

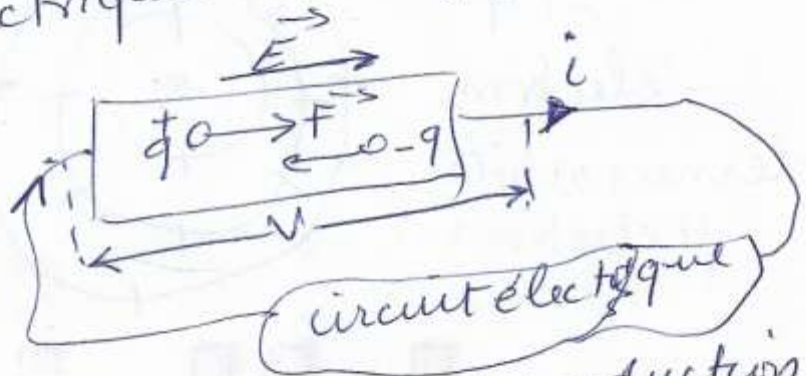
Diode.

- Conduction électrique

soit un circuit fermé constitué d'un matériau et d'un circuit électrique.

Lorsque on applique une différence de potentiel V aux bornes d'un matériau de longueur l , on crée un champ électrique E (voir figure).

$$\text{on } V = \frac{E}{l} \cdot l \rightarrow$$
$$\text{et } \vec{F} = q\vec{E}$$



La circulation d'un courant électrique nécessite la présence de charges électriques mobiles. A partir de là, on définit la notion de conductivité d'un matériau ou non.

aspect de conduction dans un matériau

- Matériaux conducteurs.

on sait que dans un matériau, il y a des électrons qui circule librement (c-a-d. leurs sommes est nulle), nombre des charges positives et égales aux charges négatives. Dès que on applique une d.d.p. on perçoit la circulation d'un courant à travers un matériau conducteur.

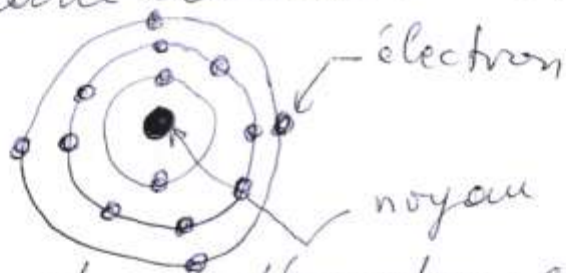
(circuit électrique complet)



- Les isolants : les charges restent immobiles si on applique une d. d. p. il n'y a pas de circulation de courant.
- Structure d'un semi-conducteur.

Le silicium.

- L'atome de Si est électriquement neutre (charge négatives (-e) sont compensées par la charge positive (+p)).
- L'atome de Si, il comprend un noyau autour duquel gravitent les électrons (14) répartis sur trois orbites (couches), sa dernière orbite comporte quatre électrons (voir figure)

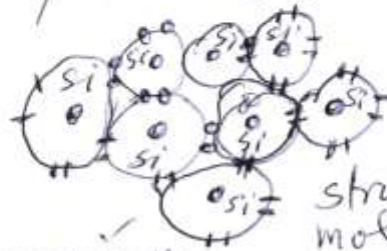


Structure d'un atome Si

L'association (Σ) des atomes de Si donne le cristal semi-conducteur

~~Dopage~~

La structure à l'échelle moléculaire du Si est représenté par la figure ci-dessous.



(molecules: formation de plusieurs atomes associés).

structure moléculaire du silicium

chaque atome va se lier aux 4 atomes \neq les plus proches par ses électrons de valence.

La structure telle qu'elle est schématisée montre l'absence totale d'électrons libres, d'où l'impossibilité d'établir un courant électrique.

Pour avoir la conduction, il faut s'assurer de l'existence d'électrons libres.

Pour arriver à ce résultat, il est intéressant d'employer la technique de dopage du semi-conducteur intrinsèque en introduisant par exemple des impuretés dans la structure moléculaire.

• Dopage type "N"

Les impuretés introduites sont des atomes possédant 5 électrons de valence (5 électrons sur la dernière orbite).

