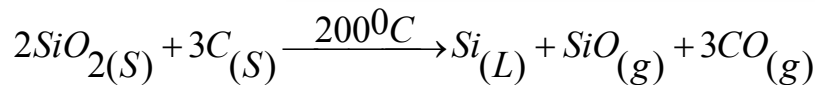
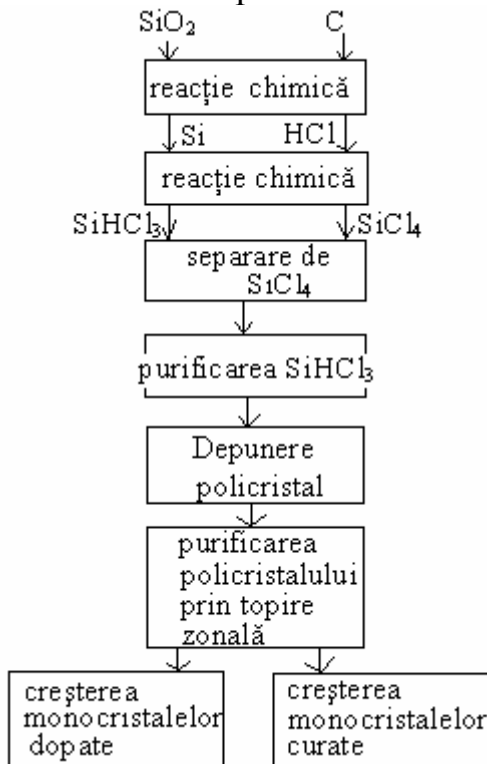
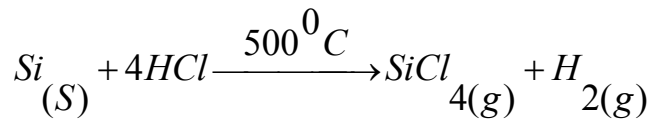
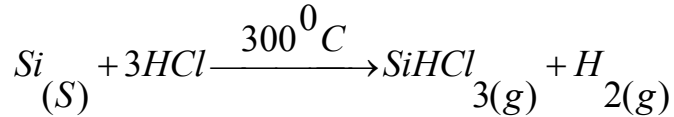


# Tehnologia monocristalelor de Si

Cristalele de Si au o tehnologie de creștere foarte lungă și schema bloc a acestui proces de creștere conține următoarele etape:



Si în stare L are 98% Si  $\Rightarrow$  2% impurități: B, Cu, Al, Au, Ni.



La temperatura de 300°C se poate forma și SiCl<sub>4</sub>, ca urmare a acestor două gaze trebuie să fie separate (SiCl<sub>4</sub> poate fi folosit la creșterea epitaxială).

Pt. a mări viteza primei reacții se adaugă catalizatori ca: Cu, Fe, Al. Introducând în Si până la 5% Cu, acesta duce la majorarea produsului reacției până la 95% la 265°C.

Ambele gaze trec în regiunea de răcire, unde la temperatura de 40°C-130°C are loc purificarea acestor gaze de diferite impurități (PCl<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub> care sunt solide și prin intermediul unui filtru se curăță gazele de impurități).

După curățarea de praf amestecul gazos se condensează la -70°C (deși devine lichid la temperatura camerei). Temperatura de fierbere a lui SiHCl<sub>3</sub> este 31.8°C dar a lui SiCl<sub>4</sub> este 57.2°C  $\Rightarrow$  se mai face o purificare a SiHCl<sub>3</sub> și  $\Rightarrow$  95% SiHCl<sub>3</sub> + 5% SiCl<sub>4</sub>.

După purificare SiHCl<sub>3</sub> conține impurități de 10<sup>-8</sup>% (B, Ar). Si trebuie extras și purificat:  $\text{H}_{2(g)} + \text{SiHCl}_{3(g)} \xrightarrow{1100^{\circ}\text{C}} \text{Si}_{(S)} + 3\text{HCl}$  unde Si poate fi și praf.

Dacă Si este sub formă de praf se trece printr-o cameră unde sunt bare de Si policristalin pe care se depune.

