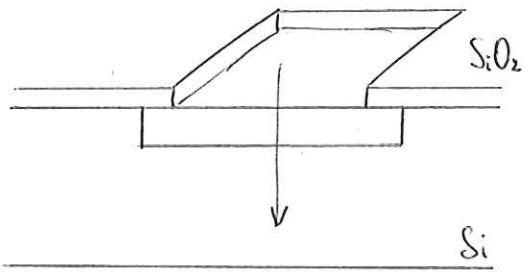
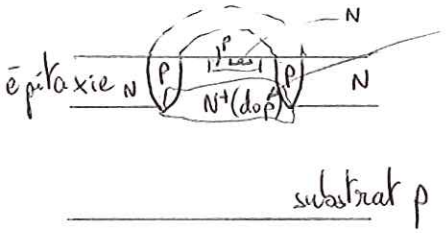
# TECHNOLOGIE de SEMI-CONDUCTEURS

## du Si

## étape des procédés

### 1 planar



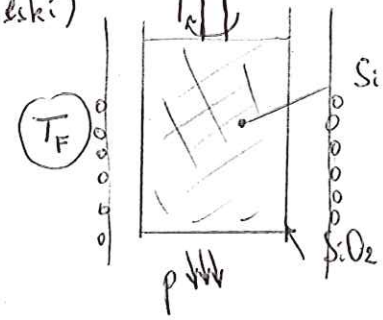




1ere étape :

#### 11 Substrats

Plaques de Si découpées ds des lingots de Ø 125 mm (voire 150)

- tirage vertical : (Czochralski)




Si monocristallin (100) pour MOS
(111) pour bipolaire

Si polycristallin très pur. (voie $SiCl_4$)

→ barreau relativement pur de gros Ø

$Si_{mono}$ Ø 99 mm → $Si_{mono}$ Ø 125

les barreaux obtenus peuvent être pratiquement non dialogué, mais il contiennent des impuretés par réac° avec $SiO_2$.

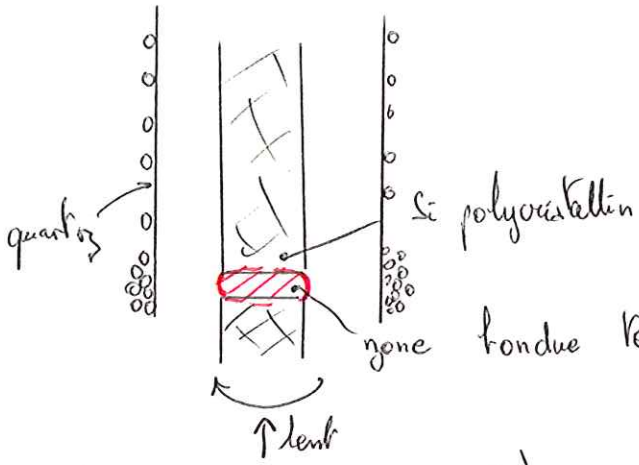
" principale : $[O] \simeq 5.10^{17}\ cm^{-3}$

=> ds les traitements postérieurs, on pourra se trouver en déficit de la lim de O ds Si → possibilité de précipitat° de $SiO_2$ ds Si → fautes d'empilement

On a alors 1 distribut° inhomogène en spirale ds le barreau (swirls)

- Floating zone

On veut éviter le $SiO_2$.




→ matériau très pur ($\simeq$ rien en O)

$[O]$ $10^2$ à $10^3$ + ↓ que par tirage vertical.

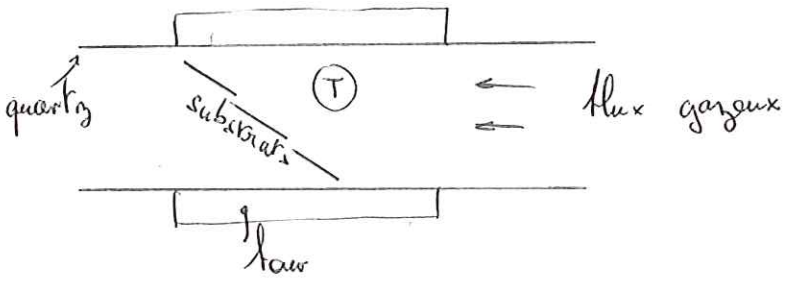
mais réseau contraint → dislocO.

et Ø limité à $\sim$ 75 mm

→ non utilisés en microélectronique, mais ds ds composants discrets : détecteurs de particules, diode et transistors h$^{t}$ puissance.

