



N° d'ordre :
N° de série :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE D'EL-OUED
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE
Département D'électronique

Mémoire de fin d'étude présenté
Pour l'obtention du diplôme de

Licence ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et techniques**
Filière : **Electronique**
Spécialité : **Télécommunications**

Présenté par : Ben Salem kaouthar
Mesghouni Fatima Zohra

Les diodes*LED* à hétéro jonctions application aux télécommunications

Déposé le 01-06- 2014

Au niveau du jury composé de :

M. **Touhami Ridha**
M. **Nacereddine Lakhdhar**
M. **Mehellou said**

MA
MA
MA

Président
Examineur
Directeur du mémoire

2013-2014

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Tout d'abord, grâce à ﷻ qui m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec nous et qu'il ne laisse jamais.

Louanges à ﷻ.

Nous tenons à exprimer toute notre sympathie et notre gratitude envers notre encadreur et notre professeur

« M. mehellou Saïd » pour son choix de ce sujet et ces conseils pendant toute la durée de préparation de ce mémoire.

*Nous remercions à tous ceux qui ont aidés de près ou de loin
Melle chahrazed ben Salem, et le professeur Salman mahdi*

*Et tous nos professeurs et tous le personnel de la bibliothèque
de la faculté de science et technologie université de*

El -oued.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à
Ma merveilleuse mère, irremplaçable qui
M'offre Tout le courage et la volonté d'étudier avec amour
à fin*

*De devenir un jour bénéfique
"je t'aime Mama "*

A tous mes frères et mes sœurs

A toute la famille

A ma chère amie FATIMA

A tous mes amies et à tous mes collègues de l'étude

A toute la promotion de génie électrique 2014

Particulièrement le groupe télécommunication.

Kawthar

Dédicaces

C'est avec un grand honneur que je dédie ce travail ;

*A mon père qui m'a toujours soutenu à affronter les
difficultés.*

*A ma très chère mère, pour ses sacrifices tout au long de ma
vie.*

"Je t'aime Mama et papa "

A mes frères: Abdelazize et sa femme Nawal, Abdelhafidh.

*A mes sœurs que j'aime beaucoup : Asma son fil lakhder
,Imane,Manar ,ma cousine Afaf.*

A ma grande mère et toute la famille, en particulier.

A tous mes amis :Safia,Hanane,Wafa,Farah,Fatma,Amira .

A mon cher binôme et amis Kawthar,

A tous mes amies et à tous mes collègues de l'étude

A toute la promotion de génie électrique 2014

Particulièrement le groupe télécommunication.

Fatima-Zohra

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....I

CHAPITRE I: LES SEMI-CODUCTEURS

I.1 Introduction.....	3
I.2 Définition.....	3
I.3 Différents types des semi-conducteurs.....	4
I.3.1 Semi-conducteur intrinsèque.....	4
I.3.2 Semi-conducteur extrinsèque.....	4
I.3.2.1 Définition.....	4
I.3.2.2 Dopage d'un semi-conducteur.....	5
I.3.2.2.1 Définition.....	5
I.3.2.2.2 Dopants.....	5
I.3.3 Différents types de semi-conducteur extrinsèque.....	5
a) Type N.....	5
b) Type P	6
I.4 Jonction PN.....	7
I.4.1 Définition.....	7
I.5 Diode à jonction PN.....	7
I.5.1 Définition.....	7
I.5.2 Diode non polarisée.....	8
I.5.3 Diode polarisée.....	9

I.5.3.1 Polarisation directe.....	9
I.5.3.2 Polarisation inverse.....	10
I.6 Conclusion.....	12

CHAPITRE II: LA DIODE LED

II.1 Introduction.....	14
II.2 Définition.....	14
II.3 Les Classifications des diodes LED.....	14
II.3.1 Selon leur spectre lumineux.....	14
II.3.1.1 Les LED de couleur.....	14
II.3.1.2 Les LED blanches.....	14
II.3.2 Selon leur puissance	14
II.3.2.1 Les LED de faible puissance.....	14
II.3.2.2 Les LED de forte puissance.....	15
II.4 Mécanisme de circulation les électrons	15
II.5 Gap direct et indirect	16
II.5.1 Gap direct.....	16
II.5.2 Gap indirect	16
II.6 Spectre d'émission et largeur spectrale.....	17
II.7 Rendement de diode LED.....	18
II.8 Exemples dans la diode LED.	19
II.9 Conclusion.....	19

CHAPITRE III: Les diodes « LED » à hétérojonctions

III.1 Introduction.....	21
III.2 Définition.....	21
III.3 Mécanisme de passage du courant.....	22
III.4 Structure de la diode LED à hétérojonction	22
III.4.1 Selon leurs compositions.....	22
III.4.2 Selon leurs concentrations.....	23
III.5 Exemples de diodes LED à hétérojonction	24
III.6 Applications des diodes LED à hétérojonction	24
III.7 Conclusion.....	24
Conclusion général	
Références bibliographique	
Résumé	

LISTE DES FIGURES

Fig. I. 01: Bandes énergie d'un semi-conducteur.....	4
Fig. I. 02: Atome d'Arsenic.....	6
Fig. I. 03: Dopage (N).....	6
Fig. I. 04: Atome d'indium.....	6
Fig. I. 05: Dopage (P).....	7
Fig. I. 06: Représentation d'une diode.....	7
Fig. I. 07: Barrière de potentiel.....	8
Fig. I. 08: Jonction PN.....	8
Fig. I. 09: La diode non polarisée.....	9
Fig. I. 10: Polarisation direct.....	10
Fig. I. 11: Polarisation inverse.....	11
Fig. II. 01: Polarisation de diode électroluminescente.....	15
Fig. II. 02: Mécanisme de circulation les électrons.....	16
Fig. II. 03: Gap direct.....	16
Fig. II. 04: Gap indirect.....	17
Fig. II. 05: Spectre d'émission d'une diode électroluminescente en GaAs	18
Fig. II. 06: Structure d'une diode LED simple.....	18
Fig. III. 01: Diagramme des bandes d'une LED à hétérojonction.....	21
Fig. III. 02: Hétérojonction polarisée en direct.....	22
Fig. III. 03: Transmission par Fibre optique par LED	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau. I. 01: Semi –conducteurs et dopeurs.....	5
Tableau. II. 01: Largeur de la bande interdite et longueur d'onde émise.....	19
Tableau. III. 01: Matériaux pour des LED à hétérojonction.....	23
Tableau. III. 02: concentrations d'un LED à hétérojonction.....	23
Tableau. III. 03: Largeur de la bande interdite et longueur d'onde d'un LED à hétérojonction.....	24

Introduction général

Introduction générale

La technologie LED (diode électroluminescente) a rapidement progressé au cours des dernières années et différents modèles de lampes à LED sont actuellement disponibles pour tout type d'éclairage dans les habitations. Ainsi, la LED est la technologie la plus prometteuse pour le futur de l'éclairage. De plus, des développements encore plus importants auront lieu dans les prochaines années

L'électronique associée à ces nouveaux composants (les LEDs) a elle aussi dû s'adapter et proposer de nouvelles solutions, afin de suivre cette forte croissance, de permettre le développement de nouvelles solutions optiques et surtout, de préserver les performances optiques des LEDs par un mode d'alimentation optimisé.

Une diode électroluminescente est un dispositif issu de la technologie des semi-conducteurs, qui émet de la lumière lorsqu'un courant électrique la traverse. La diode produit une lumière quasi monochrome d'une longueur d'onde donnée dépend du semi-conducteur utilisé.

Les LEDs consomment très peu d'énergie, elles ont une durée de vie importante par rapport aux sources de lumière ordinaires.

Dans le premier chapitre nous avons exposé une étude générale sur les semi-conducteurs.

Dans le deuxième chapitre nous avons étudié la diode LED à homo jonction.

Enfin, dans le dernier chapitre nous avons étudié les diodes LED à hétérojonctions.

CHAPITRE I: Les semi-conducteurs

Les semi-conducteurs

I.1 Introduction:

Pendant très longtemps les scientifiques croyaient que vis-à-vis de la Conduction électrique, les matériaux se subdivisaient en deux classes: conducteurs et diélectriques (isolants). Cependant, vers 1830 on a découvert des Matériaux dont les propriétés ne permettaient de les classer dans aucune de ces catégories. A l'état pur, ces matériaux étaient à la fois de mauvais conducteurs et de mauvais isolants : or leurs propriétés électriques, notamment la résistivité, variaient très sensiblement sous influence des facteurs extérieurs de l'environnement (température, pression...), de la présence des impuretés, de la lumière, etc.. En occupant une place intermédiaire entre les conducteurs et les isolants, ces matériaux ont été appelés < semi-conducteurs >. [1]

I.2 Définition:

Entre les conducteurs et les isolants on peut classer un certain nombre de solide ayant, à la température ambiante une résistivité comprise entre 10^{-4} et 10^2 , se sont les semi conducteurs: carbone ; silicium ; germanium ; sélénium, oxyde de cuivre...