Parmi les matériaux (voir figure) qui répondent à ce besoin, on peut citer :

- l'antimoine : Sb (5 électrons)
- l'arsenic : As (5 électrons)
- phosphore : P (5 électrons).

Sb : 1^{ère} orbite (2e)
2 " (8e)
3 " (20e)
4 " (20e)
5 " (5e)

As : 1^{ère} orbite (2e)
2^e " (8e)
3 " (20e)
4 " (5e)

dernière orbite.

dernière orbite 3

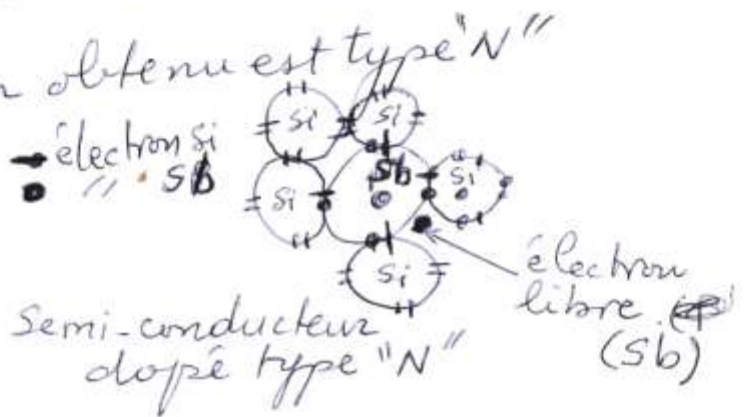
P: 1^{ère} orbite (2e⁻)
 2^e " (8e⁻)
 3 " (5e⁻) dernière orbite



Ces atomes peuvent s'intégrer de façon parfaite dans la structure du Si.

Chaque atome de (exemple Sb) ne peut se lier à un atome de silicium que par 4 électrons et 5^e électron reste libre. Un bon dosage des impuretés permet d'arriver au nombre d'électrons libres pour assurer la conduction ou conductivité.

Le semi-conducteur obtenu est type "N"



Dopage type "P"

Les impuretés dopantes qu'on injecte cette fois-ci à travers la structure du silicium sont tri valents (trois électrons périphériques):

- l'indium (In)
- le bore (B)
- le gallium (Ga)
- Aluminium (Al).

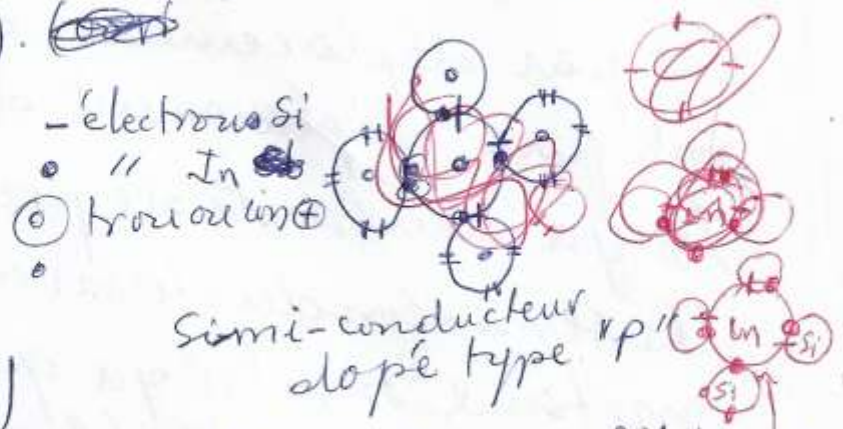
~~had~~

~~11~~

4

La liaison de ces atomes trivalent à un atome de silicium est effectuée par 3 électrons. Le 4^{ème} électron de valence du silicium se retrouve seul. On dit qu'on est en présence d'un ~~trou~~ trou positif (\oplus).

