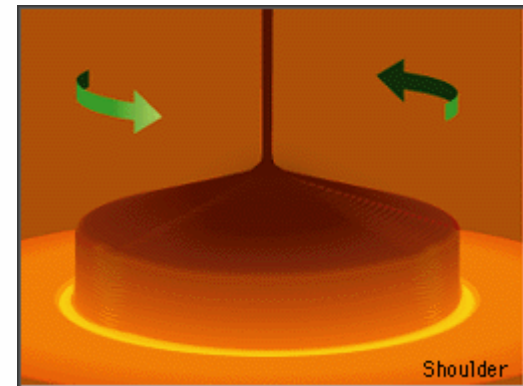
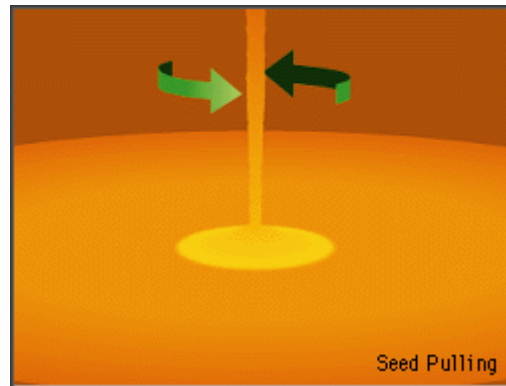
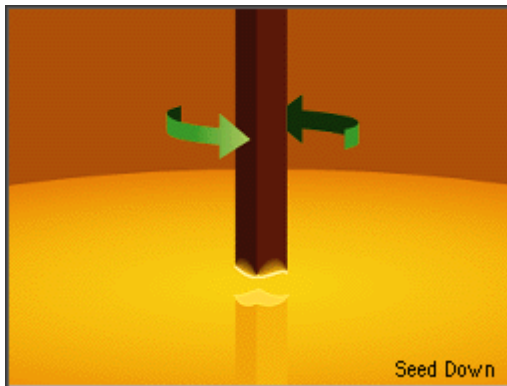
Zaroni se parče monokristala Si.

Podešavanjem temperature silicijuma malo iznad tačke topljenja a usled hlađenja na mestu dodira sa monokristalom silicijum se taloži na početni monokristal.

Obrtanjem i izvlačenjem monokristal raste u obliku okrugle šipke održavajući raspored atoma isti kao u klici.

Prilikom izvlačenja dodaju se primese kako bi se dobio monokristal sa primesama željene koncentracije

PRAVLJENJE SILICIJUMSKOG VALJKA (KRISTALIZACIJA)



PRAVLJENJE SILICIJUMSKOG VALJKA (KRISTALIZACIJA)

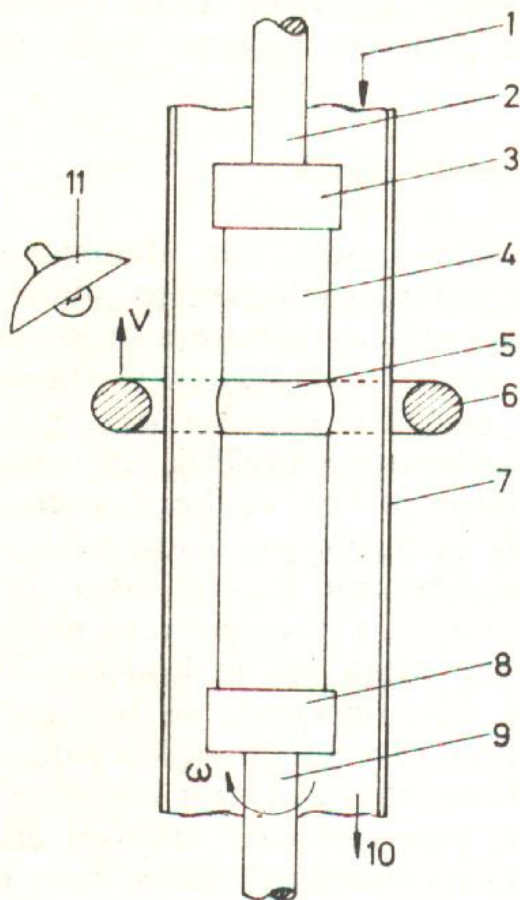


Šipka hemijski čistog silikona



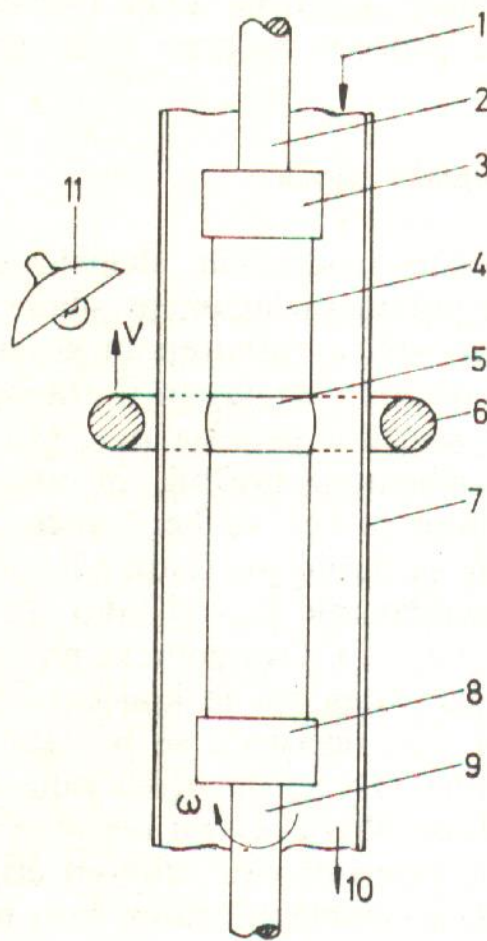
- Od sirovog materijala (kvarcnih stena) u složenom procesu (topljenje, destilacija) proizvode se šipke 99.999999% čistog silicijuma
- Svaka šipka dugačka je oko 1.5 m, teži stotine kg i ima prečnik 200 do 300 mm.

ZONALNO PREČIŠĆAVANJE SILICIJUMA



1. Ulaz zaštitnog gasa
2. Gornja osovina
3. Držač silicijuma
4. Silicijumski štap
5. Istopljena zona silicijuma
6. Visokofrekventna zavojnica
7. Kvarcna peć
8. Donji držač silicijuma
9. Donja osovina
10. Izlaz zaštitnog gasa
11. Sijalica za predgrevanje silicijuma

ZONALNO PREČIŠĆAVANJE SILICIJUMA



Prečišćavanje se radi tako što se štap topi u jednoj uskoj zoni po dužini.

Ova zona se pomera od jednog kraja ka drugom kraju štapa

Usled toga koncentracija nečistoća se povlači ka kraju štapa.

Postupak se ponavlja više puta.

Na taj način se veći deo štapa očisti od nečistoća.

Ostatak sa više nečistoća se odseca.

Ovim postupkom se dobija silicijum sa 10^{-8} do 10^{-6} % nečistoća.

DALJA OBRADA MONOKRISTALA

- Sečenje monokristala dijamantskom testerom.
- Posle toga se kriške bruse. Da bi se skinula oštećenja od testere.
- Poliranje da se otklone poslednja oštećenja i dobila idealno ravna površina.
- Hemijsko čišćenje i pranje u dejonizovanoj vodi.