După acest proces polisiliciul în formă de bare nu este încă bun, îl topim prin metoda topirii zonale după care îl tragem în cristale.

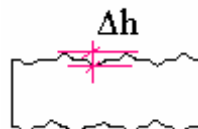
## Prelucrarea mecanică a materialelor semiconductoare

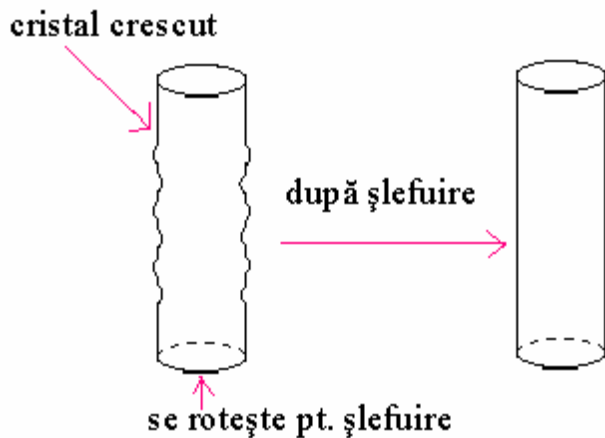
Operațiile de prelucrare mecanică sunt:

- 1) tăierea cristalului în plachete;
- 2) șlefuirea mecanică a suprafeței plachetelor;
- 3) poleirea de tip oglindă.

### 1) Tăierea monocristalelor

La prelucrarea mecanică se cere: - diametrul plachetei să fie:  $\Phi = 100 \pm 0.1\text{mm}$ ;  
- grosimea:  $h = 600 \pm 10\mu\text{m}$ ;  
- la poleirea de tip oglindă se cere ca  $\Delta h = 0.025\mu\text{m}$ .



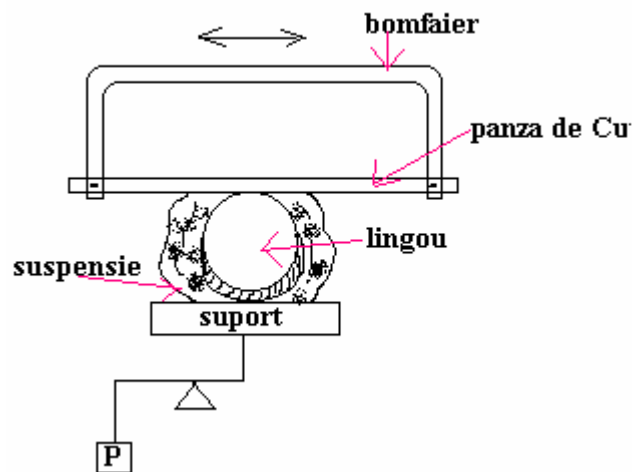


Se fixează lingoul într-un strung, pt. fixare mecanică se utilizează cleiuri care trebuie să se topească ușor, să se înlăture ușor de pe suprafața cristalului.

La șlefuire se folosește o cutie cu diamant . În interior se folosesc materiale n, p cu  $\rho (1\ 1\ 1) (1\ 0\ 0) (1\ 1\ 0)$ .

Toate plachetele utilizate în industrie au o tăietură (semn) pt. a oriente placheta față de axa de coordonate.

Prima metodă de tăiere a cristalelor în plăci a fost:

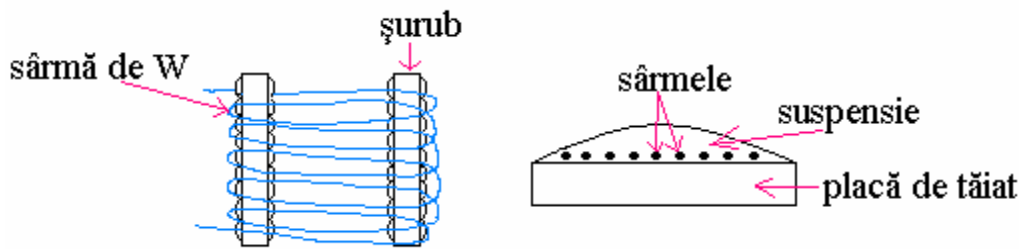


Se pun 200 de pânze una lângă alta la distanțe egale, pt. tăierea uniformă a cristalelor. Deasupra acestui lingou se toarnă o soluție din apă cu praf din carbid de Si.