## 12 Epitaxie

- sous p atmosphérique




gaz vecteur : $H_2$ pur

réactant : $SiCl_4$

ou $SiH_2Cl_2$

dopants : $PH_3$ → n

ou $B_2H_6$ → p

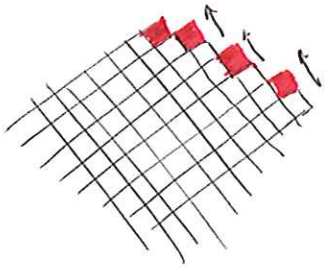
mélange d'hydrures

le mélange d'hydrures se décompose sur les parois chaudes (Si)

$2H_2 + SiCl_4 \rightarrow Si\downarrow + 4ClH\uparrow$

$PH_3 \rightarrow P\downarrow + H_2\uparrow$

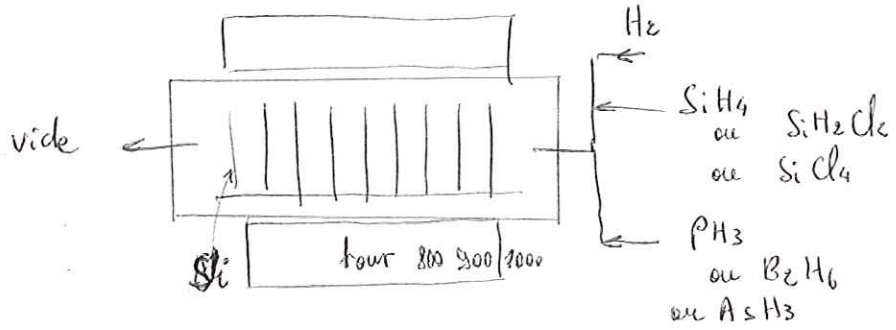
les substrats de Si ont été désorientés à la découpe volontairement pour fournir les sites de nucléaO à Si et P.



croissance quasi-parfaite

→ 2 types de para déterminants :
- compo° des mélanges (g)
- mobilité, donc T du traitemt, des comp.

- Sous p réduite : 0,1 - 1 Torr



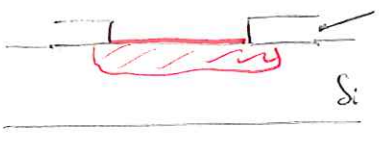

pression totale : $10^{-3}$

pi réact : $\sim \frac{1}{5}$

→ milieu homogène

→ homogénéité des vitesses de dépôt, donc des épaisseurs déposées.

## 13 Diffusion thermique d'impureté




$SiO_2$ ou $Si_3N_4$ imperméable à la diffusion.

→ T ~ 900 - 1200°C

lois de Fick : 1ère loi :

gradient de concentrat° : $\frac{\partial C}{\partial x}$ → flux proportl

→ $J = -D \frac{\partial C}{\partial x}$

2e loi : $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$ D = coeff de diffusion.

Résolut de ces équat° :

* diffusion en Ψ vapeur :

→ maintien d'1 concentration de surface. ($C_s$)

cond init : $C(x, 0) = 0$

cond aux lim : $C(0, t) = C_s$

$C(\infty, t) = 0$

→ $$C(x,t) = C_s \left(1 - \text{erf}\left(x/2\sqrt{Dt}\right)\right)$$

$\sqrt{Dt}$ = profondeur de diff.

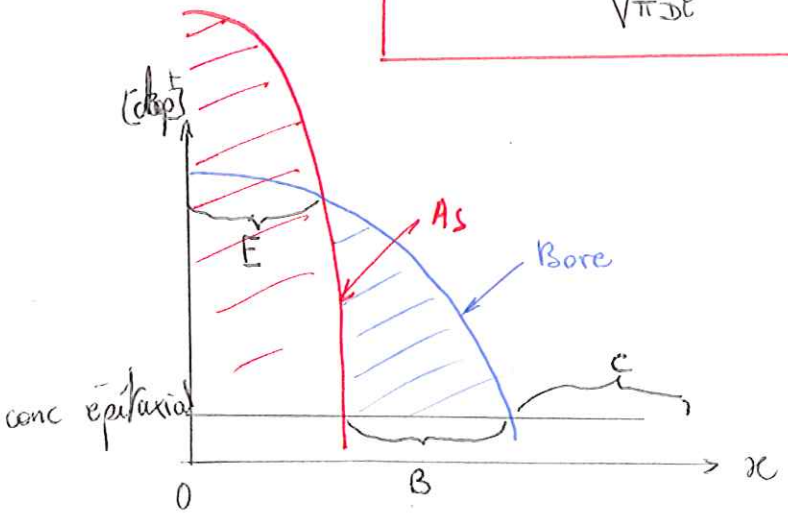
*

Dépôt initial en surface d'1 dose totale d'impureté très précise $C_0$

ci : $C(x, t) = 0$

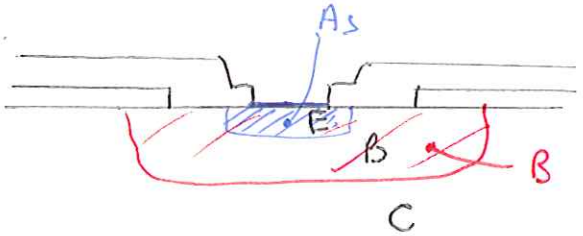
cl : $\int_0^\infty C(x,t)\, dx = N_0$

→ $$C(x,t) = \frac{C_0}{\sqrt{\pi Dt}} \exp\left[\frac{-x^2}{4Dt}\right]$$




B = base en bore (dopée)

généralement : C : 0,7 µ
B : 0,1 µ
couche épi : 10 µ




C

Ces longueurs sont de l'ordre de $\sqrt{Dt}$

→ gain : $h_{FE} = \dfrac{\text{dose d'emetteur}}{\text{dose de base}} = \dfrac{\boxed{\phantom{x}}}{\boxed{\phantom{x}}}$