EPITAKSIJALNI RAST

Reaktor za epitaksijalni rast

1. Kvarcna cev
2. Silicijumska pločica
3. Grejno telo
4. Visokofrekventna zavojnica.

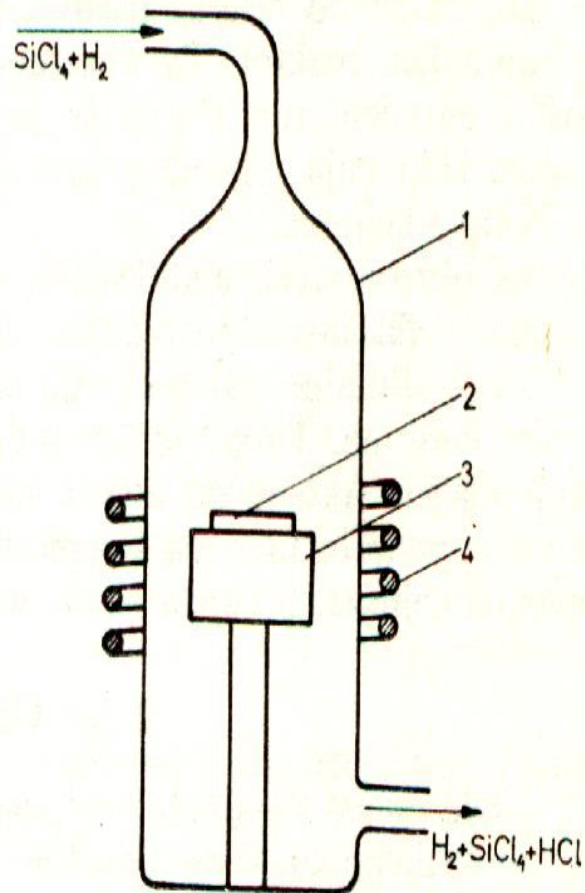
Postupak je sličan predhodnom.

I u ovom procesu se dobija monokristal
Ovde se silicijum dobija iz gasovite faze
nekog silicijumskog jedinjenja.

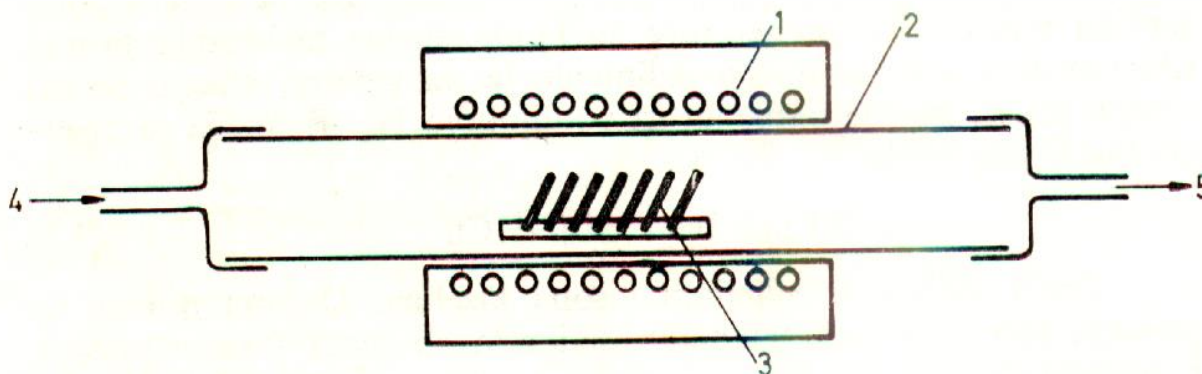
Brzina taloženja kristala je $1\mu\text{m}/\text{min}$.

Primenjuje se za dodatni rast monokristala.

Selektivno se zaštiti površina i pusti da na
nezaštićenoj površini se nastavi taloženje
silicijuma.



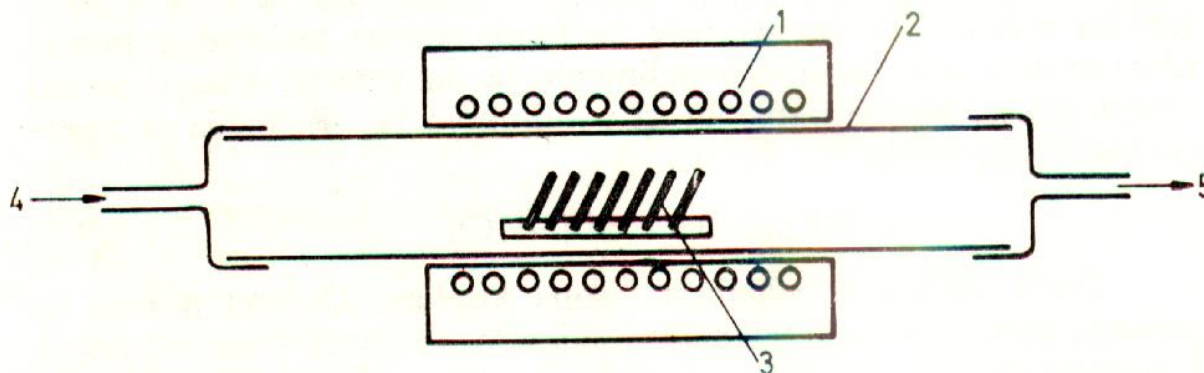
OKSIDACIJA



1. Grejno telo sa otpornim grejačem
2. Kvarcna cev
3. Silicijumske pločice
4. Ulaz oksidanta O_2 ili pare H_2O sa nosećim gasom
5. Izlaz gasa.



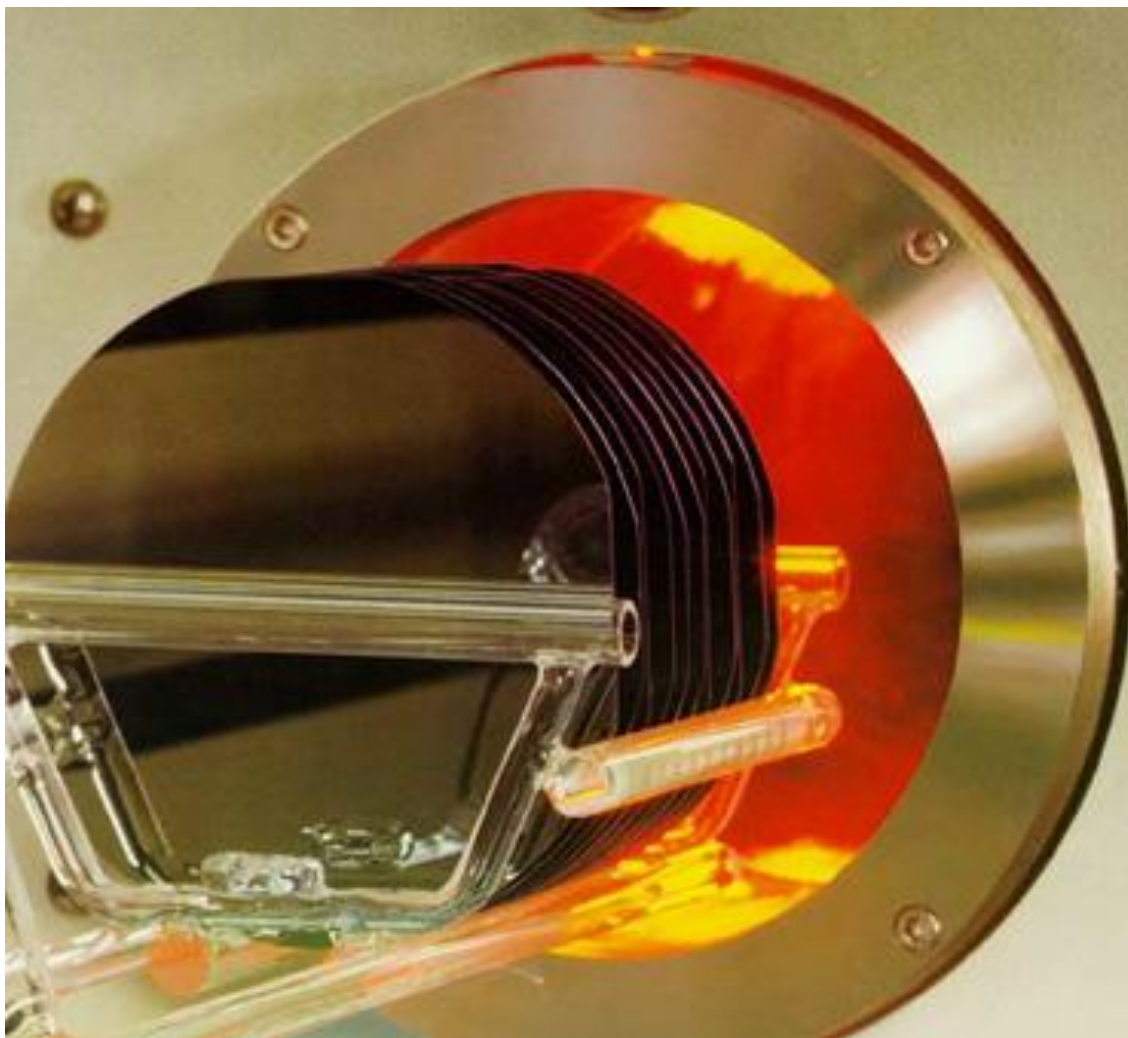
OKSIDACIJA



Oksidacija se vrši radi stvaranja oksidnog sloja na površini silicijuma. Ovaj sloj čini silicijum dioksid SiO_2 koji ima odlične mehaničke i dielektrične karakteristike

Tokom proizvodnje služi kao maska prilikom difuzije primesa a na gotovim elementima ili integrisanim kolima kao površinska zaštita kao i izolacioni sloj iznad elemenata.