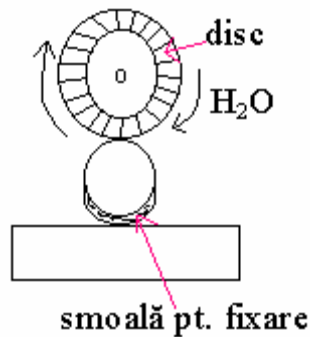
De pânza de Cu nu se lipeșta această suspensie care șlefuieste și taie cristalul. Cu însă nu taie mecanic cristalul, el fiind foarte maleabil.

Această metodă se folosește după ce în plăcuța de Si s-au făcut deja tranzistoarele.

A doua metodă este tăierea cu laser, care are o grosime de 0.3-0.5mm, și se utilizează pt. tăieri nu prea adânci (aproximativ 1mm).



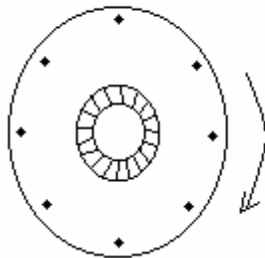
Cristalele au început să se taie apoi cu niște discuri de oțel cu grosime foarte mică, la care muchia de tăiere era exterioară. La marginea acestui disc se află Cu cu grăuncioare de diamant.



Discul are 5000 rotații/min din cauza aceasta el este răcit cu apă.

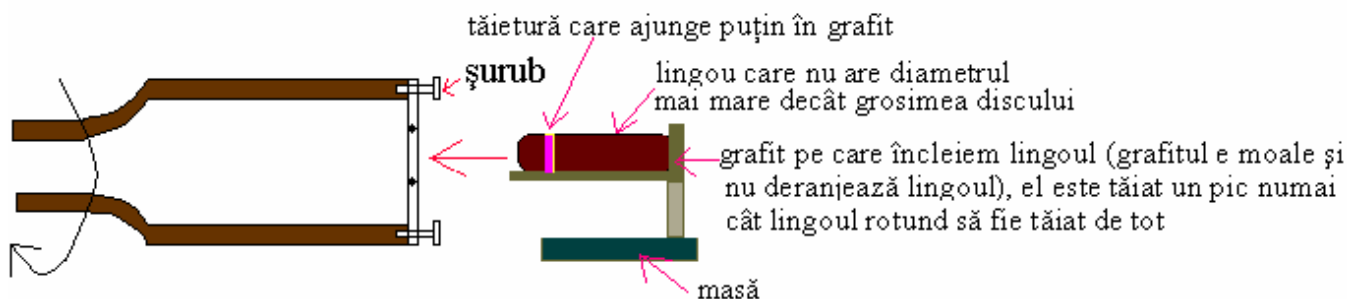
Această metodă tot nu este bună, deoarece, dacă se vrea să se taie o plachetă de 100mm discul trebuie să fie de 200mm minim. El fiind atât de mare creează vibrații care măresc grosimea tăieturii și astfel se duce mult produs la deșeurii.

Ultima metodă de tăiere este cu discuri cu muchie de tăiere interioară (strung rusesc).

