

N° d'ordre :
N° de série :

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES MATHÉMATIQUES
ET DES SCIENCES DE LA MATIÈRE
Département de physique



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Matière

Filière : Physique

Spécialité : Rayonnement et Spectroscopie et Optoélectronique

Présenté par : **BAHI Ouafa**

Thème

**les semiconducteurs binaires utilisés dans les
composants optoélectronique**

Soutenu le : 01/06/2013

Soutenu publiquement

Le : /06/2014

Devant le jury composé de :

Pr. BOUKRAA Aomar	Prof	Président	UKM OUARGLA
M BENTOUILA Omar	MAA	Examineur	UKM OUARGLA
Pr. AIDAI Kamal Eldine	Prof	encadreur	UKM OUARGLA

Année Universitaire : 2013/2014

DÉDICACE

Je dédie ce travail :

A ma mère et mon père

A mes sœurs belles sœurs: Hadjer ,Safa ,Hayet ,Sana Hana

A mes frères beaux frères : Moetaz Bellah , Sami

A toute famille Bahi

A mes chers parents

A ceux que j'aime

REMERCIEMENTS

J'adresse mes vifs remerciements à mon Encadreur Pr Kamal Eldine Aidi pour m'avoir constamment guidé tout long de mon projet et pour les précieux conseils qu'ils m'ont donnés, et pour leurs serviabilités, leurs disponibilités et leurs conseils constructifs.

Je tiens à remercier, le président de jury, Dr Aomar BOUKRAA, et l'examineur, Messieu Aomar BENTOUILA, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de juger ce travail.

A la même occasion, nous remercions l'équipe de la bibliothèque de département

où j'ai accompli ce travail, pour leurs aides et leurs conseils.

SOMMAIRE

Remerciements.....	
Dédicace.....	
Sommaire.....	I
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	V
Introduction générale.....	1
<u>CHAPITRE I: Généralité sur les matériaux semiconducteur binaires</u>	
I-1 Introduction.....	3
I-2 Définition les matériaux semi conducteur binaire.....	3
I-3 les propriétés Physique des semi conducteurs binaires.....	3
I -3-1 Proprietes structurale.....	3
I-3-2 paramètre de maille et le bande interdite.....	5
I- 3-3 Propriétés électronique.....	6
I .4 Proprietes optique	8
I .5 Les groupes semiconducteurs binaires.....	9
Références de chapitre I	15
<u>CHAPITRE II: Introduction sur les composants optoélectronique</u>	
I-1 Introduction.....	19
II-2 .Matériaux semi-conducteurs pour l'optoélectronique	19
II-3 Interactions matière-rayonnement dans les semi conducteurs.....	20
II-4 :les émetteurs (les sources) :LED et Laser à semi-conducteur.....	21
II-4. 1 :Diode électroluminescence (LED).....	21
II-4-2 : le diode Laser.....	22
II-5- L'amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA).....	24
II-6-Photo -détecteur (photo réception.).....	24
Références de Chapitre II.....	28
<u>CHAPITRE III: Les composants optoélectronique à semiconducteurs binaires</u>	
III-1-Introduction.....	29
III-2-Classification les composés semiconducteur binaires.....	30
III-3- Courbe et discussions	32
III.3-1 Groupe A.....	32
III.3-1 Groupe B.....	35

III-4- Les composants optoélectronique utilisant les composées binaires.....	39
III-4-1-Cellule photovoltaïque.....	39
III-4-2-Diode laser.....	40
III.4-3-Amplificateur optique a semiconducteur (SOA)	41
III-4-4- Diode électroluminescentes LEDs.....	42
Conclusion Générale.....	43
Références de Chapitre III.....	44

Liste des figures

Figure I- 1 structure Zinc-Blende (ZB)	4
Figure I- 2 Première zone de Brillouin de la structure zinc blende	4
Figure I-3 structure Wurtzite(w)	4
Figure I-4 structure Rocksalt(NaCl)	5
Figure I-5 Energie de la bande interdite de plusieurs familles de semi-conducteurs en fonction de la constante de maille	6
Figure I-6 Structure de bande d'énergie du : A -gap indirect et B -gap direct	7
Figure I-7 Bandes d'énergies pour les matériaux (a, b), semi-conducteur(c), isolateur(d)	8
Figure I-8 les transitions optiques directes et indirecte	8
Figure II-1 La variation de la longueur d'onde en fonction du gap	19
Figure II-2 Absorption, émission spontanée et émission stimulée.	20
Figure II-3 polarisation directe LED	21
Figure. II-4 La caractéristique (I_F)(V_F)	21
Figure II-5 Diagramme de chromaticité. Sur les bords du diagramme se trouvent les couleurs monochromatiques. La lumière blanche est au centre du diagramme. Les triangles numérotés de 1 à 3 correspondent aux coordonnées chromatiques de DELs bleue, verte et rouge respectivement.	22
Figure II-6 Schéma d'un system laser	23
Figure II-7 schéma de bases diode laser	23
Figure II-8 Puissance lumineuse en fonction du courant injecté	24
Figure II-9 principe photodiode PN	25
Figure II-10 Mode photovoltaïque Mode photoconducteur	25
Figure II-11 Caractéristique courant-tension d'une cellule solaire	26
Figure III-1 présente la variation du nombre d' articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à GaAs	32
Figure III-2 présente la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à GaN	33
Figure III-3 présente la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à CdTe	34
Figure III-4 présente la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à SiC	35