Dans un semi-conducteur la bande de conduction est vide à la température de zéro kelvin c'est alors un isolant.

La distance entre les bandes de conduction et de valence a une énergie de un électronvolt (1eV).

il sera donc possible, par un apport modéré d'énergie et sans destruction du corps d'obtenir la passage d'électrons de la bande de valence à la bande de conduction.

Cet rapport peut se faire par une élévation de température : plus celle-ci sera grande plus sera important le nombre d'électrons libres. [2]

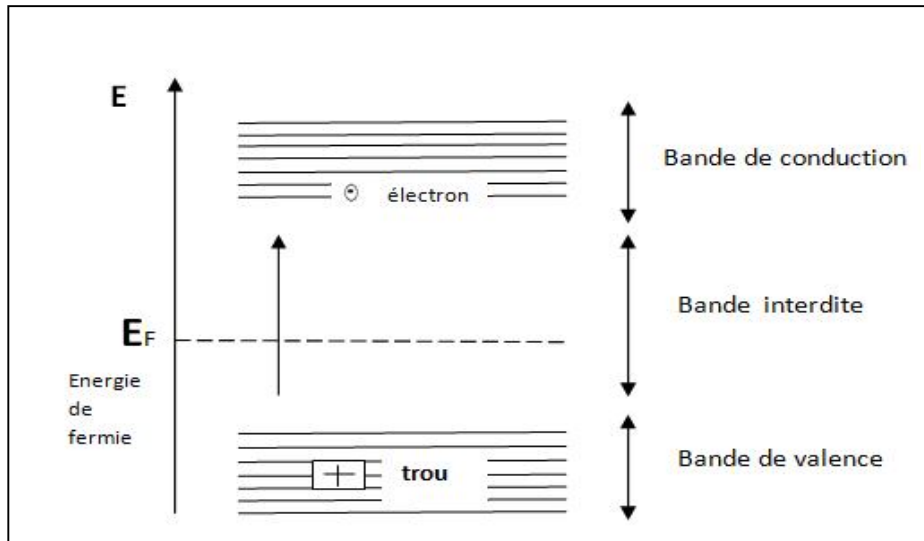


Fig. I.01 : Bandes énergie d'un semi-conducteur.

I.3 Différents type des semi-conducteurs :

I.3.1 Semi-conducteur intrinsèque :

A la température ambiante certains électrons chaud sont suffis amment d'énergie pour franchir la bande interdite du semi-conducteur et devenir libres dans la bande de conduction cette excitation thermique laisse des états libres dans la bande de valence.

Pour décrire la conduction dans cette dernière bande il est plus facile de traiter ces états libres comme de porteurs de charge positive (on appelle ces porteurs de charge : trous ou lacunes).

Pour un semi-conducteur intrinsèque la densité de trous dans la bande de valence est égale à la densité d'électrons dans la bande de conduction $n=p=n_i$ la concentration des porteurs de charge libres (n_i) dans un semi-conducteur intrinsèque à l'équilibre thermique est donnée par l'expression suivant :

$$N_i \approx A.T^{3/2}.e^{(-E_g/2K_B.T)} \quad (I.01)$$

A: constante qui dépend du semi-conducteur.

T: température K.

E_g : correspond à l'énergie de la bande interdite (gap).

K_B : 8.617×10^{-5} ev/k , C^{te} de Boltzmann. [3]

I.3.2 Semi-conducteur extrinsèque:

I.3.2.1 Définition :

La présence d'impuretés dans un semi-conducteur déséquilibre les densités d'électrons et de trous. Un semi-conducteur est de type N, lorsque la densité d'électrons est plus grande que celle des trous. il est de type P si la densité des trous est plus grande que celle des électrons, on appelle électrons de valence les électrons des couches périphériques de l'atome les bandes

d'énergie pertinentes pour les propriétés électriques (bandes de conduction et valence) sont formée à partir des états associés à ces électrons.

I.3.2.2 Dopage d'un semi-conducteur :

I. 3.2.2.1 Définition :

Les conductibilités de façon drastique et contrôlée par l'addition d'impuretés dans le semi-conducteur intrinsèque, ce procédé. Appelé dopage augmente le nombre de porteurs de courant (électrons et trous). Les deux catégories d'impuretés sont de type N et P.

I. 3.2.2.2 Dopants :

Les dopants sont les éléments de la colonne 3 et de la colonne 5 de la classification périodique des éléments (**tableau I.01**)

Tableau. I.01 : Semi –conducteurs et dopeurs

IIIB	IVB	VB
B (bore)	C (Carbone)	N (Azotes)
Al (Aluminium)	Si (Silicium)	P (Phosphor)
Ga (Gallium)	Ge (Germanium)	As (Arsenic)
In (Indium)		Sb (Antimoine)

La quantité de dopeur introduit est très faible: généralement elle est de l'ordre d'un atome de dopeur pour un million d'atomes de semi-conducteur.

L'atome du dopeur s'intègre dans le cristal du semi-conducteur sans perturber la réparation des atomes parce que son volume propre n'est pas très différent de ceux des atomes de germanium ou de silicium.

Après dopage, la conductibilité est essentiellement due à la présence du dopeur : la conductibilité est extrinsèque.

I.3.2.3 Différents types de semi-conducteurs extrinsèques:

a)-Type N :

Il appartient à la colonne VB son atome (**figure I.02**) possède cinq électrons périphériques il est électriquement neutre cet atome s'intègre dans le cristal du semi-conducteur comme le ferait un atome de celui-ci.

Si on introduit au sein du cristal de germanium ou silicium pur un atome d'arsenic quatre électrons sont nécessaires pour sa stabilité le cinquième électron est donc en excès : il n'y a pas de place pour lui dans les liaisons covalentes.

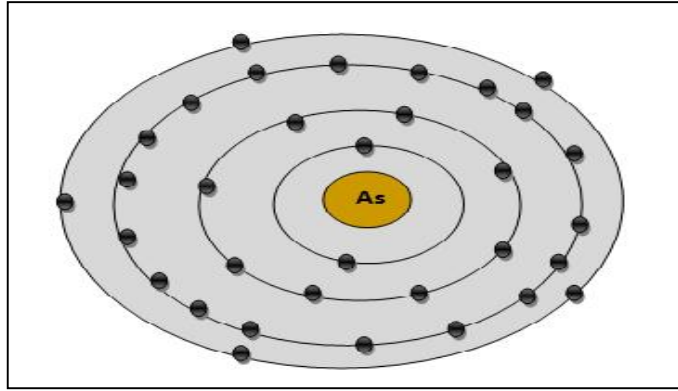


Fig. I.02 : Atome d'Arséniure.

Exemple (semi-conducteur de type N) :

Dopage du silicium par Arséniure (**figure I.03**)

Le silicium avec (4) électrons et l'arsenic avec (5) électrons dans la bande valence.

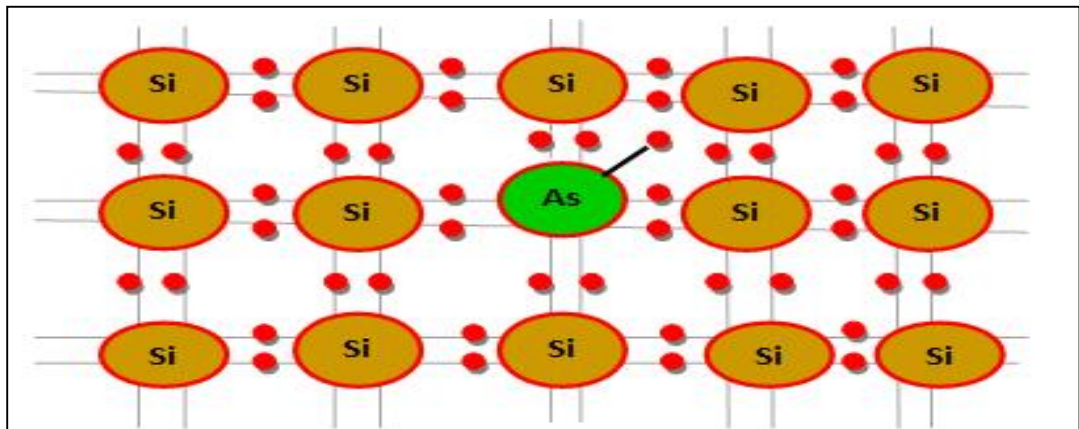


Fig. I.03: Dopage (N).

b)-Type P :

Il appartient à la colonne IIIB son atome (**figure I.04**) possède trois électrons périphériques il est électriquement neutre cet atome s'intègre dans le cristal du semi-conducteur comme le ferait un atome de celui-ci.