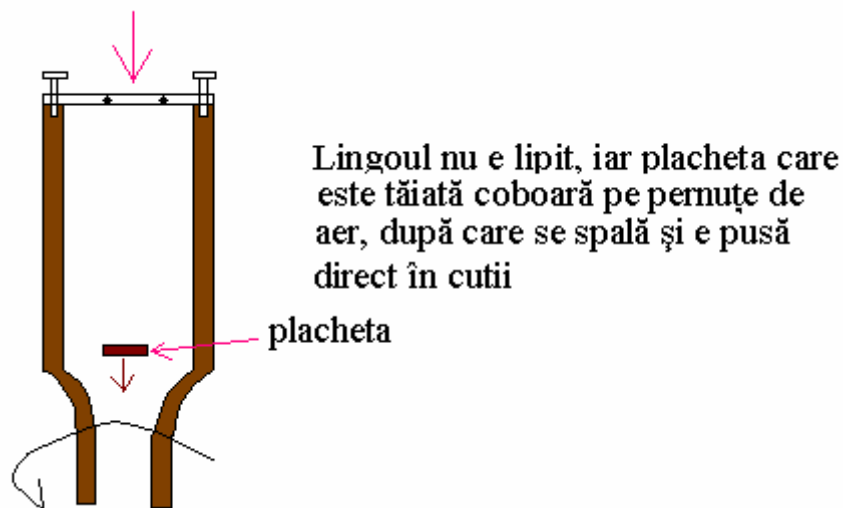


Cristalul intră în interiorul acestui disc care se rotește și se mișcă spre exterior făcându-se astfel tăierea. Tăierea se face tot cu apă.

Discul se întinde și se fixează undeva în opt locuri pt. ca tăierea să fie aproximativ egală cu grosimea acestui disc. Aceste discuri taie 500 plachete/1h cu diametrul de 100mm.



Plachetele nu cad deoarece ele rămân lipite în grafitul netăiat.  
 Schema strungului japonez:



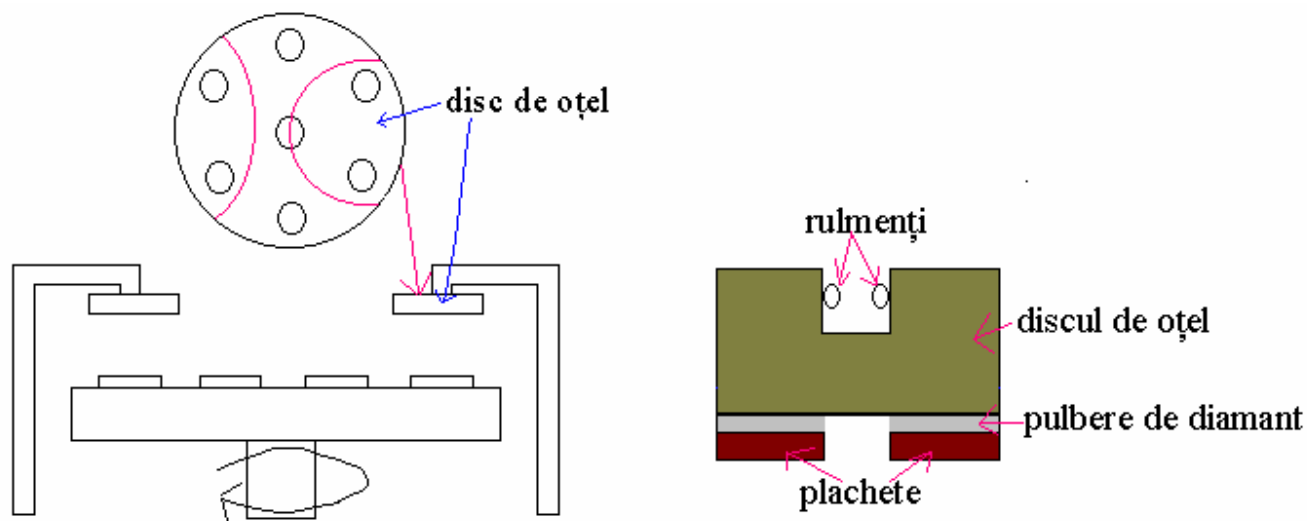
## 2) Șlefuirea plachetelor semiconductoare

După ce a fost tăiată placheta, pe ea poate rămâne niște valuri (au avut loc vibrații ale discului, undeva mai adânc, undeva mai la suprafață). Șlefuirea are scopul de a înlătura de pe suprafața plachetei aceste trepte și de a da plachetelor una și aceeași grosime.

Operația de șlefuire se face cu strunguri speciale.

Plachetele sunt puse pe un reșou pt. a se încălzi, după care cu ajutorul cleiurilor se ung și apoi se dau la răcit, apoi se iau la șlefuit. Rolul șlefuirii este de a înlătura stratul superficial cu defecte apărut la tăiere.