OKSIDACIJA



SIMULACIJA PROCESA U PEĆI

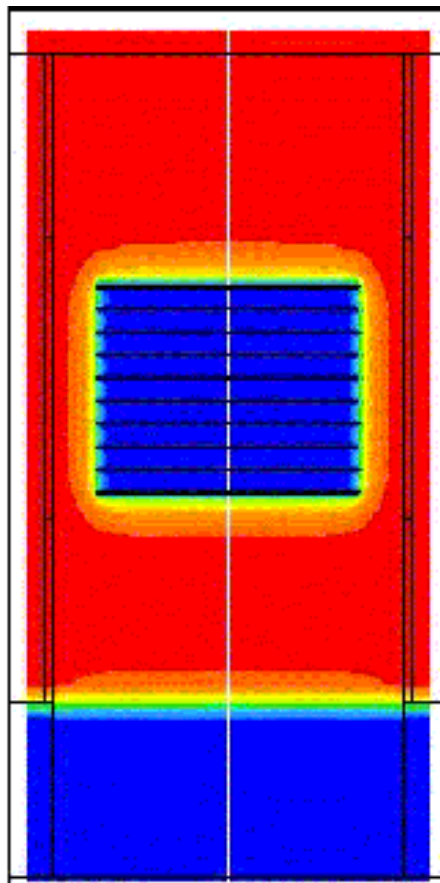


FOTO-LITOGRAFIJA

Foto-litografija je selektivno nagrivanje ili metalu ili dielektriku.

Na oksidisanu silicijumsku ploču ili na metalnu foliju nanese se tanak sloj emulzije osetljive na svetlost.

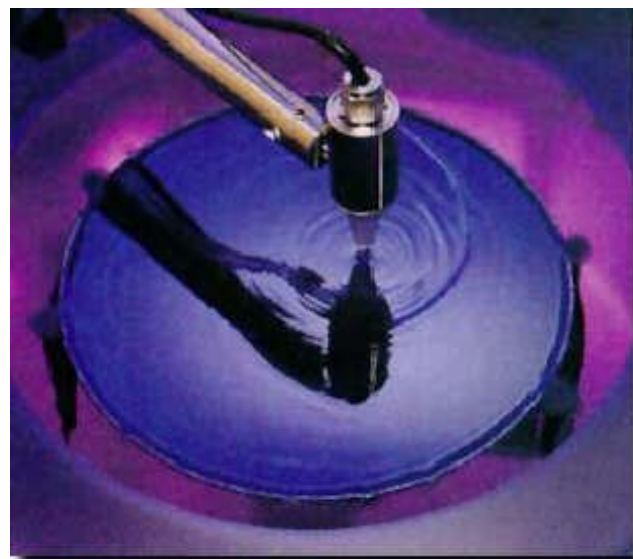
Ova emulzija se naziva foto-rezist.

Foto rezist ima osobinu da pod uticajem svetlosti polimerizuje i postaje otporan na kiseline sa kojima se nagriva silicijumdioksid.

Naneti sloj se osuši.

Iznad rezista se postavi foto-masku i vrši eksponiranje.

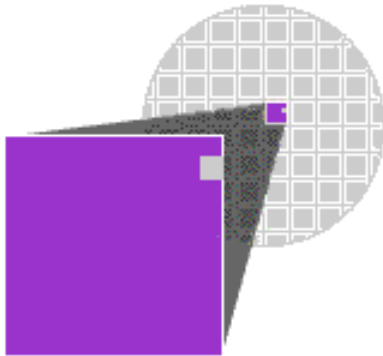
Neeksponirani deo se ukloni vodom i osuši.



Photoresist Application
(Ontrak)



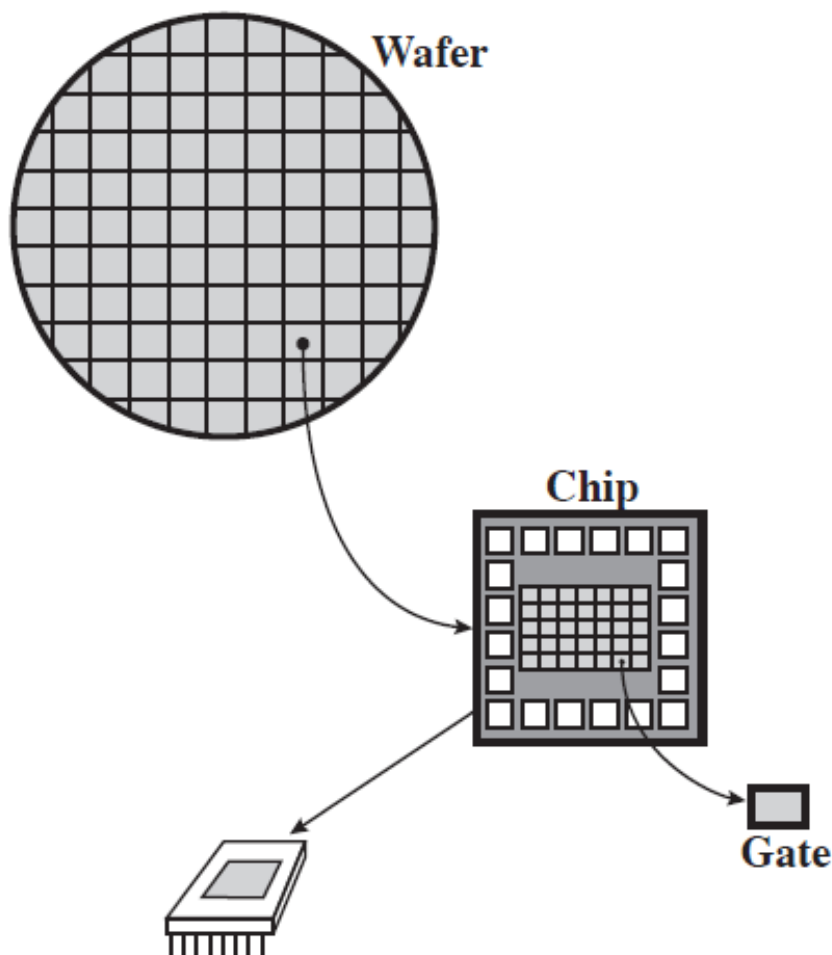
Proizvodnja (Fabrication)



- Mikroprocesori se proizvode u slojevima na silicijumskoj oblandi (silicon wafer) kroz različite postupke uz korišćenje hemikalija, gasova i osvetljavanja.



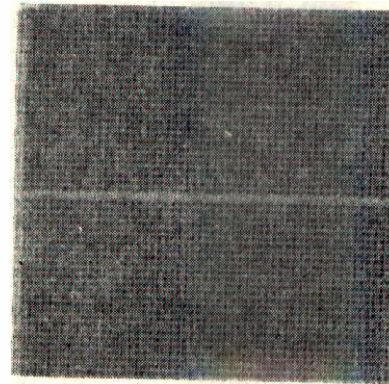
Odnos Wafer-Chip-Gate



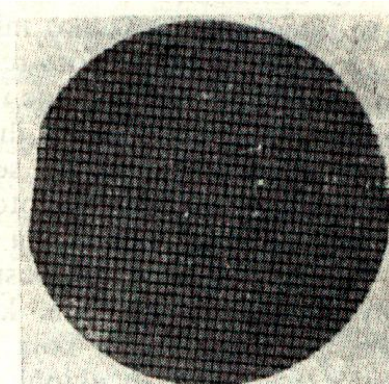
IZRADA FOTO-MASKI

Foto maske su u stvari foto negativi koji se koriste za fotolitografsko dobijanje oksidnih maski na pločici silicijuma ili za dobijanje metalnih maski za neparivanje u tankoslojnoj tehnici.