Figure III-5 présente la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à CdSe	36
Figure III-6 présente la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à SiGe	37
Figure III-7 présente la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à GaSb	

Liste des Tableaux

Tableau I-1 les semiconducteurs binaires groupe III-V	10
Tableau I-2 Les semiconducteurs binaires groupe II- VI	11
Tableau I-3 Les semiconducteurs binaires groupe I-VII	12
Tableau I-4 Les semiconducteurs binaires groupe IV- VI	13
Tableau I-5 Les semiconducteurs binaires groupe IV- I	13
Tableau I-6 Les semiconducteurs binaires groupe XI-VI	14
Tableau I-7 Les semiconducteurs binaires groupe I-V	14
Tableau I-8 Les semiconducteurs binaires groupe X-VI	14
Tableau III-1 Les composés du groupe C	30
Tableau III-2 les composés du groupe D	31
Tableau III-3 les avantages, les problèmes et les solutions pour chaque composant	39
Tableau III-4 les différents composés de la diode laser avec des exemples de structure et longueur d'onde.	41

Introduction Générale

Introduction Générale

Le monde des semi-conducteurs est dominé, en termes de marché, par le silicium. Ce dernier a été l'un des premiers matériaux utilisés (avec le germanium) pour fabriquer des composants électroniques.

Dans les années 1960, une nouvelle famille est apparue, celle des matériaux III-V comme les alliages binaires comme le GaAs, ternaires comme le InGaP, quaternaires comme le AlGaAsP.

Les composants fabriqués à partir de ces semi-conducteurs, surtout les composés binaires comme GaAs qui ont des propriétés physiques remarquables, jouent un rôle majeur dans les applications dans le domaine de l'optoélectronique et microélectronique.

En générale, les composés semi-conducteurs binaires sont considérés comme une classe importante des matériaux et cela grâce à l'ajustement de leur paramètre du réseau, le gap énergétique, les constantes optiques et diélectriques qui sont des paramètres importants et jouent un rôle important dans les composants optoélectronique.

Une connaissance précise de la structure de bandes du matériau étudié est nécessaire pour l'évaluation de son domaine d'application, les transitions directes (l'absorption et émission spontanée, émission stimulée d'un photon) et les transitions indirectes en fonction de la composition sont particulièrement d'une importance principale pour l'étude et la fabrication des composants optoélectronique bien désiré.

Comme les matériaux binaires sont principaux, par leurs larges applications dans les cellules photovoltaïques, les photodiodes, et les dispositifs optoélectroniques tels que les Diodes Electro Luminescentes (DEL) ou Diode laser (DL). Les chercheurs veulent progresser ces composants en exécutant des nouvelles études afin d'améliorer leurs propriétés.

Le but de ce travail, est d'avoir une connaissance détaillée des travaux faits dans le domaine qui peut aider les chercheurs à tracer leurs chemins de travail pour l'amélioration des composants optoélectronique.

Dans le premier chapitre nous présenterons une généralité sur les semi-conducteurs binaires et leurs propriétés.

Le deuxième chapitre sera destiné à introduire les composants optoélectroniques, les détecteurs et les sources et leurs propriétés optoélectroniques.

Enfin, nous exposons dans le troisième chapitre notre travail de recherche en discutons les résultats du travail.

Et nous terminerons par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les propriétés des semi-conducteurs binaires

I- 1-Introduction

Les semi-conducteurs désignent les matériaux capables de relayer du courant électrique en ayant des propriétés physiques à mi-chemin entre le métal et l'isolant. Ce sont des éléments essentiels de l'électronique et de l'informatique modernes puisqu'ils permettent de contrôler à la fois la direction du courant et son intensité.[1]

La famille des semi-conducteurs est très vaste puisqu'elle va des éléments du colonne du tableau périodique IV, Si et Ge aux composés de plusieurs colonnes tels que : binaires ternaires, et quaternaires.