Si on introduit au sein du cristal de germanium ou silicium pur un atome d'indium quatre électrons sont nécessaires si alors que le dopeur n'en apporte que trois : une place d'électron est donc inoccupée et il y a un trou disponible au voisinage de l'atome dopeur.

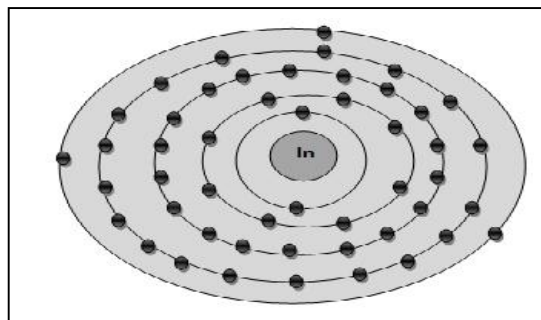


Fig. I.04 : Atome d'indium

Exemple (semi-conducteur de type P) :

Dopage du silicium par l'Indium (**figure I.05**)

Le silicium avec(4) électrons et l'indium avec(3) électrons dans la bande valence.

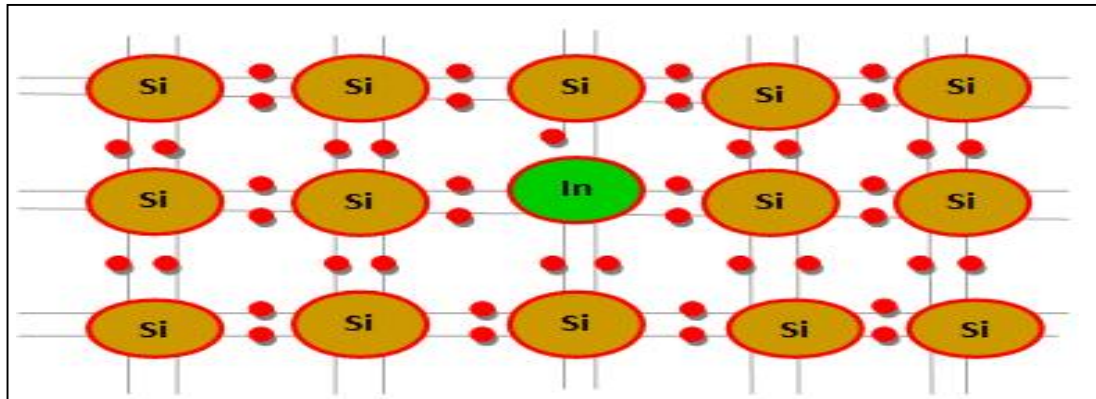


Fig. I.05: Dopage (P).

I.4 Jonction PN:**I.4.1 Définition:**

Une jonction PN (**figure I.06**) est obtenue en mettant en contact, un semi-conducteur dopé n et un semi-conducteur dopée.

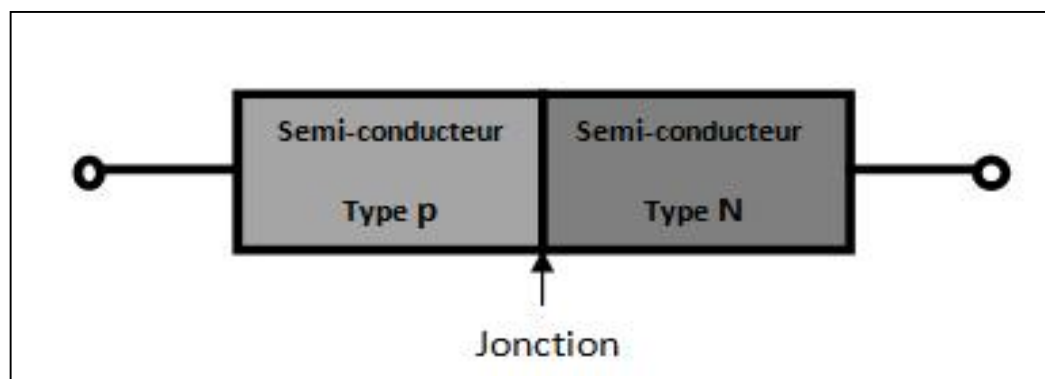


Fig. I.06: Représentation d'une diode.

I.5 Diode à jonction PN:**I.5.1 Définition:**

Une diode est un monocristal de semi-conducteur consistante en la jonction de deux types de semi-conducteurs extrinsèques, l'un de type P et l'autre de type N

- A gauche de cette zone $P \approx N_A$

- A droite de cette zone $N \approx N_D$

N_A et N_D sont les concentrations d'impuretés acceptrices et donatrices d'électrons.

- Si on munit les deux extrémités du semi-conducteur d'électrodes (fils de connexion) l'ensemble constitue une diode semi-conductrice à jonction P-N ou:
- La région N est appelée cathode.
- La région P est appelée anode.

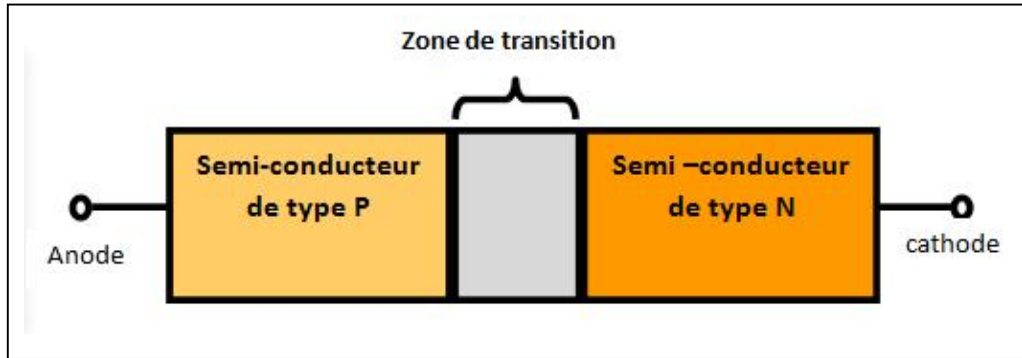


Fig. I.07: Barrière de potentiel.

I.5.2 Diode non polarisée :

Les porteurs de charges majoritaires de la région P (trous) et de la région N (électrons) qui se trouvent au voisinage de la jonction tendent à diffuser vers la région N et P respectivement où ils sont peu nombreux.

Ce phénomène a tendance à uniformiser la répartition des trous et des électrons autour de la jonction. La diffusion de trous et d'électrons de part et d'autre de la jonction engendre des atomes ionisés négativement dans la région P et positivement dans la région N. Cet ensemble d'atomes ionisés autour de la jonction est appelé **barrière de potentiel** et la zone produite entre P et N appelée zone de transition.

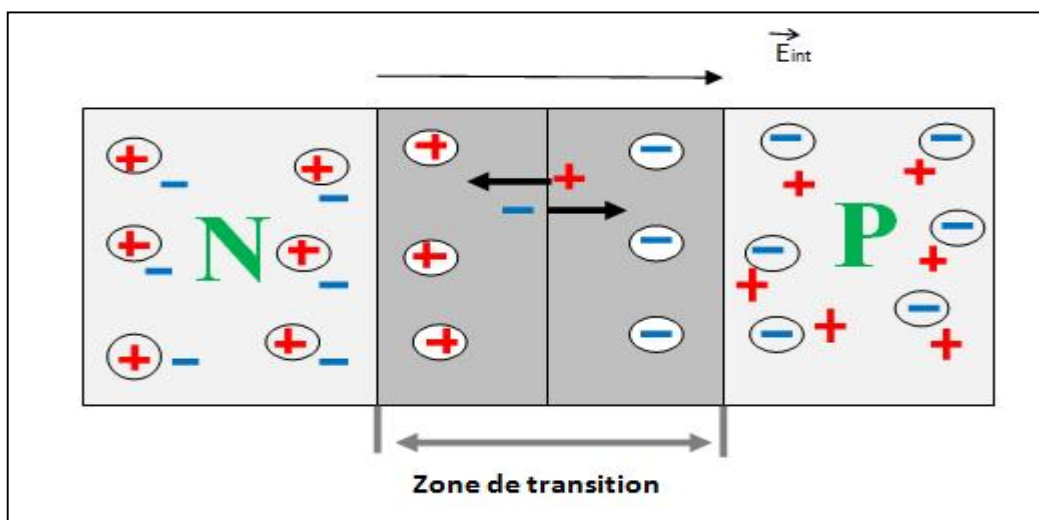


Fig. I.08 : Jonction PN.