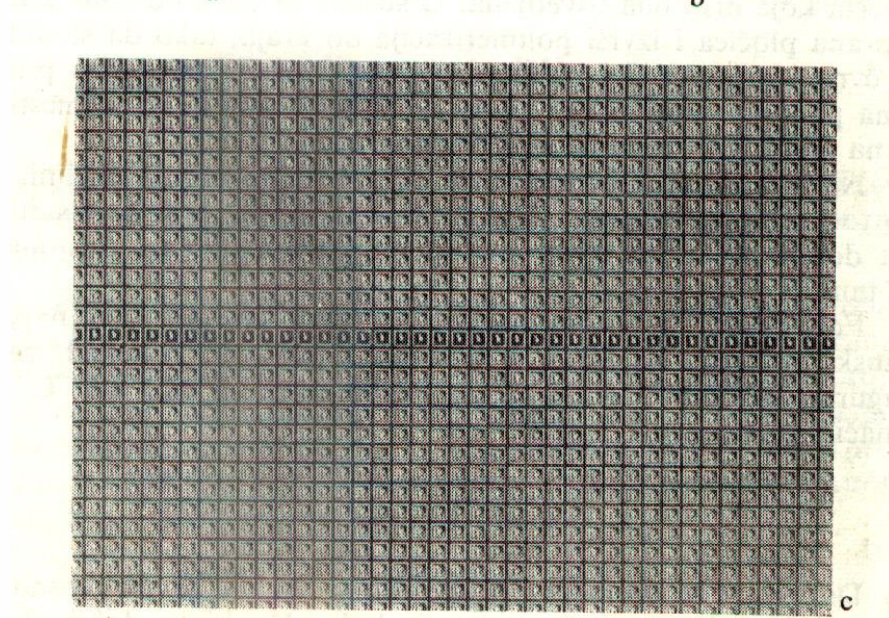
Radi se veliki broj kola istovremeno



a



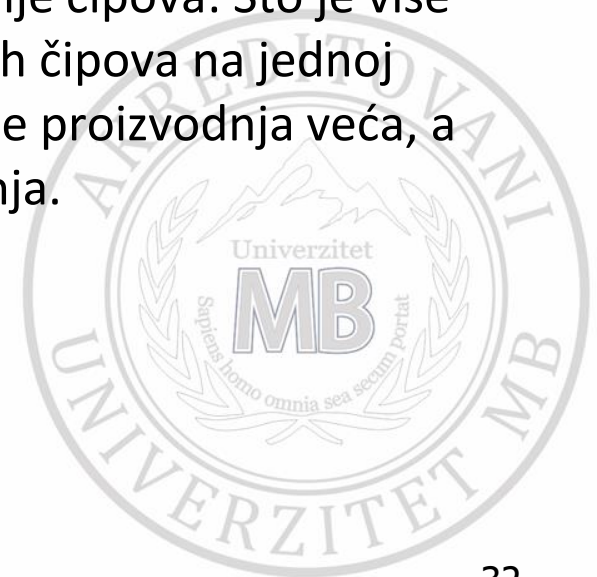
b



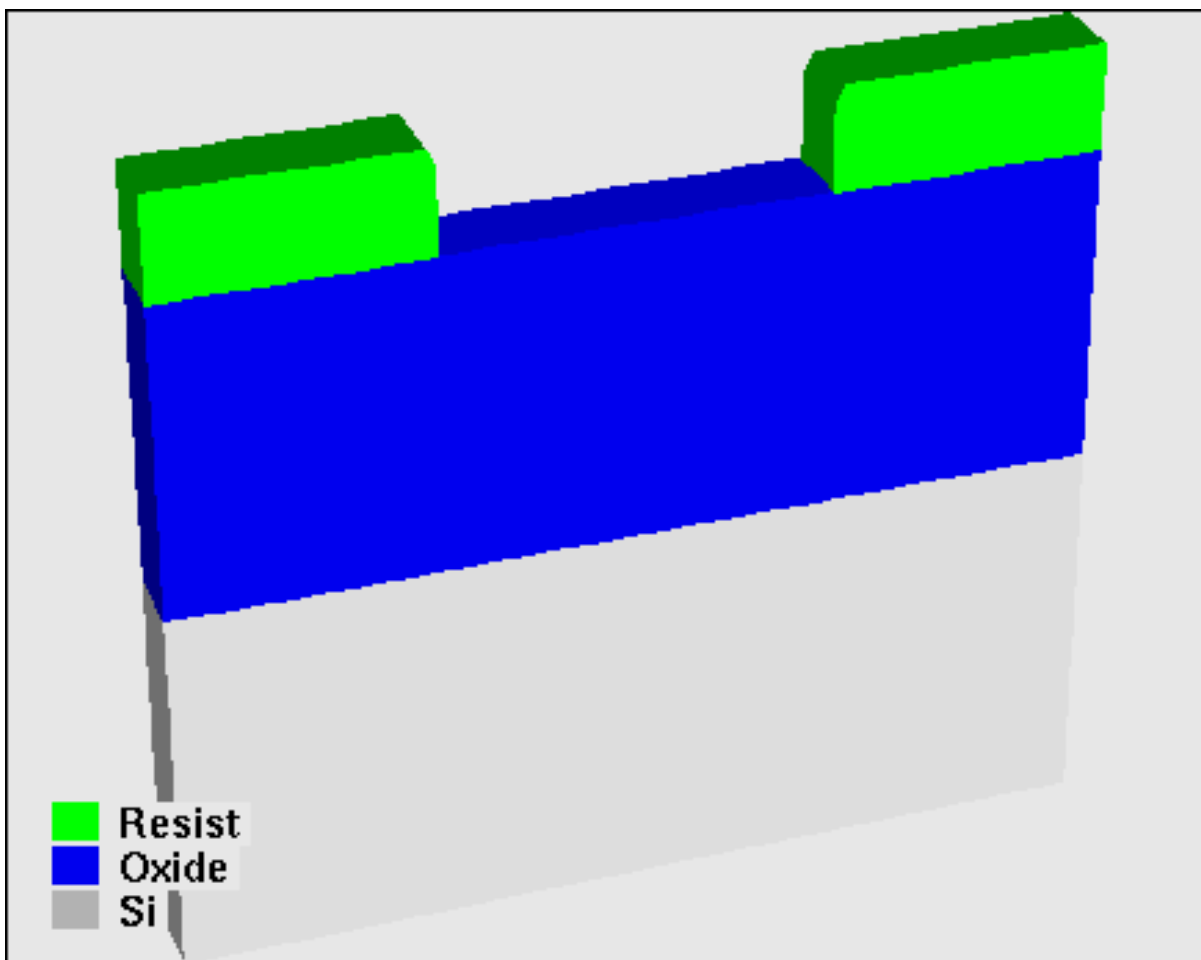
c



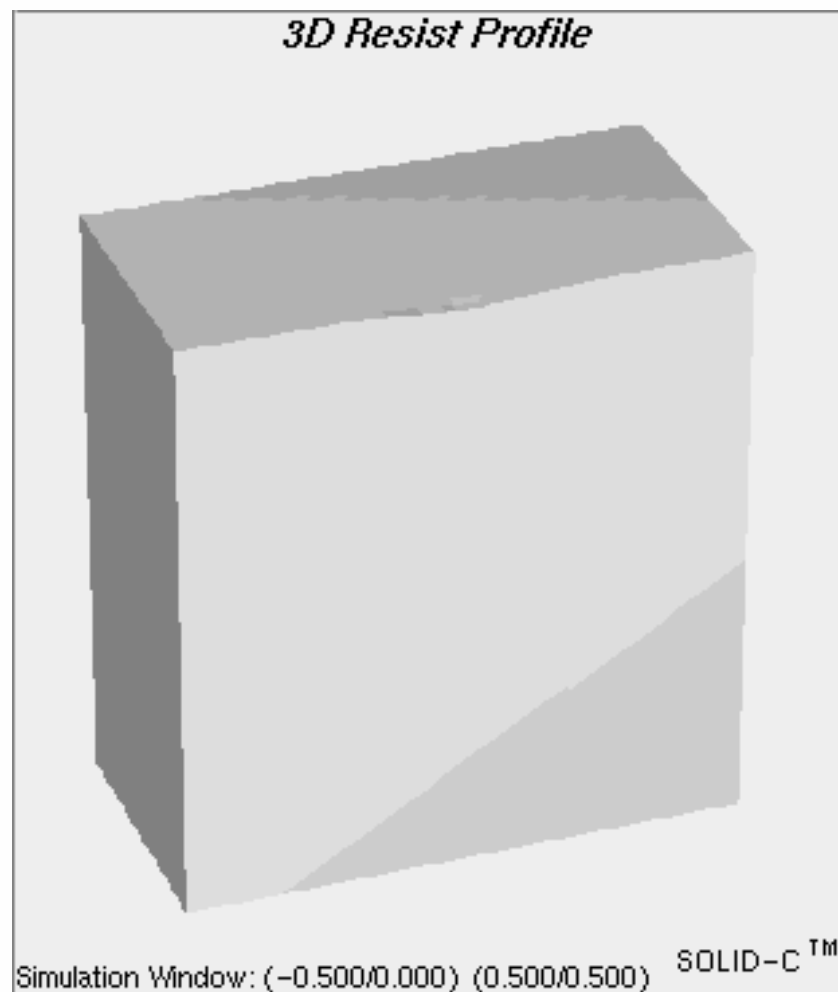
- Tacna sa silikonskim pločicama ulaže se u peć za obradu pod visokom temperaturom
- Slika ilustruje osnovni problem proizvodnje čipova: Što je više što manjih čipova na jednoj tacni, to je proizvodnja veća, a cena manja.