## Constante D :

$$\boxed{D = D_0 \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right)}$$

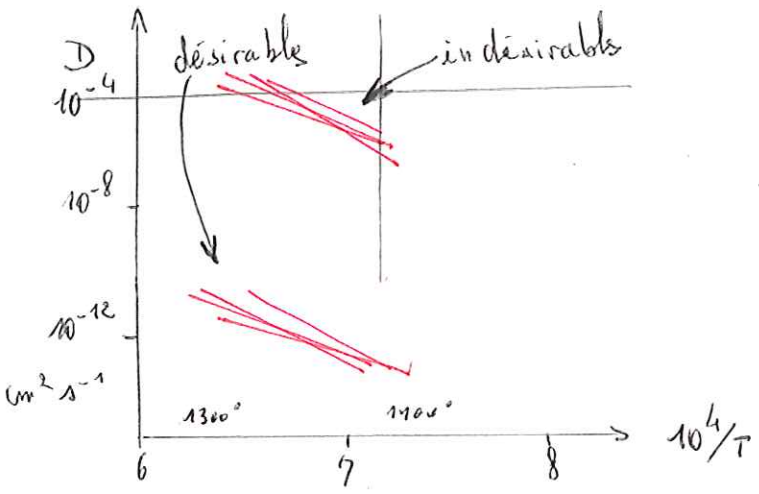
$\Delta E$ = energie d'activat°.

- impuretés intent° = dopants ayant 1 é de valence de + ou de − que celui de l'at substitué.
  - → comportem^t de substitut°.
  - → ne détruisent pas les prop elec
- impuretés indésirables : écarts de valences > 1
  - → très souvent en interstitiel, introduisent des centres tueurs réduisant la durée de vie des porteurs minoritaires.

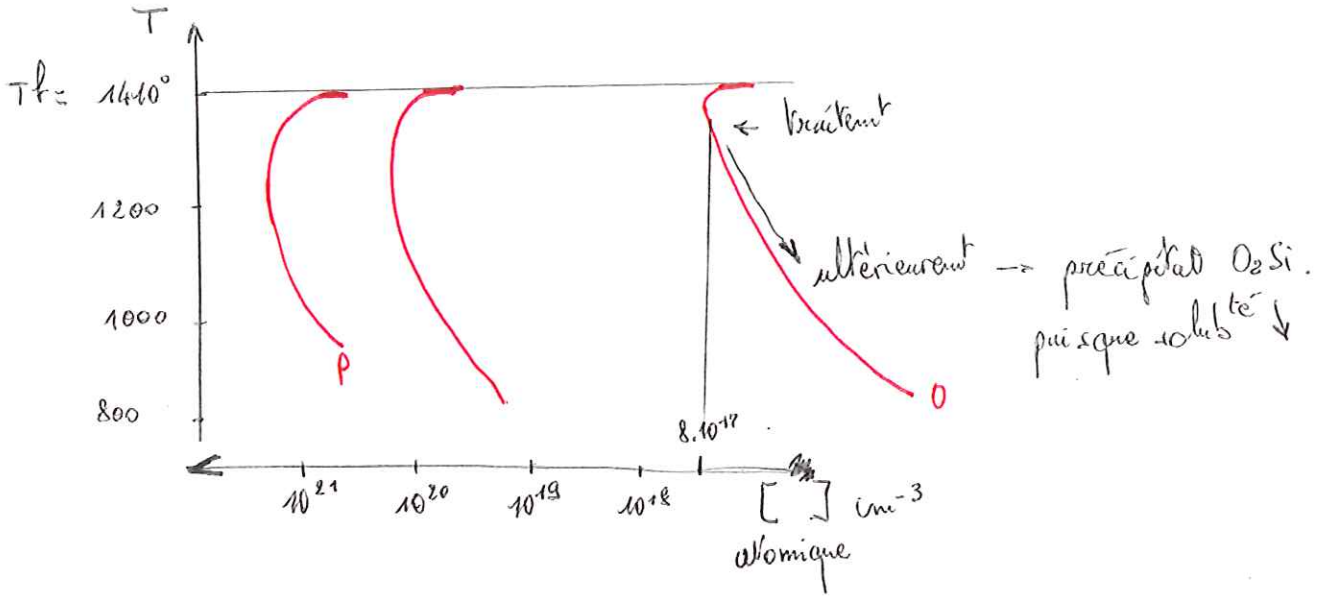
très gde activité → taux de géné recomb ↗.

= impuretés métallique :

Cu, Fe, Ni ...




→ nettoyage ↗↗↗

1.4 limites de solubilité et précipitation

solubilité des impuretés / Si