La barrière de potentiel donne naissance à un champ électrique interne $\vec{E}_{in}$ dirigé de la région N

Vers la région P .Ce champ électrique tend à limiter la diffusion des porteurs de charges majoritaires et de favoriser la diffusion des porteurs minoritaires (des électrons dans la région P et des trous dans la région N).

Il y a donc un va et vient permanent de porteurs et nous pouvons dire que la jonction est constamment traversée par des courant de sens opposés mais de même valeur absolue I_0 :

- Le courant de diffusion du aux porteurs minoritaires est: $I_D = I_0$
- À l'état d'équilibre les courants générés par la diffusion des porteurs de charges majoritaires et minoritaires s'annulent: $I = I_D + I_s = 0$ [2]

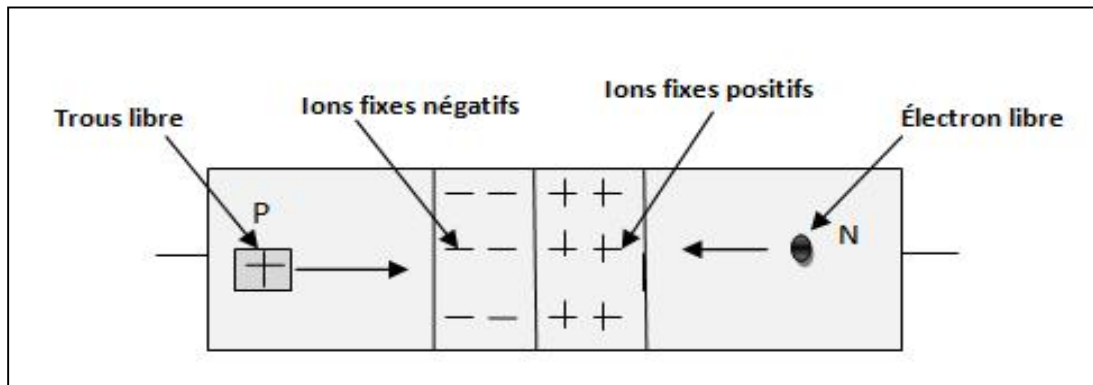


Fig. I.09 : La diode non polarisée.

I.5.3 Diode polarisée:

Lorsqu'on polarise une diode, la différence de potentiel V_D appliquée à ses bornes se retrouve presque totalement au niveau de la jonction PN (c'est dans cette région que la résistance est la plus grande).

I.5.3.1 Polarisation directe:

Si on applique à une jonction PN une différence de potentiel (d.d.p) V de telle manière que:

- la borne de la région P est reliée à la borne + du générateur.
- la borne de la région N à la borne du générateur.

La source de tension V crée un champ électrique E externe qui s'oppose au champ électrique interne E_{in} .

Quand la source de tension atteint un seuil (0.3v pour le germanium et 0.7v pour le silicium) le champ externe devient plus grand que le champ électrique interne, ce qui entraine la diminution de la barrière de potentiel et l'accroissement de la diffusion des porteurs de charges majoritaires.

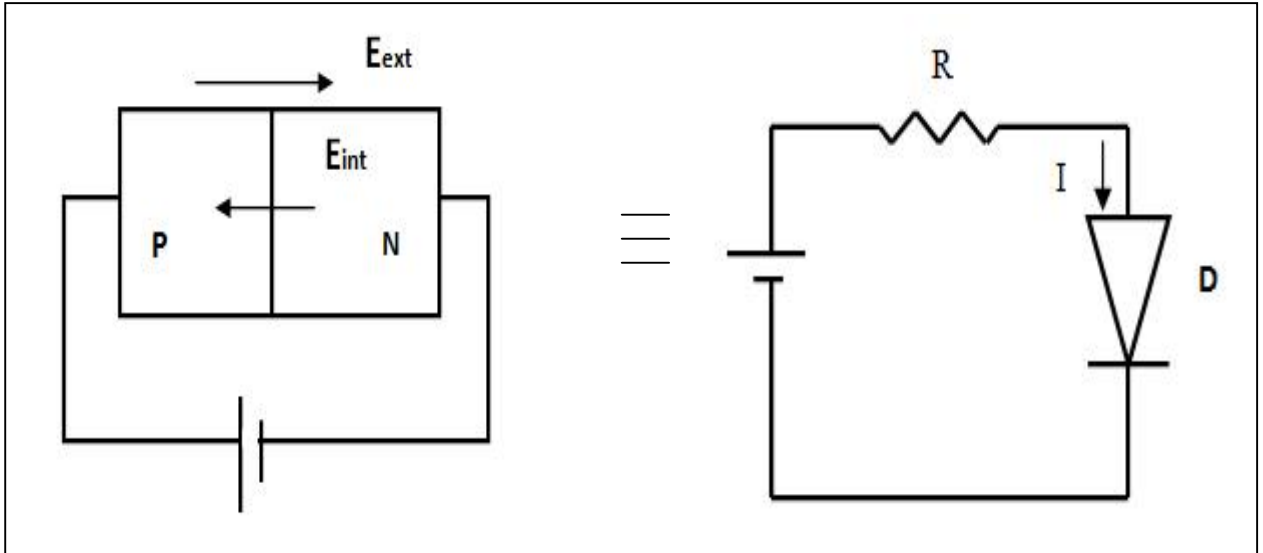


Fig. I.10: Polarisation direct.

Remarque :

- La barrière de potentiel due à la jonction est soumise à un champ: $E = |E_{ext} - E_{in}|$

I.5.3.2 Polarisation inverse:

Si on applique à une jonction PN une différence de potentiel (d.d.p) V de telle manière que:

- L'onde soit reliée à la borne (–) du générateur.
- La cathode à la borne (+) du générateur.

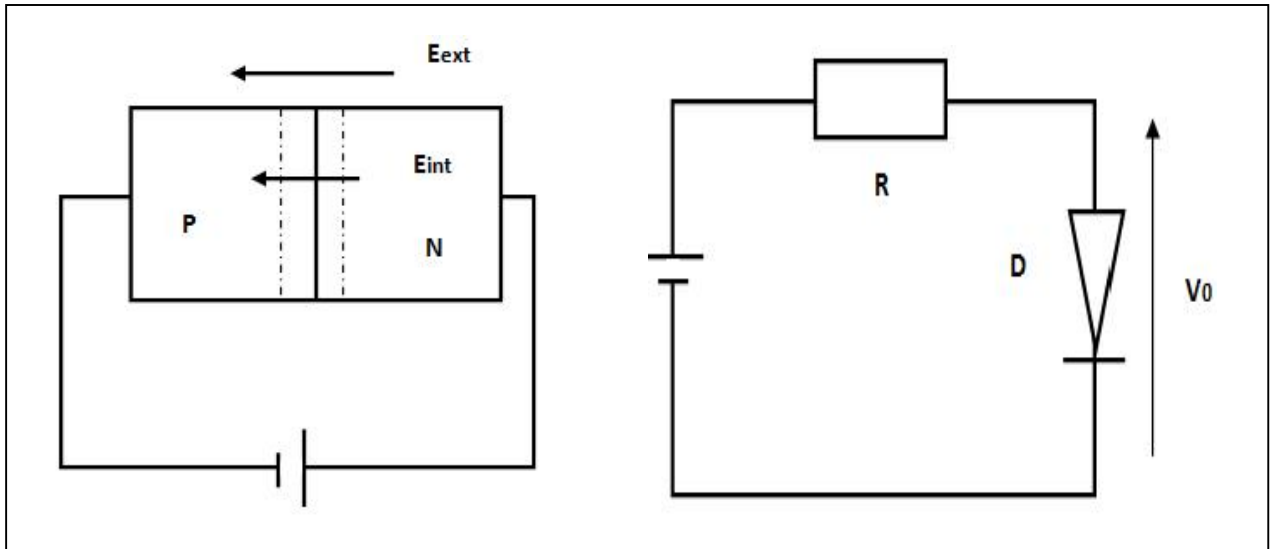
La source de tension V crée un champ électrique E externe qui est dans le même sens que le champ électrique interne E_{in} .

Le champ électrique externe s'ajoute au champ électrique interne, ce qui entraine un accroissement de la barrière de potentiel.

Très peu de porteurs de charges majoritaires seront en mesure de diffuser à travers la jonction alors que la diffusion des porteurs de charges minoritaires est favorisée, donnant le courant de saturation.

Remarque:

- la barrière de potentiel due à la jonction est soumise à un champ: $E=E_{ext}+E_{in}$ [2]

**Fig. I.11: Polarisation inverse.**

I.6 Conclusion

À la fin de cette étude nous avons aboutis à ce que les semi-conducteurs comme (Si, Ge, C...etc.) comportent 4 électron dans leur dernier orbite donc ils ne sont pas de bons conducteurs.