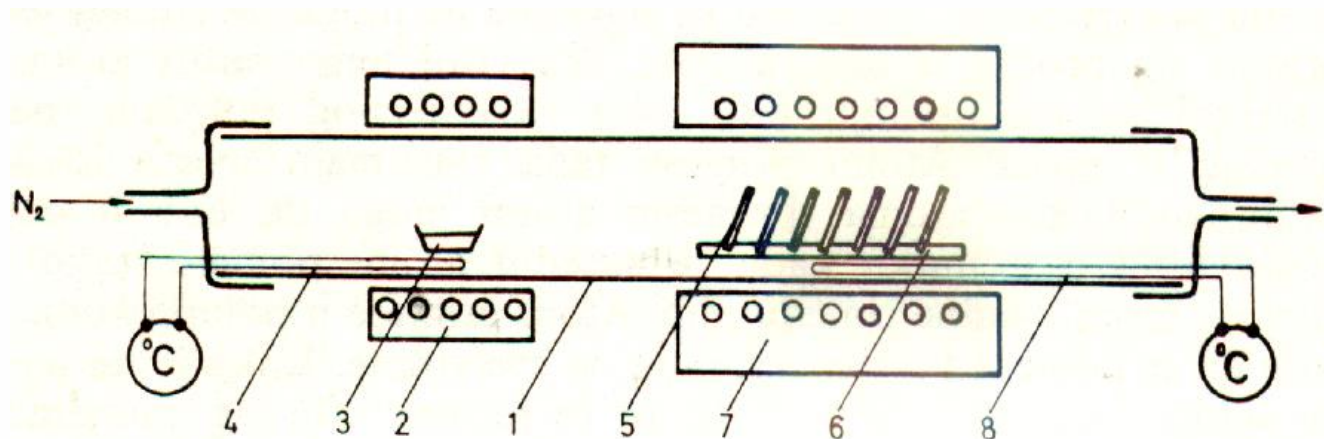
SIMULACIJA NAGRIZANJA



SIMULACIJA NAGRIZANJA



DIFUZIJA

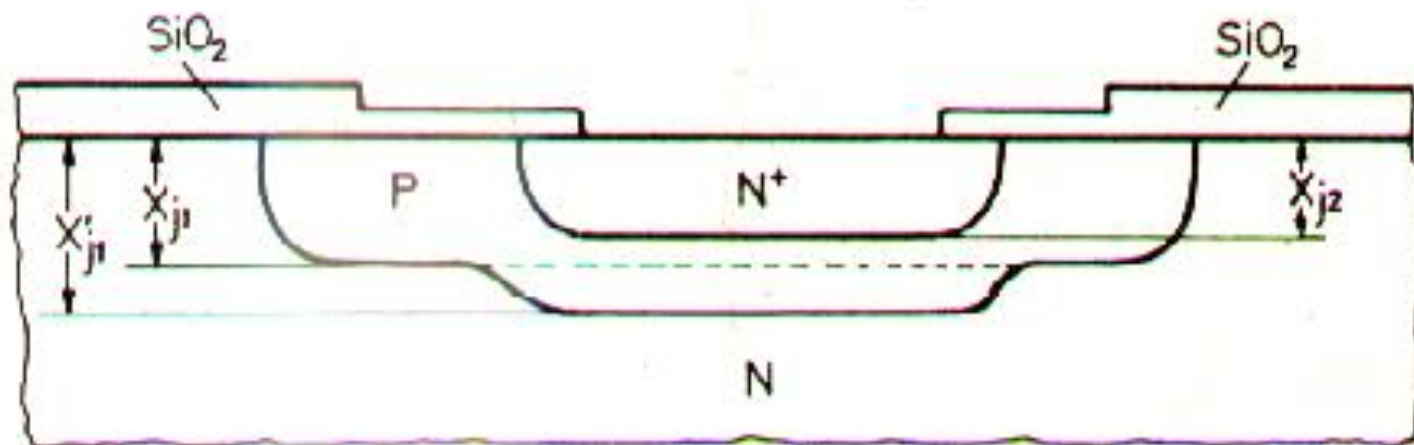


Peć za difuziju

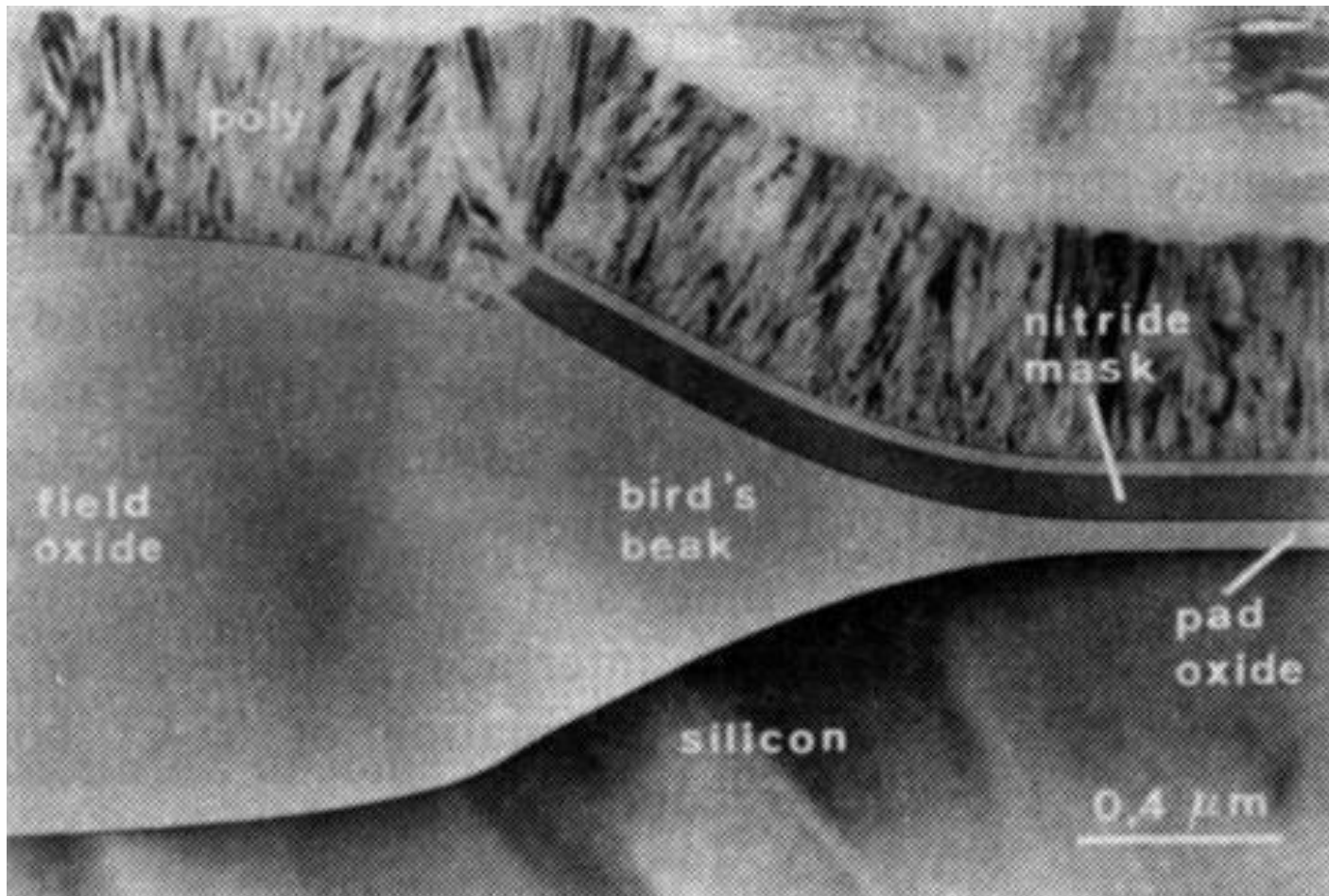
1. Kvarcna peć
2. Grejno telo za zagrevanje difundanta
3. Lađica sa difundantom
4. Termospreg sa instrumentom
5. Silicijumske pločice
6. Nosač silicijumskih pločica
7. Grejno telo za zagrevanje silicijuma
8. Termospreg sa instrumentom za merenje temperature