On remarque ~~rem~~ que à la température ambiante (20°C)

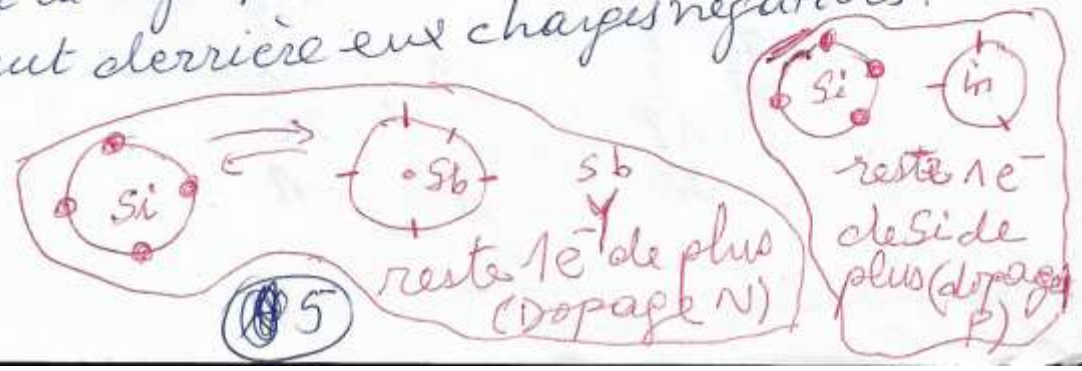


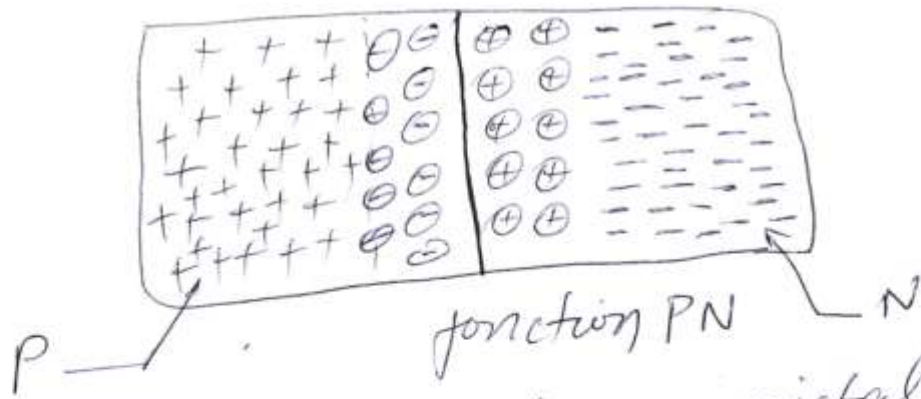
Certains électrons du cristal de silicium se libèrent et viennent combler ce trou. On obtient dans ce cas un semi-conducteur de type "P" manque de In

La jonction PN

La mise en contact d'un semi-conducteur dopé "N" et un semi-conducteur dopé "P" permet d'obtenir ce que l'on appelle une jonction "PN". voir figure.

La transition (\rightarrow) de la zone P à la zone N va provoquer la circulation d'un courant de diffusion, ~~les trous~~ c'est-à-dire les trous de la région P vont diffuser vers la région N laissant derrière eux charges négatives.



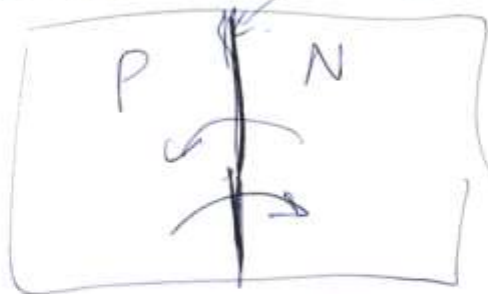


élément d'un monocrystal
de silicium caractérisant
une jonction PN

Il en est de même pour les électrons de la
région N qui diffusent vers la région P
laissant derrière eux ^{des électrons} des charges positives.
(c'est un transfert de charges)
entre P vers N
et N vers P.

transfert au lieu
à la barre (jonction)

(+ ion positif
- electron
electron se déplace
laissant derrière ~~un~~
un ion positif



sans dopage intrinsèque
avec " extrinsèque" 06

Diffusion des porteurs.

