
Notes de cours d'électronique avancée

Mohammad El-Moussawi
2022-2023

Contents

1	Introduction aux semi-conducteurs	2
1.1	Dopage	2
1.2	Densité des electrons et trous	3
1.3	Courant du conduction	3
1.3.1	le flux de la courant du conduction	4
1.4	Diffusion	4
1.4.1	le flux de la courant (Diffusion)	4
1.5	Relation D'Einstein	4
1.6	Jonction	5
1.6.1	Polarisation inverse	6
1.6.2	Polarisation Directe	7

supahaka

Chapter 1

Introduction aux semi-conducteurs

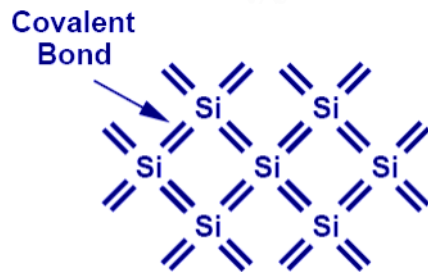
Nous avons différents types de matériaux :

- isolant
- conducteur
- semi-conducteur

Les composants à la base de semi-conducteur sont le cœur de la micro-electronique.

La jonction PN est la composant fondamental de ces composants.

Le silicium "Si" a 4 électrons de valence, est un semi-conducteur intrinsèque (non dope) : :



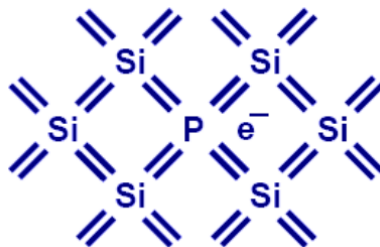
1.1 Dopage

- Type N : excès d'électrons (donneurs)

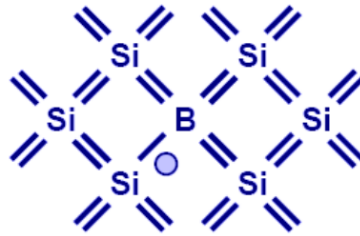
L'atome de phosphore P a 5 électrons de valence, si on ajoute quelques atomes de P au cristal Si, alors on introduit des électrons libres appelés porteurs libres, et le Si sera dopé négativement, dopage type N.

Chaque P partage 4 électrons avec les atomes voisins Si et 1 électron reste détaché.

L'addition de ces impuretés est appelée "dopage".



- Type P : manque d'électrons (accepteurs)
Si on introduit des atomes B ou Al alors ce sont des atomes ayant 3 électrons sur leurs couches de valence, on a un trou qui va rester "libre".
Alors le Silicium devient de Type P et les porteurs libres sont des trous.



1.2 Densité des électrons et trous

Densité des électrons : n

Densité des trous : p

Loi d'action : $n \times p = n_i^2$ avec n_i est la densité intrinsèque.

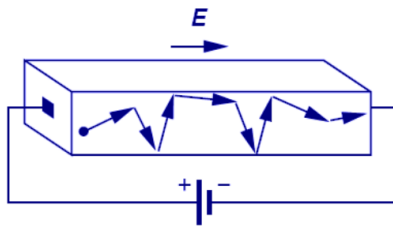
- Dopage N :

Les porteurs majoritaire sont les électrons $\begin{cases} n \approx N_D \\ p \approx \frac{n_i^2}{N_D} \end{cases}$
avec N_D est la densité des donneurs dopé.

- Dopage P :

les porteurs majoritaire sont les trous $\begin{cases} p \approx N_A \\ n \approx \frac{n_i^2}{N_A} \end{cases}$
avec N_A la densité d'accepteurs dopé.

1.3 Courant de conduction

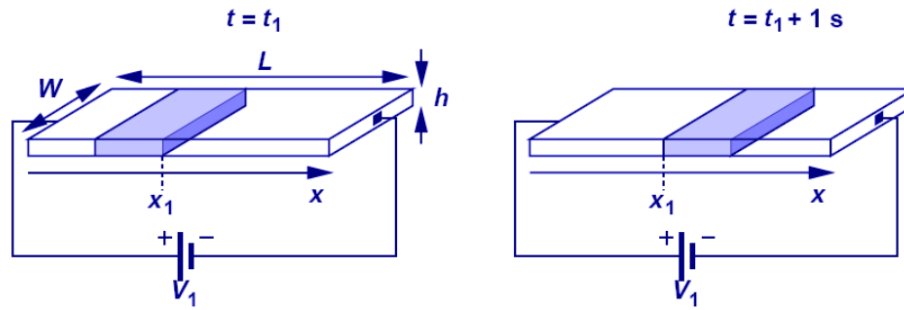


Le processus dans lequel les charges se déplacent à cause d'un champ électrique est appelé drift.