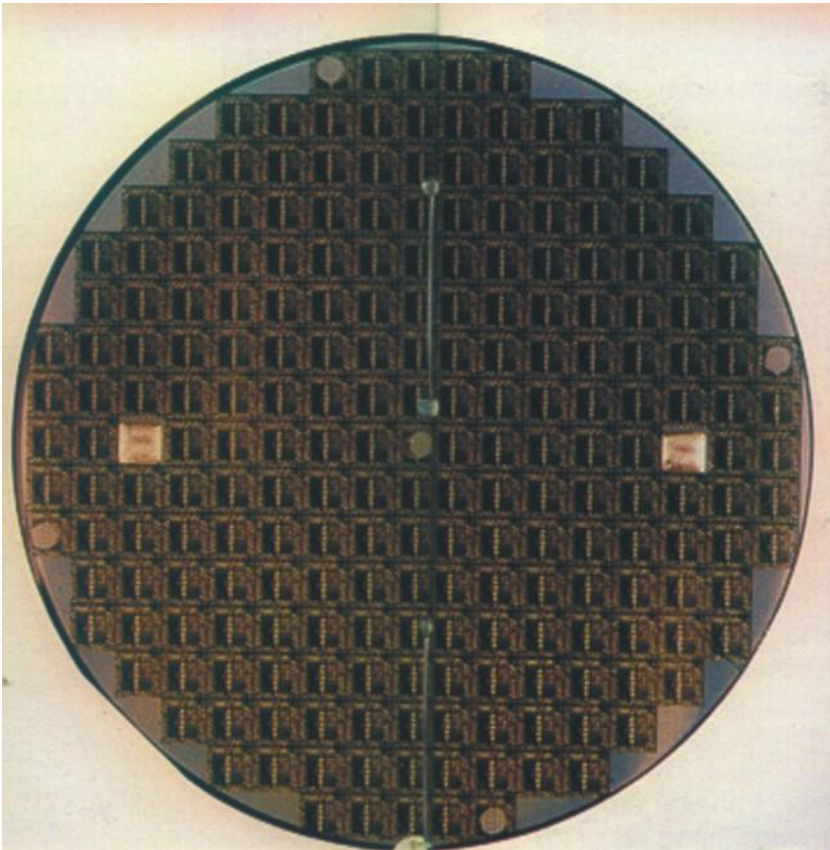
REZULTAT DIFUZIJE



MIKROSTRUKTURA



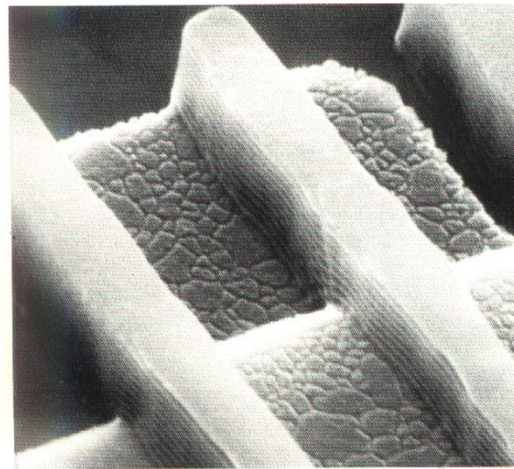
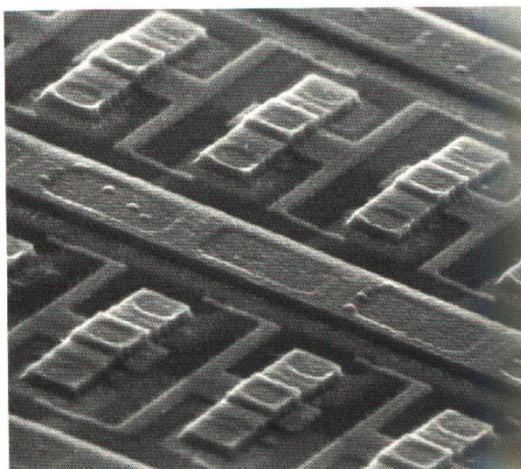
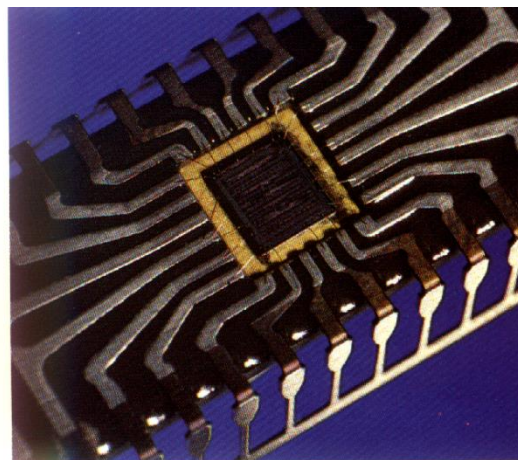
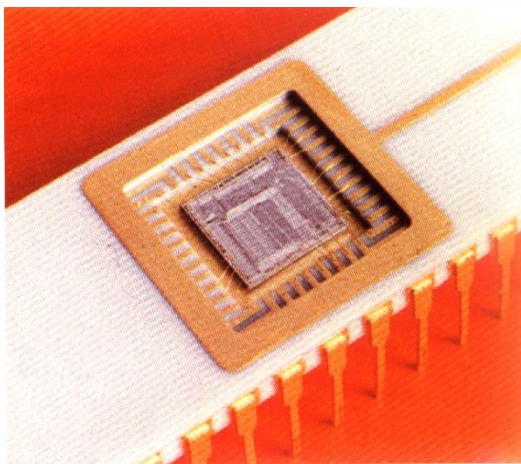
Wejfer