Dans ce chapitre, nous allons rappeler les quelques propriétés physiques des matériaux semi-conducteurs binaires.

I-2- Définition des semi-conducteurs binaires

Les semi-conducteurs binaires sont composés de deux atomes dont la somme d'électrons de valence des deux atomes égale à huit.

Les semi-conducteurs binaires les plus courants sont les semi-conducteurs composés d'éléments des colonnes III-V et II-VI du tableau périodique.

I- 3 - Les propriétés Physiques des semi-conducteurs binaires

I -3-1- Propriétés structurales : Structure cristalline [2]

Les semi-conducteurs se présentent sous plusieurs compositions chimiques avec une grande variété de structures cristallines.

- **Structure Zinc Blind**

La plupart des matériaux semi-conducteurs binaire III-V et quelques matériaux II-VI ont une structure Zinc-Blende (ZB) (Figure I-1). Cette structure est constituée de deux sous réseaux cubique faces centrée (cfc) .

La première zone de Brillouin pour la structure zinc-blende à la forme d'un octaèdre tronqué (Figure I -2).

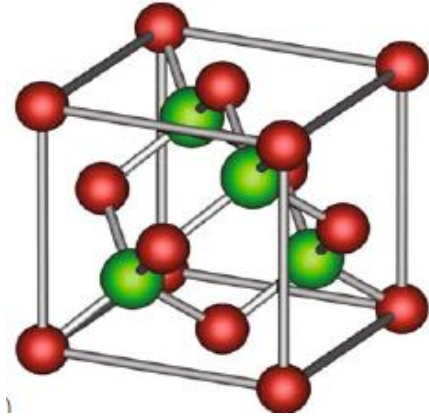


Figure I- 1 : structure Zinc-Blende (ZB)

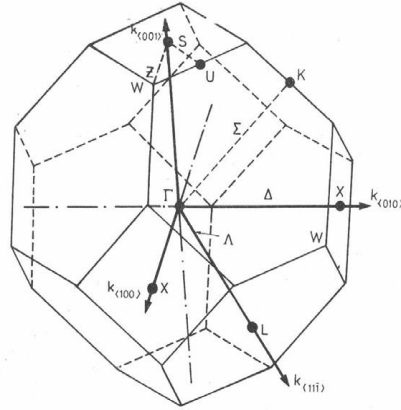


Figure I- 2: Première zone de Brillouin de la structure zinc blende

- **Structure Wurtzite**

Quelques composés binaires semi-conducteurs II-VI tels que le ZnS se cristallisent Wurtzite (Figure I-3). La structure Wurtzite est hexagonale.

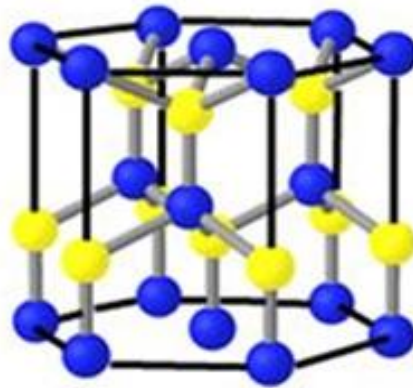


Figure I-3 : structure Wurtzite(w)

- **Structure de Rocksalt**

Le Rocksalt (rs) ou structure NaCl a une base diatomique, l'atome de Cl et l'atome de Na consiste un treillis de FCC.(Figure I-4).

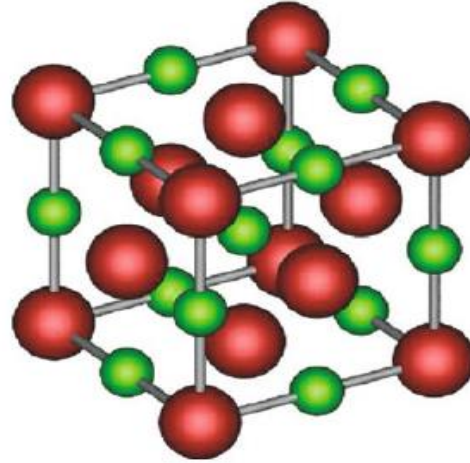


Figure I-4 : structure Rocksalt(NaCl)

I -3-2 -le constante de maille et le bande interdite

La constante de maille est définie comme étant la distance séparant deux mailles consécutives, notée a sur la (figure I-5) [3]. Les bandes interdites et les constantes de maille des principaux semi-conducteurs sont représentées dans la (figure I.5.) Les points indiquent les valeurs pour les binaires et les lignes uniquement l'évolution de ces paramètres en fonction matériau. [4].