Dans un semi-conducteur à jonction (monocristal) renferme :

~~Dans la zone P plus de trous accepteurs que d'électrons (e) et peu de charges positives~~
~~Dans la zone N de protons (p) et peu d'électrons~~

- Dans la zone P des protons^(trous) majoritaire et ~~peu~~ des électrons minoritaire
- Dans la zone N des électrons majoritaire et des protons minoritaires.

Il en résulte un déplacement des protons (ou positif) de P vers N et inverse des électrons de N vers P on dit qu'il y a diffusion

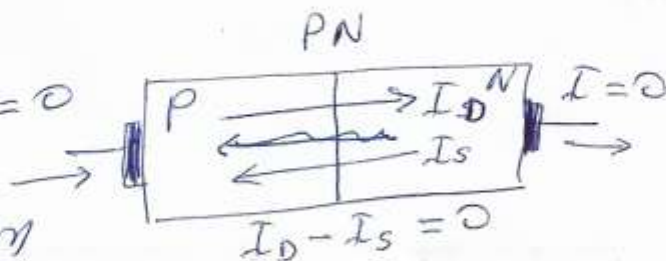
Le cristal reste neutre car les charges des deux régions sont opposées.

• jonction PN à l'équilibre: (important)

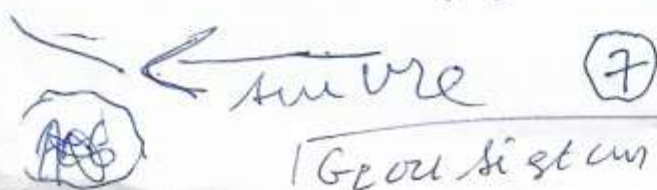
Le circuit étant ouvert, le courant à l'extérieur du monocristal semi-conducteur est nul (voir figure)

en conséquence :

- le courant de diffusion $I_D = 0$
- I_D dirigé de P vers N
- le courant de saturation I_S dirigé de N vers P
- ont la même intensité :



$$I_S = I_D$$



Ge ou Si est un monocristal

P vers N déplacement des ions (+)
 N vers P des e⁻

Action d'un générateur extérieur.

A l'aide d'un générateur appliquons une d. d. p. V entre les régions P et N : on dit que la jonction est polarisée :

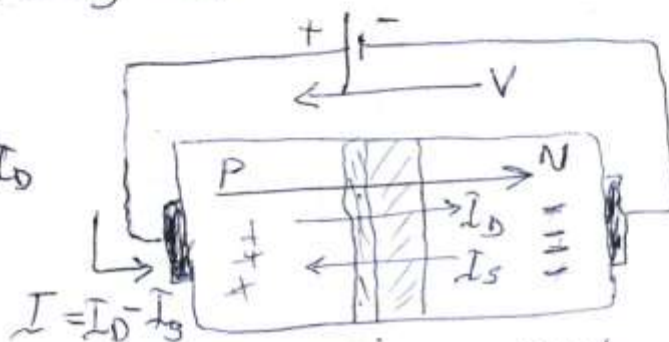
Dans ce cas on a :

a) une jonction PN polarisée en sens direct est conductrice.