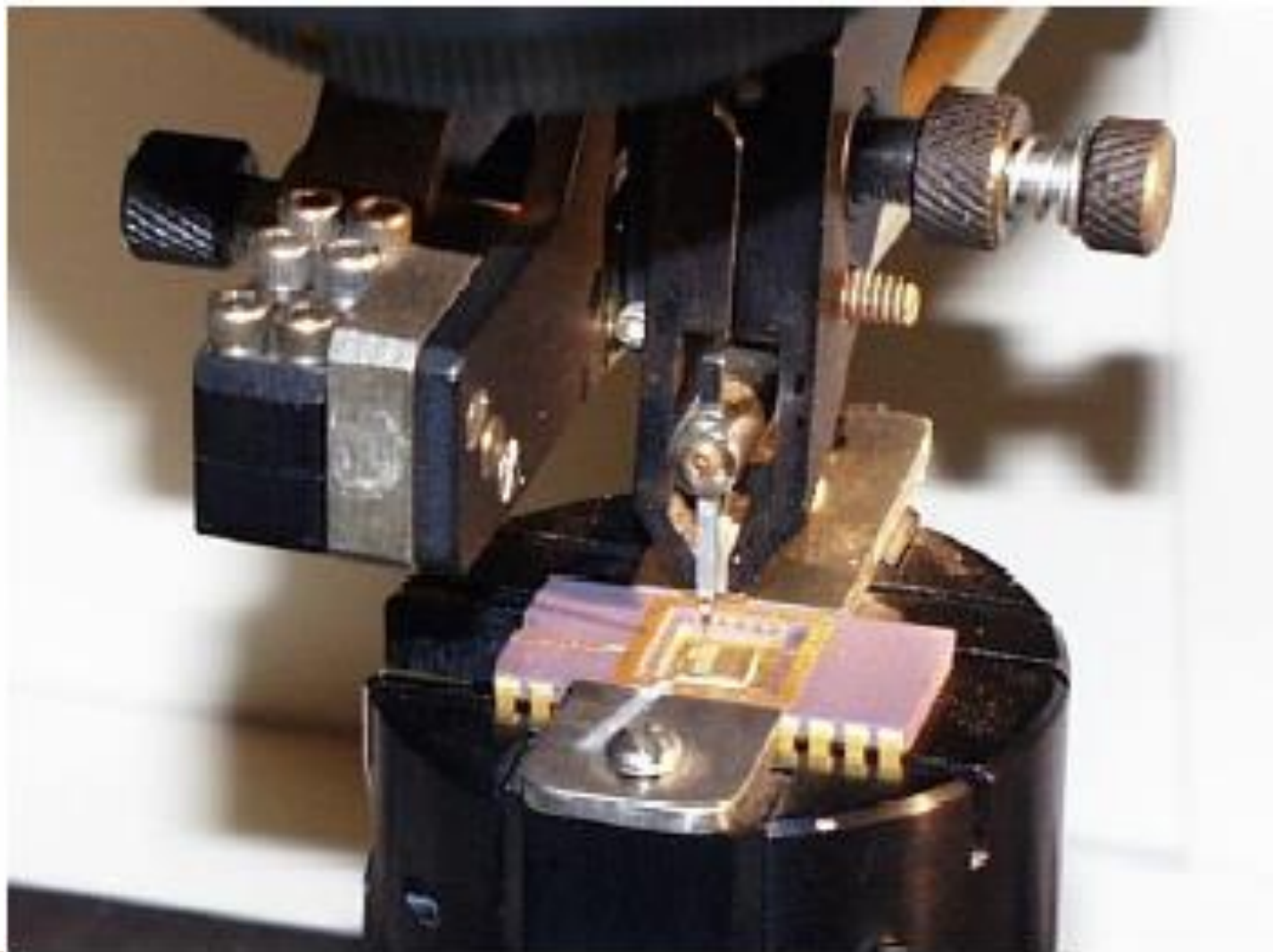
- Na tankoj silicijumskoj oblandi odjednom se pravi nekoliko stotina čipova koji se pomoću kompjutera kontrolišu i nakon toga razdvajaju.



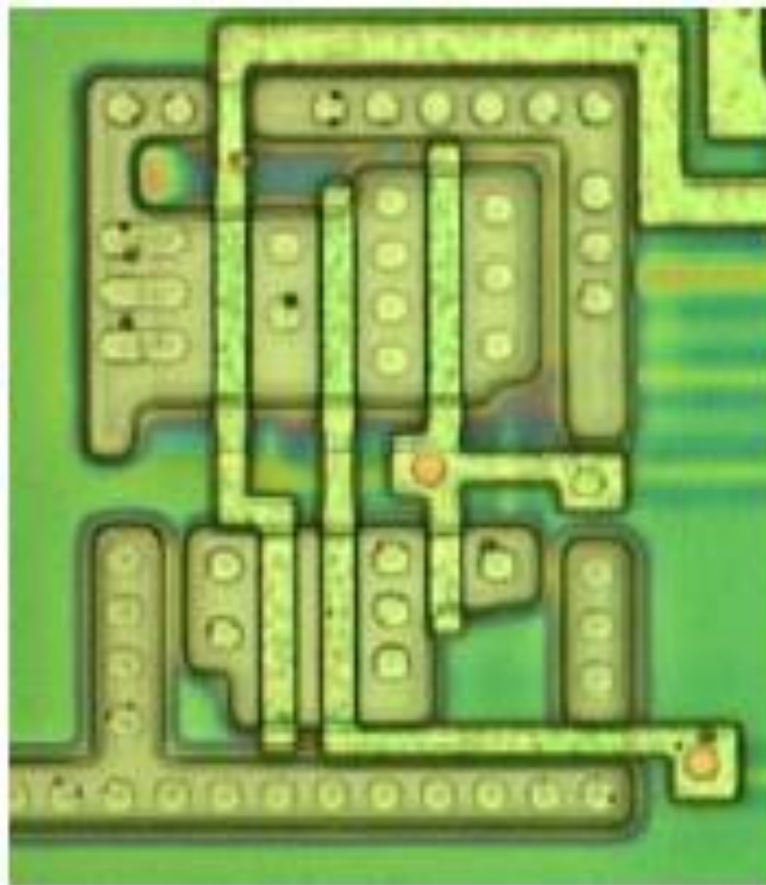
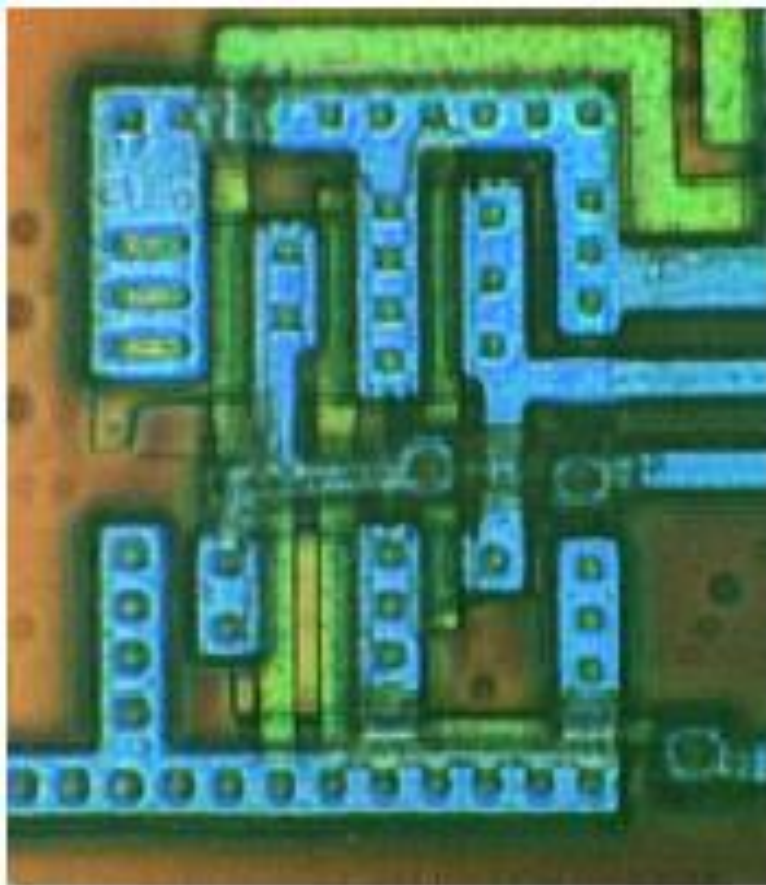
KONAČAN IZGLED ČIPA