Prima operație de șlefuire:



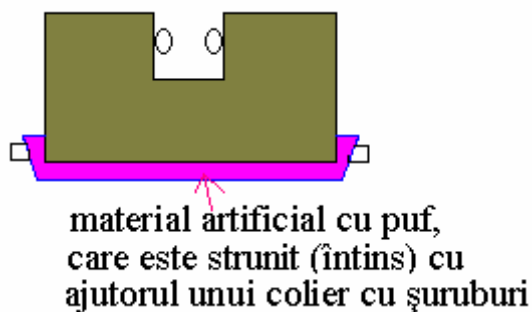
După această șlefuire are loc șlefuire cu diferite suspensii de șlefuit, de ex.: cu praf de diamant având diametre:  $\Phi=20\mu\text{m}$ ,  $\Phi=15\mu\text{m}$ ,  $\Phi=10\mu\text{m}$ .

Întâi se șlefuieste cu praful de  $20\mu\text{m}$ , se spală, după care se șlefuieste cu praful de  $15\mu\text{m}$ , ș.a.m.d..

### 3) Poleirea de tip oglindă

După operația de șlefuire are loc poleirea de tip oglindă care se face cu o pastă cu diamante (grăuncioare de diamant cu  $\Phi=5\mu\text{m}$ ,  $\Phi=3\mu\text{m}$ ,  $\Phi=1\mu\text{m}$   $\Rightarrow$  trei tipuri de paste).

Strungul de poleire este realizat în mod asemănător celui de sus:

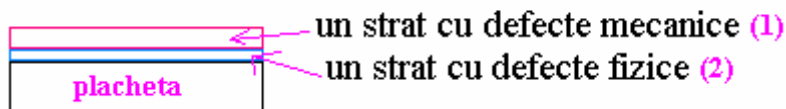


Se unge întâi cu pastă de  $5\mu\text{m}$ , se spală, apoi se unge cu pastă de  $3\mu\text{m}$ , ș.a.m.d.. Așa se face poleirea pe o singură față cealaltă față rămânând doar șlefuită.

## Prelucrarea chimică a materialelor semiconductoare

Prelucrarea chimică în microelectronică este des întâlnită. Pt. a forma ferestre în  $\text{SiO}_2$  se utilizează corodarea chimică. Corodarea chimică se folosește pt. determinarea defectelor pe suprafața plachetelor semiconductoare, pt. determinarea adâncimilor până în joncțiuni, pt. înlăturarea straturilor defecte de pe suprafața plachetei, cu scopul poleirii suprafeței.

Noi utilizăm corodarea chimică pt. înlăturarea defectelor de pe suprafața plachetelor.



Grosimea celui de-al doilea strat este egal cu jumătate din stratul unu. Dacă s-ar face difuzii în aceste straturi ar rezulta curenți mari.

Defecte mecanice: pori, crăpături, fisuri.

Defecte fizice: atomul nu este la locul lui în rețeaua cristalină.

Scopul prelucrării chimice este de a înlătura cele două straturi și de a face o rețea cristalină perfectă (aproximativ).

La baza corodării stau unele reacții chimice. În corespundere cu teoria corodării chimice a materialelor semiconductoare, corodarea se face în două etape:

I – oxidarea suprafeței semiconductorului;

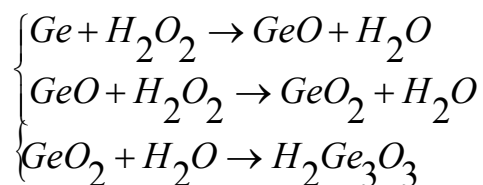
II – corodarea oxidului format.

Fiecare material corodant ar trebui să conțină: un oxidant ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) și un corodant al oxidului format (HF).