Pour améliorer ce critère, on utilise le dopage (on obtient des semi-conducteurs extrinsèques).

Il y a deux types de dopage; type N (augmentation des électrons); type P (augmentation des trous) avec la jonction des types on obtient la jonction PN.

Dans la fabrication de composant électronique (diode, transistor, circuit intégré.....etc.) On a utilisé des matériaux S/C dopée.

CHAPITRE II : La diode LED

La diode LED

II.1 Introduction:

En 1906, Henry Joseph Round remarqua pour la première fois de l'électroluminescence" en faisant des expériences avec du Sic (carbure de silicium ou carborundum). La diode émettrice de lumière (LED) était née. Les 50 années suivantes, peu de progrès sont accomplis jusqu'à ce que la recherche en matière des diodes et des semi-conducteurs commence sérieusement. Après ses années, des chercheurs des domaines des sciences et de l'industrie découvrent différentes approches d'émission de lumière à la jonction PN de diodes quand certains matériaux et processus spécifiques sont utilisés. La puissance lumineuse n'est toutefois que très faible, les LED sont chères et seules certaines couleurs sont disponibles. [4]

II.2 Définition:

Une diode électroluminescente (LED) Light Emitting Diode en anglais Diode électroluminescente (DEL) en français ; est un composant électronique permettant la transformation de l'électricité en lumière. Ses principales applications, par ordre d'importance de marché, sont l'électronique mobile, les écrans, le secteur de l'automobile, l'éclairage et la signalisation.

Il est possible de classer les LED selon leur spectre lumineux et selon leur puissance.

II.3 Les Classifications des diodes LED:

II.3.1 Selon leur spectre lumineux:

II.3.1.1 Les LED de couleur:

Les LED permettent d'obtenir de la lumière colorée dans un domaine de longueur d'onde qui couvre l'intégralité du spectre visible mais également le proche infrarouge et l'ultraviolet. De manière non exhaustive, quelques semi-conducteurs utilisés en fonction de la longueur d'onde d'émission désirée.

II.3.1.2 Les LED blanches:

Dont le spectre est constitué de plusieurs longueurs d'ondes ; la technologie la plus utilisée actuellement pour produire de la lumière blanche avec des LED consiste à ajouter une fine couche de phosphore jaune dans une LED bleue.

II.3.2 Selon leur puissance :

II.3.2.1 Les LED de faible puissance :

Inférieure à 1 Watt, elles sont par exemple utilisées comme voyants lumineux sur les appareils électroménagers

II.3.2.2 Les LED de forte puissance :

Supérieure à 1 Watt, elles supportent des courants plus importants (jusqu'à 5 Ampère) et fournissent davantage de lumière (jusqu'à 220 lumens par watt) ; Elles sont en plein essor et leurs applications sont de plus en plus connues du grand public : flash de téléphones portables, éclairage domestique, éclairage de spectacle, lampe de poche ou frontales. [5]

II.4 Mécanisme de circulation les électrons :

Une diode électroluminescente est une diode à jonction p-n qui émet de la lumière lorsqu'elle est polarisée dans le sens passant (**Figure II.01**). Le champ électrique créé par la tension extérieure favorise le passage des porteurs majoritaires à travers la jonction; ils entrent donc dans une région où ils s'ajoutent alors aux porteurs minoritaires. On augmente donc la concentration des porteurs minoritaires de l'autre côté de la jonction, c'est pourquoi ce mécanisme s'appelle l'injection des porteurs minoritaires à travers la jonction.

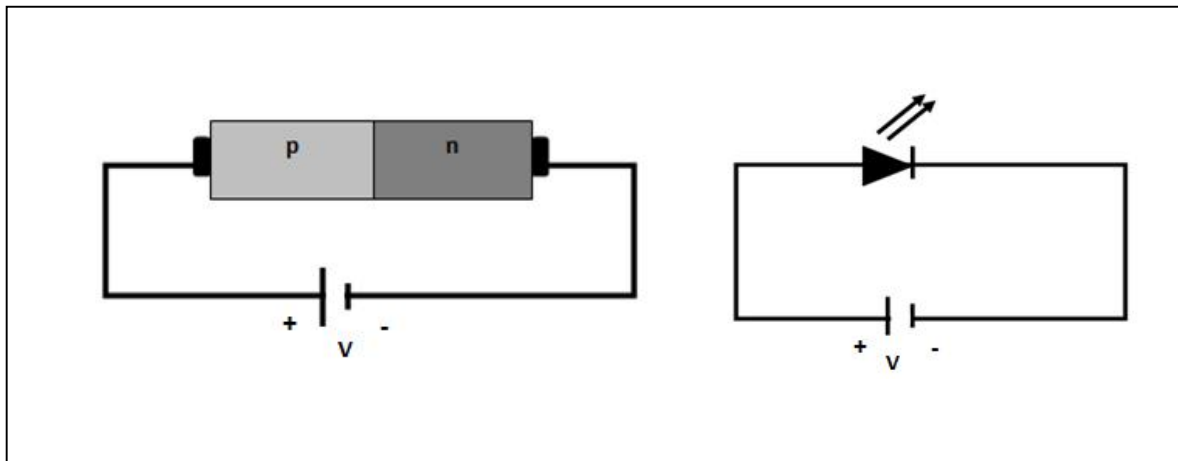


Fig. II.01 : Polarisation de diode électroluminescente.

Pour fixer les idées, considérons la zone de type p. Sous polarisation dans le sens passant, des électrons sont injectés à travers la jonction depuis la zone de type n. On obtient donc, près de la jonction, une région où la concentration d'électrons (les porteurs minoritaires) augmente. Ces électrons peuvent se recombiner avec les trous, qui sont présents en grande quantité, puisqu'il s'agit des porteurs majoritaires. Cette recombinaison revient à faire passer un électron du bas de la bande de conduction vers le haut de la bande de valence. L'énergie libérée dans cette recombinaison peut être transformée en vibrations du réseau cristallin, c'est-à-dire en chaleur. Dans ce cas, on parle d'une transition non-radiative. Le type de transition qui nous intéresse ici est la transition radiative, où l'énergie libérée est transformée en lumière. [6]

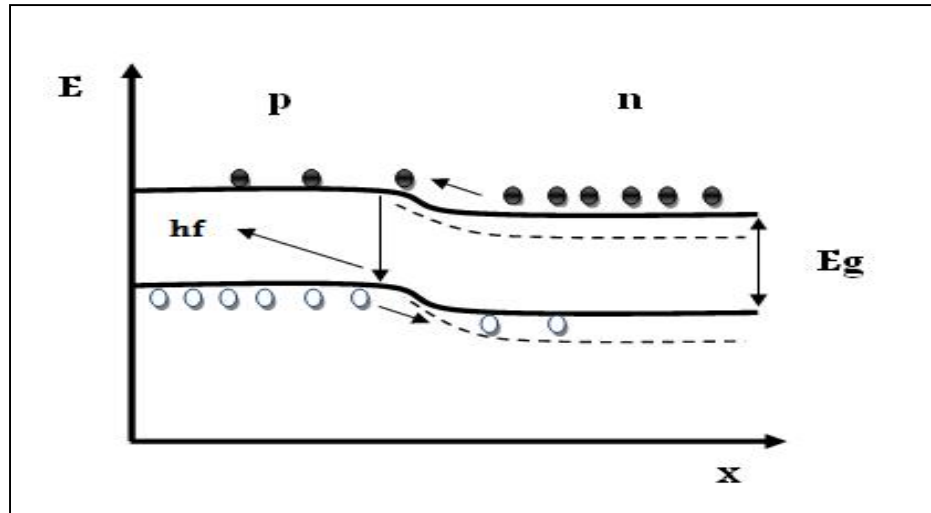


Fig. II. 02: Mécanisme de circulation les électrons.

II.5 Gap direct et indirect :

II.5.1 Gap direct :

Un semi-conducteur est à gap direct si le maximum de la bande de valence et le minimum de la bande conduction peuvent correspondre au même vecteur d'onde k , transitions radiatives.