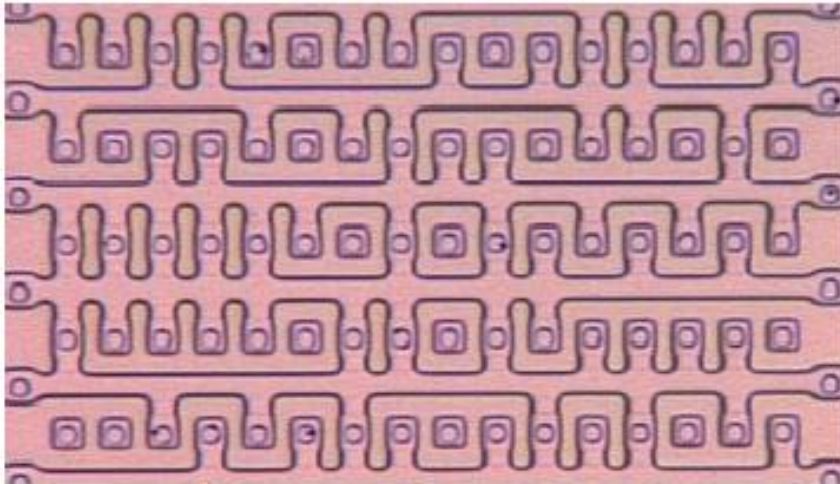
SPAJANJE ČIPA



VIŠESLOJNA ŠTAMPA



PRIMER BEZ ZAŠTITNOG SLOJA



Podaci ove NOR ROM postaju jasno vidljivi kada se odstrani zaštitni metalni sloj i poluprovodničke pristupne linije kao i okolna oksidni površina. Na slici je dat prikaz 16x10 bitova u čipu serije ST10xzy. Svaki bit je dat u prikazanom ili u odstranjenom difuznom konekcionom sloju

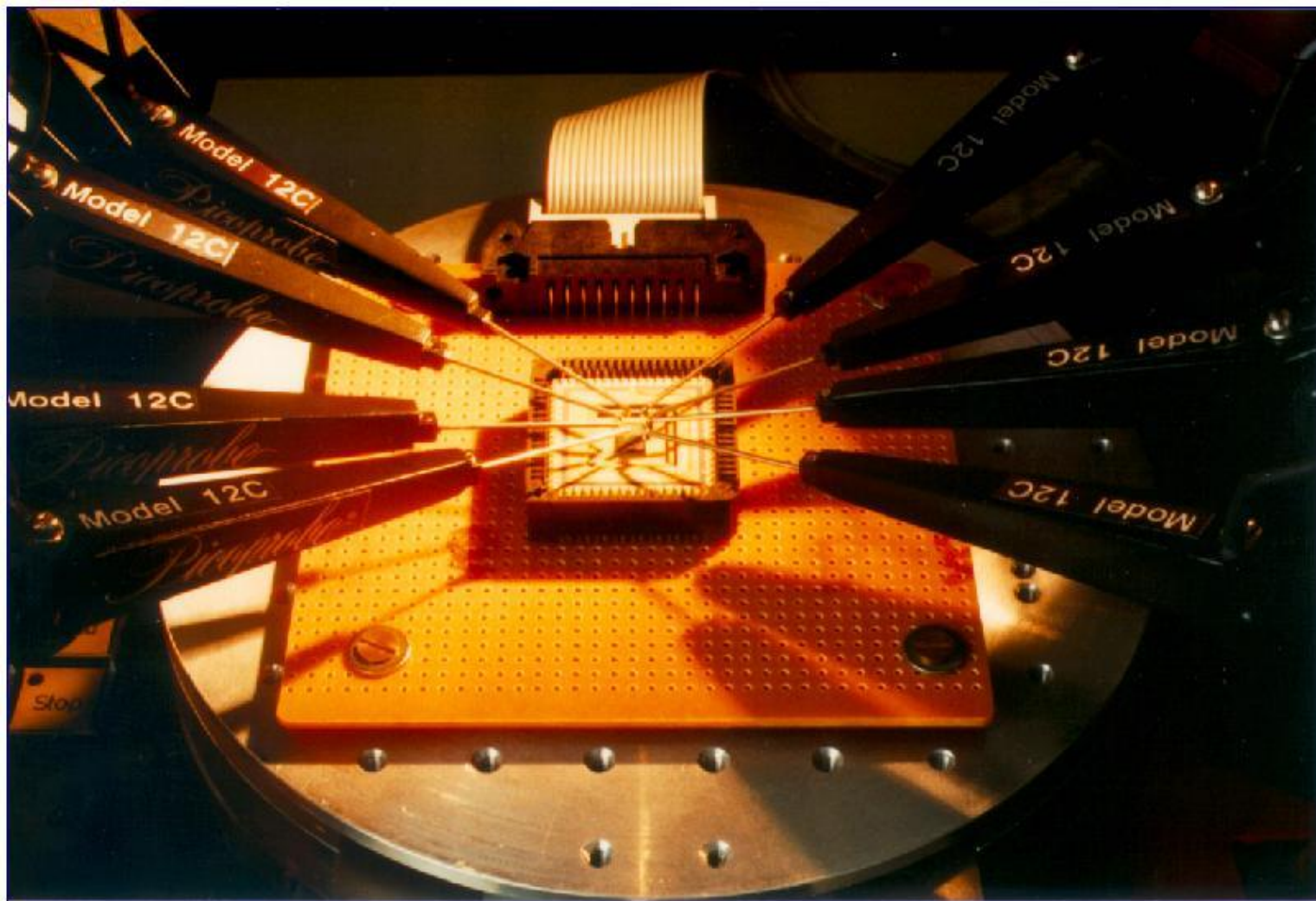


Prikaz ugrađenog okruženja NAND ROM može biti vidljiv kod kristalografske gravure. Na ovoj slici prikazano je 16x14 bita kao i deo ROM-a koji se nalaze u MC68HC05SC2x čipu.

KONTROLA JE OBAVEZNA

- Svaki čip prolazi rigoroznu kontrolu.
- Prvi nivo posle sečenja vizuelna kontrola
- Testiranje pre ugradnje
- Testiranje na kraju.





Ručno sondiranje

- Na ovom nosaču postavljena je minijaturna sonda.
- Ona predstavlja metalnu osovinu koja ima **10 μ m prečnik i 5 mm dužine koja je na kraju zaoštren na <0.1 μ m.**
- Ova elastična tanka sonda **omogućava da se uspostavi električni kontakt sa magistralom** na čipu bez njegovog oštećivanja.
- Ova sonda **povezana je preko pojačivača digitalnog signala** na karticu za obradu digitalnog signala koja snima ili prepisuje procesirani signal i takođe obezbeđuje napon, radni takt, reset, i I/O signale potrebne za upravljanje procesorom preko konektora test uređaja



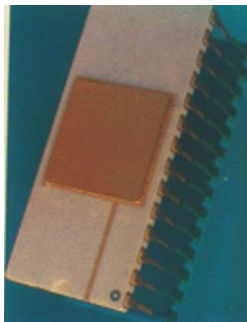
Pakovanja čipova



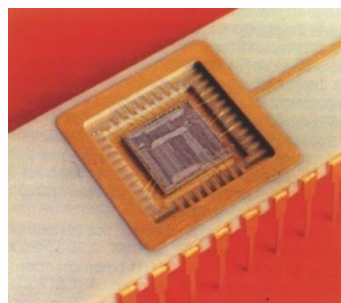
- Mikroprocesorski čip se lepi na donji deo plastičnog kućišta, a kontakti se pomoću tankih žičica povezuju sa nožicama (pinovima) kućišta



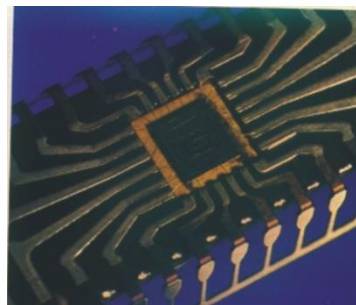
Integralno kolo



- Kućište IC u koje je smešten čip. S obe strane kućišta vide se nožice koje služe za lemljenje čipa na štampanu ploču.



- **Procesorsko kućište bez čipa**



- **Čip spojen vrlo tankim vodovima na mnogo čvršće nožice postavljene u dva reda, po jedan sa svake strane kućišta.**