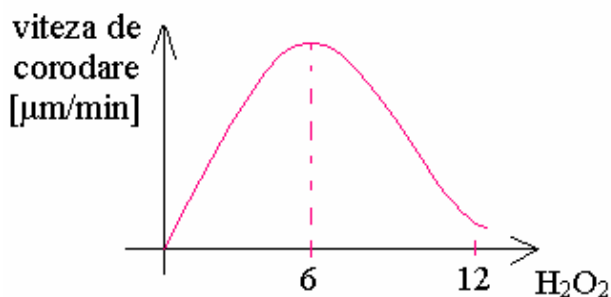
Orice soluție chimică mai conține catalizator (BrI) și un inhibitor ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  – acid acetic) care micșorează viteza de corodare.

Analizăm corodarea materialului semiconductor Ge.

Ge are o abatere de la teoria corodării chimice. În general Ge se corodează în  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

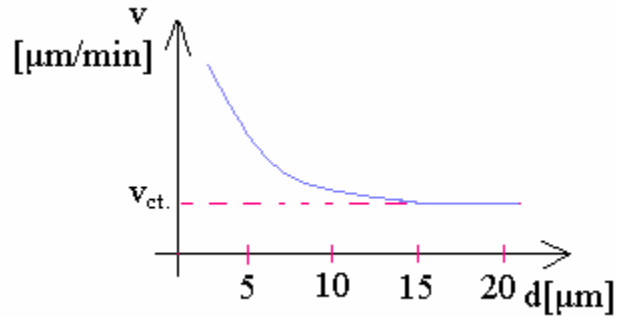


Ge se corodează într-un oxidant puternic. Oxidul de Ge se distruge în apă deoarece Ge în apă se corodează și din cauza aceasta nu este utilizat în tehnologia C.I.



Viteza totală a reacției chimice depinde de viteza de reacție a celei mai lente reacții. Dacă vitezele ambelor reacții ar fi egale, ar rezulta o viteză liniară (în sus).

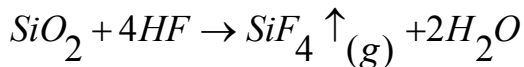
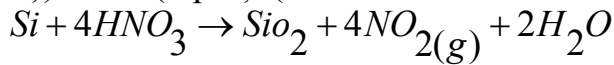
Folosind corodarea chimică noi putem găsi grosimea totală a straturilor defecte, măsurând viteza de corodare în funcție de grosimea stratului înlăturat:



La început viteza de corodare este mare, dar la un moment dat în strat avem o viteză de corodare ct.  $\Rightarrow$  grosimea stratului defectat este  $15\mu\text{m}$ .

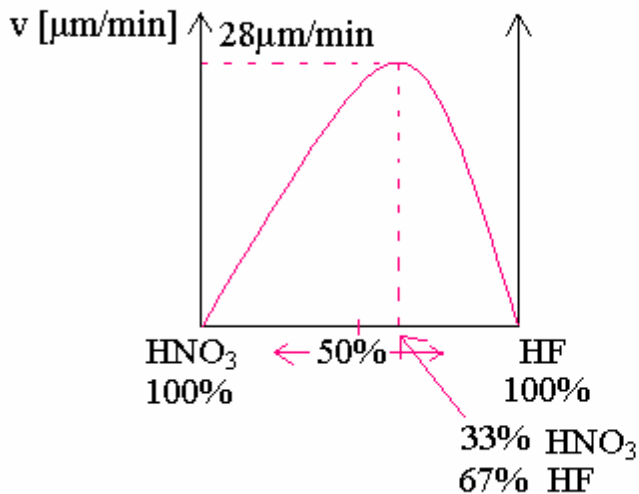
Corodarea Si (material de bază pt. CI)

Poate avea loc numai în două componente (amestecul  $\text{HNO}_3$  (1 parte (oxidant puternic)) +  $\text{HF}$  (3 părți (corodant al oxidului format))).



Soluția în care a avut loc corodarea o înlăturăm cu apă deionizată cu o rezistivitate  $\rho = 20\text{M}\Omega\text{ cm}$ .

În graficul următor avem reprezentată viteza de corodare în funcție de concentrația substanțelor:



cea mai mare viteză de corodare este în punctul unde avem 33%  $\text{HNO}_3$  (o parte) și 67%  $\text{HF}$  (două părți)