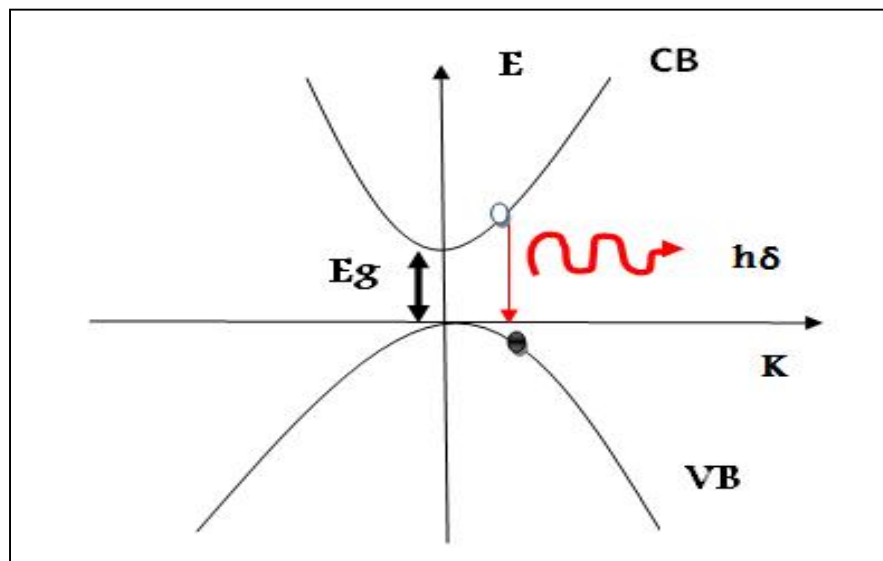


Fig. II.03: Gap direct.

II.5.2 Gap indirect:

Un semi conducteur est à gap indirect si le maximum de la bande de valence et le minimum de la bande de conduction ne correspondent pas au même vecteur d'onde k . La distinction entre les semi conducteurs à gap direct et indirect est très importante notamment dans les processus radiatifs. Les processus d'absorption ou d'émission sont considérablement plus importants dans les semi conducteurs à gap direct que dans les semi conducteurs à gap indirect, transitions non radiative. [7]

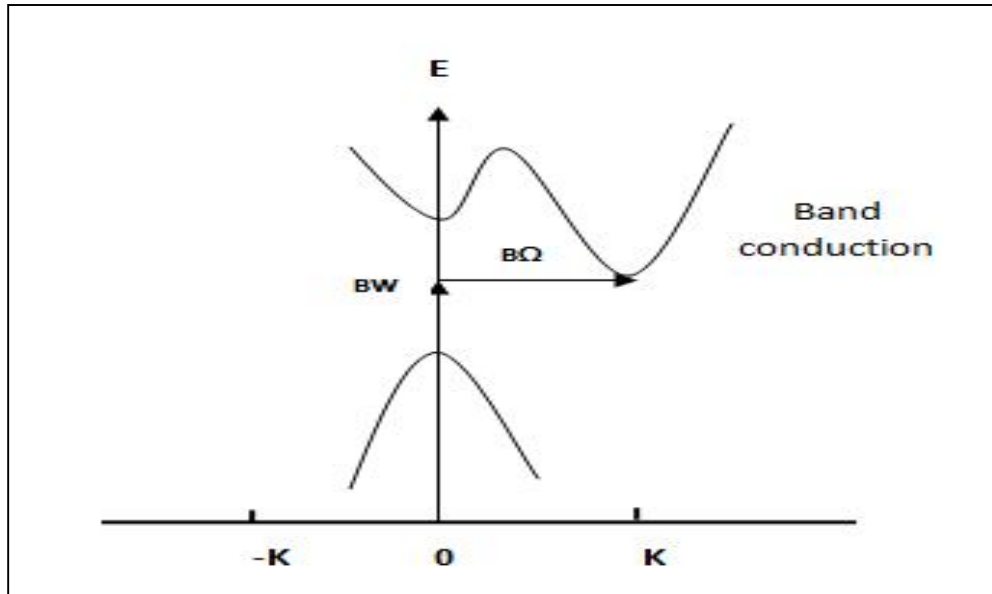


Fig. II.04: Gap indirect.

II.6 Spectre d'émission et largeur spectrale :

Dans le cas le plus simple, l'énergie libérée dans une transition radiative suite à une recombinaison électron-trou est simplement la largeur de la bande interdite, E_g . La longueur d'onde de la lumière émise s'obtient alors en écrivant qu'un photon de fréquence $h\nu = E_g$ est émis. Comme la fréquence est liée à la longueur d'onde, on obtient la longueur d'onde émise dans le vide par :

$$\lambda = \frac{hc}{E_g} \quad (\text{II.01})$$

En remplaçant h et c par leur valeur, et en passant aux unités habituelles, on obtient:

$$\lambda \text{ (}\mu\text{m)} = \frac{1,24}{E_g(\text{eV})} \quad (\text{II.02})$$

A la température T , l'énergie des électrons dans la bande de conduction fluctue d'environ $2kT$ suite à l'agitation thermique. La même chose est vraie pour l'énergie des trous dans la bande de valence. Il en résulte une fluctuation d'environ $2kT$ de l'énergie des transitions radiatives. Soit ΔE la fluctuation de l'énergie autour de l'énergie E de la transition la plus probable. A cette fluctuation de l'énergie correspond une variation de longueur d'onde :

$$\Delta\lambda = \frac{hc}{E^2} \Delta E \quad (\text{II.03})$$

$$\text{soit : } \Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{hc} \Delta E \approx \frac{2kT\lambda^2}{hc} \quad (\text{II.04})$$

Une diode électroluminescente émet donc un spectre centré sur une longueur d'onde légèrement inférieure à la valeur donnée par l'équation (02), avec une largeur spectrale donnée en première approximation par (03).

A titre d'exemple, l'équation (04) prédit une largeur spectrale de l'ordre de 38 nm à 0,9 μm .

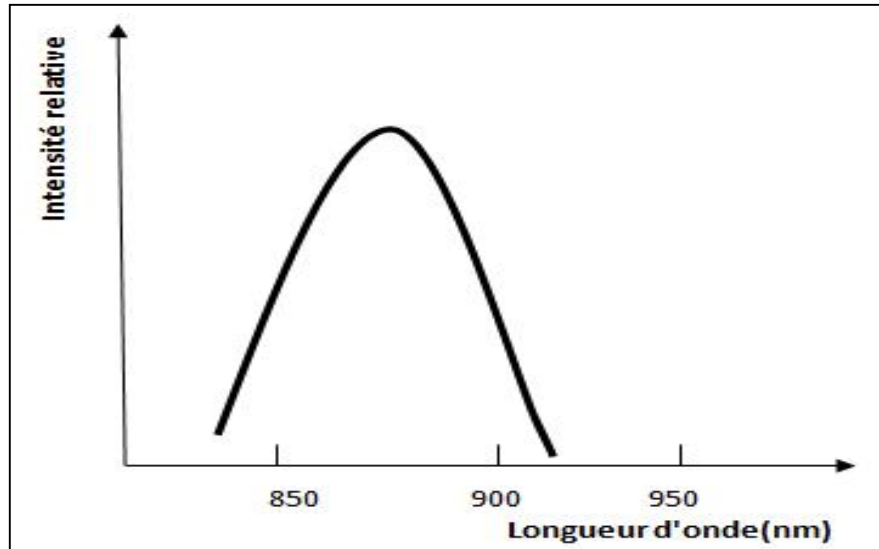


Fig. II.05: Spectre d'émission d'une diode électroluminescente en GaAs.

II.7 Rendement de diode LED:

En général, les transitions radiatives se produisent surtout du côté p, suite à l'injection d'électrons minoritaires. (La Figure II.06) montre la structure la plus simple d'une diode LED. Comme la jonction p-n est réalisée entre deux semi-conducteurs de même nature, on parle d'une homo jonction. Les photons sont générés principalement dans la zone p, près de la surface émettrice.

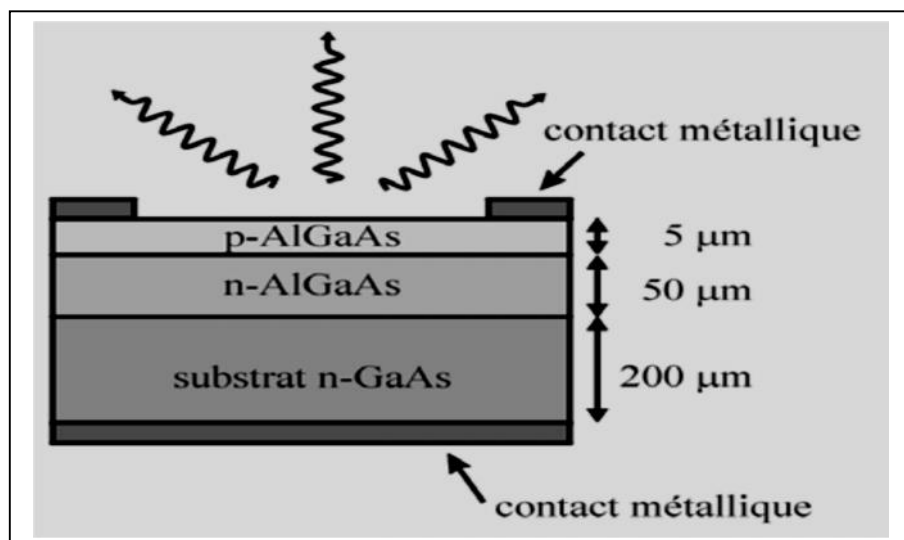


Fig. II.06 : Structure d'une diode LED simple.