le courant est $I = I_D - I_S$

voir figure

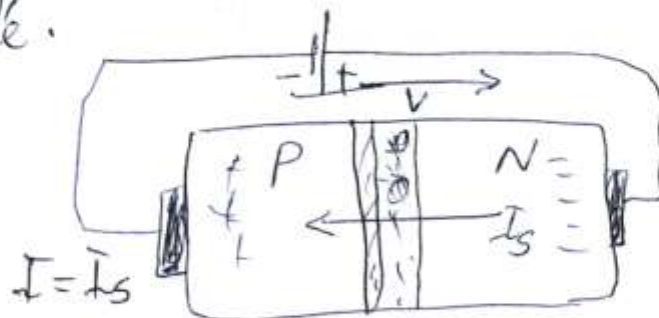
si $V=0$ on a $I_S = I_D$



b) polarisation en sens direct : $I_D > I_S$

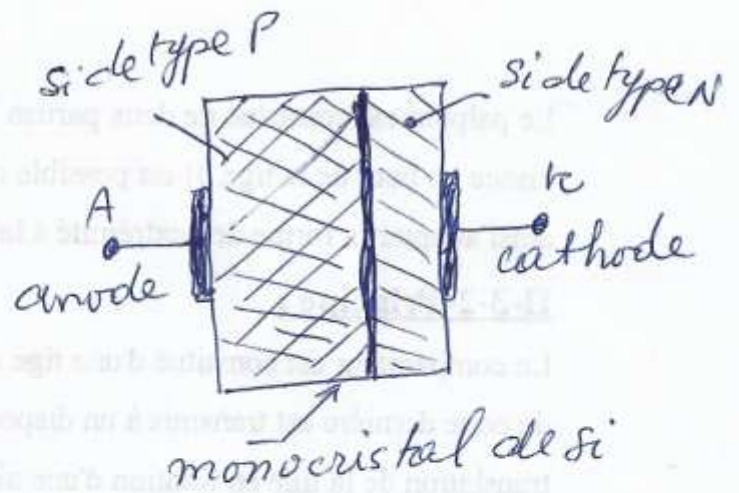
La jonction est polarisée en sens inverse lorsque le pôle positif du générateur est relié à la région N. (voir figure.)

est dite bloquée.



8

représentation
est schématique
la technologie
réelle diode à
jonction PN



- Zone de transition: $\text{المنطقة الانتقالية}$
la zone de transition comprend: (voir figure)
 - une région chargée négativement par les ions \ominus provenant des atomes accepteurs
 - une région chargée positivement par les ions \oplus provenant des atomes donneurs

Le cristal reste globalement neutre puis que les charges des deux régions précédentes sont opposées.

- Si un porteur mobile (atome d'un autre élément exple Cu, Al) de charge $+e$ se trouve au voisinage de la jonction il est :

- attiré par les ions négatifs
- repoussé par les ions positifs.

c-a-d, soumis à une force résultante f dirigé de N vers P on déduit que :

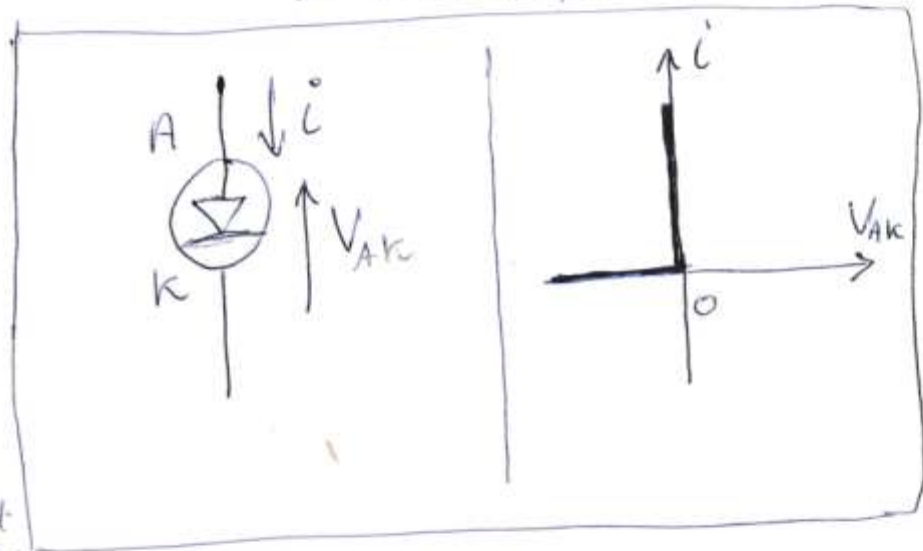
la zone de transition est le siège d'un champ électrostatique \vec{E} dirigé du semi-conducteur N vers le semi-conducteur P. ⑨

le silicium formé de plusieurs atomes et ces atomes

• la diode à jonction en régime de redressement
 les diodes utilisées seront supposées "IDÉALES"

schéma normalisé d'une diode à jonction "idéalisée"

- nous supposons que, pour la diode
 - × la chute de tension dans le sens direct est négligeable $\Rightarrow V_{AK} = 0; i > 0$
 - × le courant dans le sens inverse est négligeable $\Rightarrow i = 0$ et la tension $V_{AK} < 0$



exemple:



~~Remarque: Si en inverse la diode~~