Les charges se déplacent à une vitesse proportionnelle au champ électrique $\begin{cases} \vec{v}_h = \mu_p \vec{E} \\ \vec{v}_e = -\mu_n \vec{E} \end{cases}$

avec μ est le coefficient de mobilité.

1.3.1 le flux de la courant du conduction

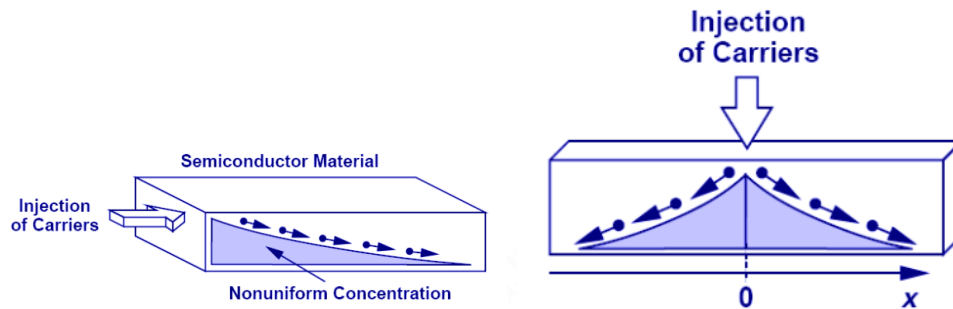


Le courant électrique : $I = -v.W.h.n.q$

Le flux : $J_{tot} = \mu_n E.n.q + \mu_p.E.p.q = q(\mu_n.n + \mu_p.p)E$

1.4 Diffusion

Les charges passent d'une région à forte concentration à une région à faible concentration.



1.4.1 le flux de la courant (Diffusion)

le courant électrique : $I = AqD_n \frac{dn}{dx}$

Le flux : $J_{tot} = q(D_n \frac{dn}{dx} - D_p \frac{dp}{dx})$

avec D est la densité d'états.

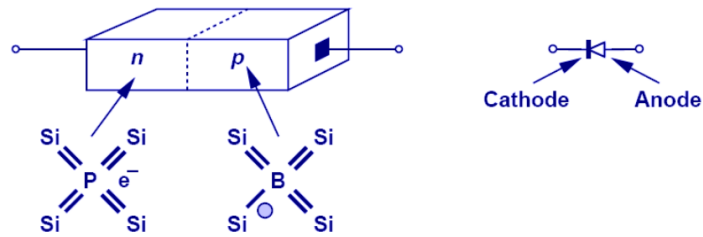
1.5 Relation D'Einstein

La relation d'Einstein offrir une relation entre le courant du diffusion et le courant du conduction.

$$\frac{D}{\mu} = \frac{kT}{q}$$

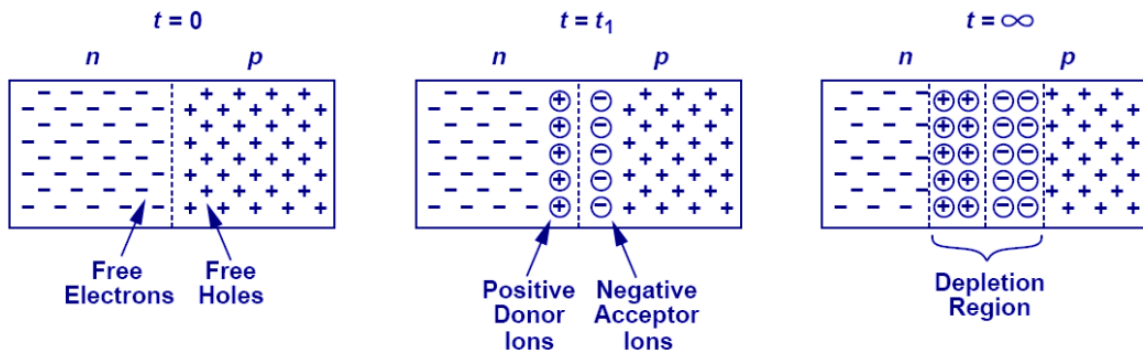
avec k est le constant de Boltzmann, et T est la temperature en Kelvin.