II.8 Exemples dans la diode LED:

Le **Tableau II.01** donne la largeur de la bande interdite et la longueur d'onde émise, pour quelques semi-conducteurs courants. Dans le cas des semi-conducteurs ternaires, tels que GaAs et InP, la largeur de la bande interdite dépend de la composition x . Il est donc possible de choisir la composition pour obtenir la longueur d'onde désirée, dans certaines limites.

Tableau II.01 : Largeur de la bande interdite et longueur d'onde émise.

	GaAs	InP	InAs
Eg (eV)	1,42	1,35	0,36
λ (μm)	0,87	0,92	3,44

Comme les régions spectrales les plus intéressantes pour les fibres en silice se situent autour de 1,3 et 1,55 μm , on utilise souvent les composés du type $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{Py}_y$. [6]

II.9 Conclusion :

A la fin de cette étude nous avons trouvé qu'il y a parmi les types de diodes à jonction : les diodes à jonction lumineuses appelées LED.

Tout LED se caractérise par son émission à une longueur d'onde particulière liée à E_g qui est une caractéristique du semi-conducteur. On peut classer les LED selon le spectre lumineux, une LED blanche ou LED coloré et selon la puissance, puissance faible et puissance forte.

Pour fabriquer des LED que émettent à une longueur d'onde particulière et on n'a pas à un s/c qui pour émettre à cette longueur d'onde.

La solution de ce problème est d'utiliser des diodes dont on peut varier la composition et la concentration de ses composants et on a dans ce cas une structure à hétérojonction et c'est ce qu'on va étudier dans le prochain chapitre.

CHAPITRE III : Les Diodes « LED » à hétérojonctions

Les diodes « LED » à hétérojonctions

III.1 Introduction :

En 1951, William Shockley a proposé d'utiliser une hétérojonction abrupte comme injecteur base-émetteur efficace dans un transistor bipolaire. La même année, Gubanov a publié un article théorique sur les hétérojonctions. Depuis, les hétérojonctions ont été largement étudiées, et de nombreuses applications (existant bien souvent avec des homo jonctions) ont pu être améliorées ou être opérationnelles à température ambiante. On cite notamment les HBT (hétérojonction bipolaire transistor), les diodes électroluminescentes, les diodes lasers, les photos détecteurs, les cellules solaires, etc.

III.2 Définition :

Une hétérojonction est obtenue lorsque deux matériaux semi-conducteurs différents sont associés. Sa réalisation s'effectue par croissance cristalline d'un matériau sur l'autre et nécessite l'utilisation de semi-conducteurs ayant des propriétés cristallines voisines (la taille des atomes doit notamment être assez proche). Selon le type de dopage utilisé pour les semi-conducteurs, deux hétérojonctions se distinguent :

- Les premières sont les hétérojonctions isotypes, pour lesquelles les deux semi-conducteurs sont de même type de dopage
- Les secondes sont les hétérojonctions anisotypes, pour lesquelles les deux semi-conducteurs sont dopés différemment.

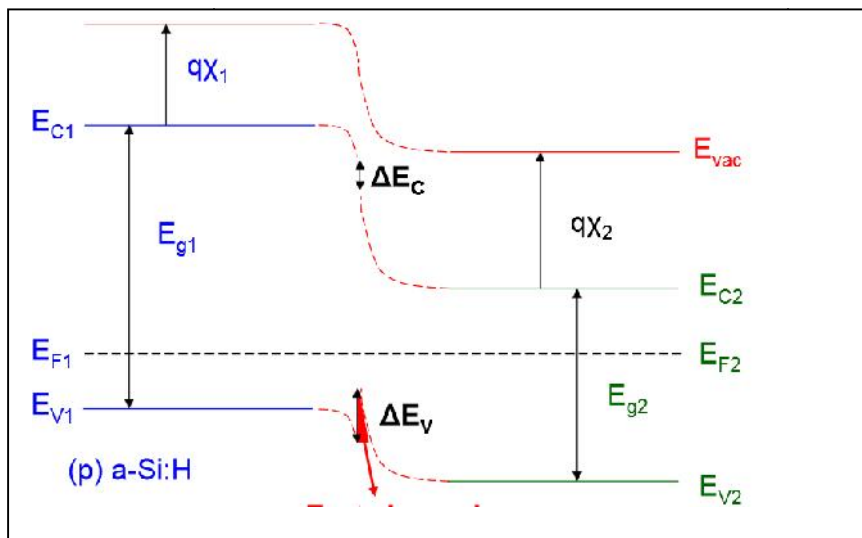


Fig.III.01 : Diagramme des bandes d'une LED à hétérojonction.

III.3 Mécanisme de passage du courant :

Dans une hétérojonction polarisée direct ; les grandeurs caractéristiques vis-à-vis le passage du courant, sont les barrières, (voire **figure III.02**) s'opposant respectivement au déplacement des électrons majoritaires de la région n vers la région p, et des trous majoritaires de la région P vers la région N. Contrairement à ce qui se passe dans une homo jonction, ces barrières sont différentes l'une de l'autre et différentes de la barrière de potentiel qui n'est pas ici la grandeur la plus significative.

Dans le type d'hétérojonction présente, la barrière étant par nature moins haute que la barrière il faut s'attendre à ce que le courant d'électrons soit toujours dominant. Dans l'hétérojonction (tout comme l'homo jonction), le courant pour chaque type de porteurs est limité (contrôle) par le transport de ces porteurs dans la région où ils sont minoritaires. Au contraire des trous qui n'ont pas d'autre possibilité qu'un déplacement dans la région N par diffusion (comme ils feraient dans une homo jonction), les électrons sont susceptibles de se déplacer dans la région P de l'hétérojonction selon différents mécanismes de transport. [8]

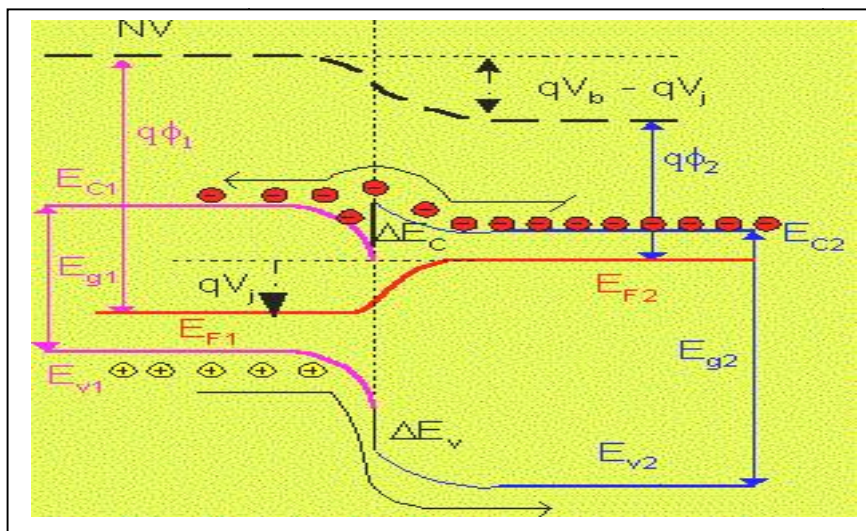


Fig.III.02 : Hétérojonction polarisée en direct.

III.4 Structure de la diode LED à hétérojonction:

Toutes les valeurs du spectre lumineux peuvent être atteintes avec les matériaux actuels. Pour obtenir des longueurs d'ondes spéciales, on peut varier les composants du S/C ainsi que les concentrations de ces composants. Les fabricants proposent de nombreux types de diodes LED aux spécificités différentes.

III.4.1 Selon leurs compositions:

Plusieurs composés binaires peuvent être formés à partir des éléments des groupes III et V dont l'énergie de la bande interdite varie de 2,45 eV à 0,17 eV à la température ambiante.

La substitution de Ga Al peut produire un changement relativement faible des paramètres de maille du matériau.

Tableau III.01 : Matériaux pour des LED à hétérojonction.

	Largeur de la bande interdite E_g (ev)	longueur d'onde λ	Structure de bande
GaAs	1.42	0.87	Direct
GaSb	0.73	1.85	Direct
InAs	0.35	3.44	Direct
InSb	0.17	7.30	Direct

Ce fait important permet de produire des alliages ayant différentes énergies de bande interdite. La substitution de deux composés binaires avec des bandes interdites directes produit un matériau avec un léger changement de l'énergie de la bande interdite. Un alliage de bande interdite indirecte et un composé binaire de bande interdite directe produit un matériau de bande interdite directe. Il est possible de produire plusieurs alliages, mais seuls quelques-uns d'entre eux sont d'un intérêt pratique. [9]

III.4.2 Selon leurs concentrations:

Tableau III.02 : concentrations d'une LED à hétérojonction.