1.6 Jonction

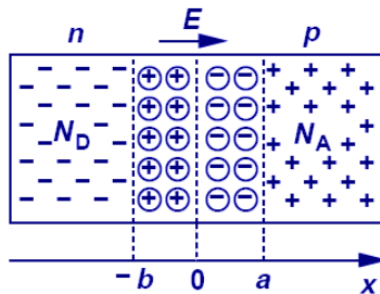


Parce que chaque côté de la jonction contient un excès de trous ou d'électrons par rapport à l'autre côté, il existe un grand gradient de concentration.

Par conséquent, un courant de diffusion traverse la jonction de chaque côté.



Comme les électrons libres et les trous se diffusent à travers la jonction, une région d'ions fixes est laissée derrière



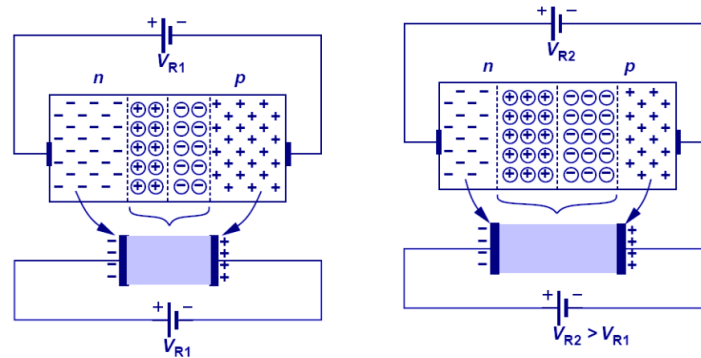
Les ions fixe créé un champ électrique \vec{E} qui s'oppose a la diffusion. La diffusion s'arrête et une barrier de potentiel est créé.

$$V = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right)$$



1.6.1 Polarisation inverse

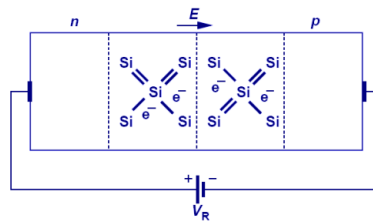
La zone de déplétion sera plus grand.



Si on augmente la tension on peut avoir :

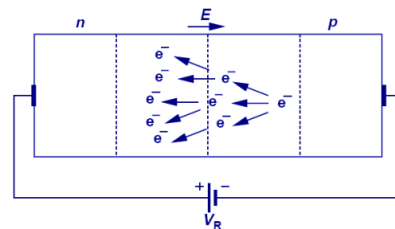
- L'effet Zener :

L'effet Zener se produit avec une faible zone de déplétion et une haute concentration d'impuretés. Le champ électrique fort sera suffisamment pour casser les liaisons covalentes. Un grand nombre des porteurs minoritaires est génère. Le courant coule dans la jonction.



- L'effet d'avalanche :

l'effet d'avalanche se produit avec une large zone de déplétion et une faible concentration d'impuretés. Le champ électrique forte mette les porteur a une vitesse tres grand. Les porteurs entrent en collision avec les atomes du cristal Si, ce qui rupture les liaisons covalentes.



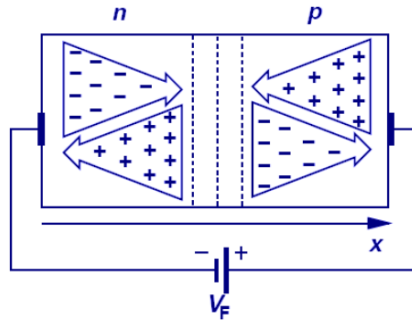
Note que l'effet d'avalanche besoins un difference de potentiel plus grand que celle nécessaire pour l'effet Zener.



1.6.2 Polarisation Directe

Dans le cas d'une polarisation directe, le courant de diffusion des porteurs minoritaires a travers la jonction sont élevés.

Cependant si on approfondit dans les regions P et N on remarque que le courant de combinaison des porteurs majoritaires sont dominants



supahaka