Martériau Hétérojonction	ΔE_v (ev)
Ga As / $Al_x Ga_{1-x} As$	0.46x
AlAs / $Al_{0.37} Ga_{0.63} As$	0.34
InP / $Ga_{0.47} In_{0.53} As$	0.32
GaSb / $InAs_{0.95} Sb$	0.67
$Al_{0.48} In_{0.52} As$ / $Ga_{0.47} As$	0.75
$Ga_{0.5} In_{0.5} P$ / GaAs	0.32

Ce tableau montre les changements dans les concentrations de chacun des composés de semi-conducteurs, qui peuvent fournir des longueurs d'onde différentes, les longueurs d'onde sont liés au taux de vaccination de chaque composé. [10]

III.5 Exemples de diodes LED à hétérojonction :

Le Tableau III.02. Donne la largeur de la bande interdite et la longueur d'onde émise, pour quelques semi-conducteurs courants. Dans le cas des semi-conducteurs ternaires, tels que $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$, la largeur de la bande interdite dépend de la composition x . Il est donc possible de choisir la composition pour obtenir la longueur d'onde désirée, dans certaines limites.

Tableau III.03 : Largeur de la bande interdite et longueur d'onde d'une LED à hétérojonction.

	$\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$	$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$	$\text{GaIn}_{1-x}\text{P}$
E_g (eV)	1,42 - 1,55	0,73 - 1,35	1,82 - 1,94
λ (μm)	0,80 - 0,87	0,9 - 1,7	0,64 - 0,68

III.6 Applications des diodes LED à hétérojonction :

Comme les régions spectrales les plus intéressantes pour les fibres en silice se situent autour de 1,3 et 1,55 μm , on utilise souvent les composés du type $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$.

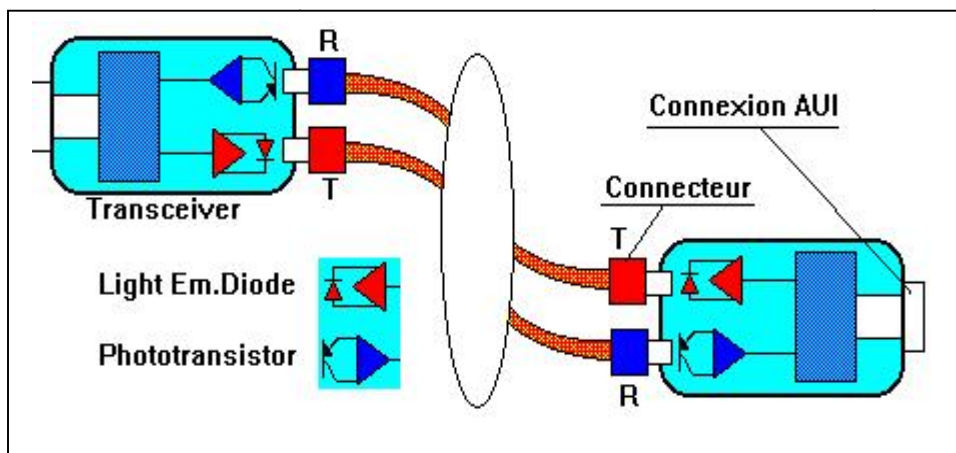


Fig.III.03 : Transmission par fibre optique par LED.

III.7 Conclusion:

Nous concluons de cette étude qu'avec des structures à hétérojonction nous pouvons obtenir des longueurs d'onde particulières en modifiant les structures et les concentrations, et que l'application des diodes LED à hétérojonction est très importante surtout dans la transmission par fibre optique.

Conclusion général

Conclusion général

Les diodes électroluminescentes représentent un potentiel important pour la lumière du futur, elles sont devenues en très peu de temps des produits incontournables grâce notamment aux systèmes LED optimisés, plus efficaces, plus lumineux, plus sûrs, plus faciles à utiliser et, en parallèle, avec une durée de vie plus accrue et une consommation réduite.

La lumière de diode LED à une longueur d'onde en accord avec l'énergie de gap E_g .

Lorsqu'on a besoin d'une longueur d'onde particulière, la structure homo jonction n'est pas satisfaisante, on doit avoir recours à la structure hétérojonction, où en changeant les compositions et les concentrations nous pouvons obtenir ces longueurs d'onde.

A terme, les LED de haute efficacité, équipées de systèmes optiques performants, contribuent, par les économies d'énergie qu'elles réalisent, à un meilleur développement durable pour des applications bien ciblées.

Références bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Dimitri. G.**, coures7 introduction des composants à semi-conducteur, Octobre, dècembre2005.
- [2] **Benayad. A, Guendouz. D.**, électronique générale « cours et exercices résolus », office des publications universitaires, place centrale de ban-Aknoun (Alger), édition 3ème, 2006.
- [3] **Dr. Abdelkader. H.**, Notions Fondamentales pour l'électricité et l'électronique « cours et exercices résolus », Telemcen, Algeria, 1ér Edition 2012.
- [4] **Raphael. W.**, Eclairage à diode électroluminescente LED-plus qui une nouvelle technologie d'éclairge, philips sasuisse, Août 2003.
- [5] **avis. A.**, l'éclairage à diodes électroluminescente (LED), février2013.
- [6] **Ben G., Streetman et Sanjay Banerjee**, Prentice hall, édition 5ème, 2000.
- [7] **Abdelali. A.**, Thèse magister en physique, université mentouri Constantine ,2007.
- [8] **Hamroun. A.**, chapitre II étude de l'hétérojonction, 2002.
- [9] **Kressl. H.**, Martial for hétérojonction devices, RCA laboratoires, Princeton, new jersey 08540,1980.
- [10] **Protégé**, basics of hétéro structures, 2000.

Résumé

Parmi les diodes nous trouvons la diode normale et la diode émettrice de lumière à une longueur d'onde λ en accord avec (E_g).

Lorsqu'on a besoin d'une longueur d'onde particulière, la structure homo jonction n'est pas satisfaisante, on doit avoir recours à la structure hétérojonction, où en changeant les compositions et les concentrations nous pouvons obtenir ces longueurs d'onde.

Mots clés: diode à jonction, diode LED, longueur d'onde, homojonction, hétérojonction.

Lorsqu'on a besoin d'une longueur d'onde particulière, la structure homojonction n'est pas satisfaisante, on doit avoir recours à la structure hétérojonction, où en changeant les compositions et les concentrations nous pouvons obtenir ces longueurs d'onde.

Mots clés: diode à jonction, diode LED, longueur d'onde, homojonction, hétérojonction.

Abstract

Among the diodes we find normal diode and light emitting diode with a wavelength λ in accordance with (E_g) . When we need a particular wavelength, the homo junction structure is not satisfactory, so we must have recourse to the hétérojunction structure, where we change in the compositions and concentrations so we can get these wavelengths.

Keywords: Junction diode, diode LED, wavelength, homo junction, hétérojunction.

Among the diodes we find normal diode and light emitting diode with a wavelength λ in accordance with (Eg). When we need a particular wavelength, the homo junction structure is not satisfactory, so we must have recourse to the hétérojunction structure, where we change in the compositions and concentrations so we can get these wavelengths.

Keywords: Junction diode, diode LED, wavelength, homo junction, hétérojunction.

الملخص

من بين الثنائيات نجد الثنائي العادي والثنائي المضىء حيث أن كل ثنائي مضىء يتميز انبعائه بطول

(Eg) $\lambda = 650 \text{ nm}$

عند احتياجنا لطول موجي خاص الوصلة المتجانسة لا تقي بالغرض لذا نلجأ إلى الوصلة الغير متجانسة حيث تغيير التراكيب n_1, n_2 كيز يمكننا من الحصول على هذه الأطوال الموجية.

الكلمات المفتاحية : الثنائيات λ n_1 n_2 d θ ϕ α β γ δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$ π ρ σ τ υ ϕ χ ψ ω δ ϵ ζ η θ ι κ λ μ ν ξ $\omicron$

من بين الثنائيات نجد الثنائي العادي والثنائي المضىء حيث أن كل ثنائي مضىء يتميز انبعائه بطول

(Eg) $\lambda \gg \lambda_c$

عند احتياجنا لطول موجي خاص، الوصلة المتجانسة لا تقي بالغرض لذا نلجأ إلى الوصلة الغير متجانسة، حيث تغيير التراكيب [1][2] كيز يمكننا من الحصول على هذه الأطوال الموجية.

[illegible]