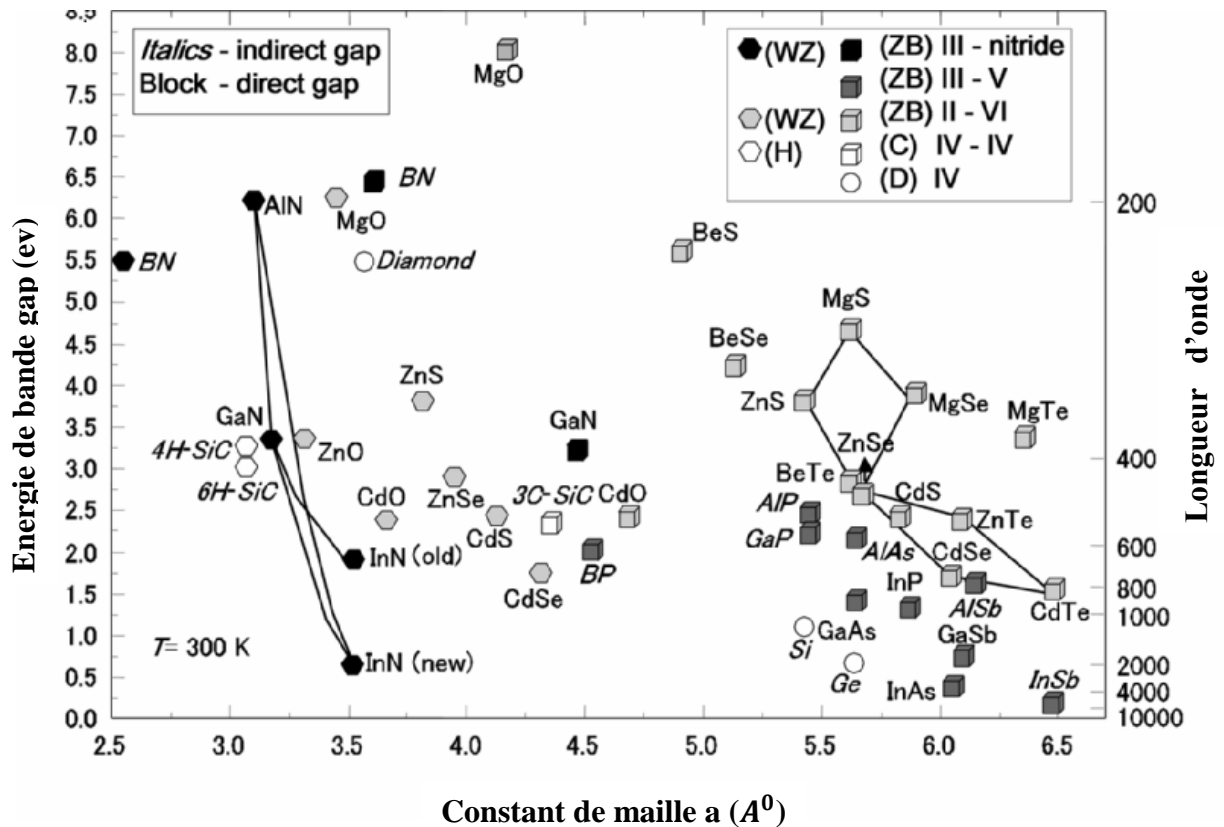


Figure I -5 : Energie de la bande interdite de plusieurs familles de semi-conducteurs en fonction de la constante de maille [5]

I -3-3 - Propriétés électroniques

La structure de bande est la relation entre l'énergie de la particule et son vecteur d'onde k dans les directions de plus hautes symétries de la première zone de Brillouin. Elles se décomposent en bandes de valence et bande de conduction. la bande de valence est la plus basse, la bande de conduction est la plus haute et la bande interdite ou le gap [6]. Ce gap correspond à l'énergie nécessaire au système pour faire passer un électron de la bande de valence à la bande de conduction. Le gap est par définition la largeur de la bande interdite, c'est-à-dire la différence d'énergie entre le minimum absolu de la bande de conduction et le maximum absolu de la bande de valence. Dans les semi-conducteurs à gap direct, le minimum central de la bande de conduction correspond à des électrons de faible masse effective, donc très mobiles. Les semi-conducteurs à gap indirect, leur bande de conduction correspond à de grande masse électrons effective, donc ayant une faible mobilité (Figure I-6) [7].

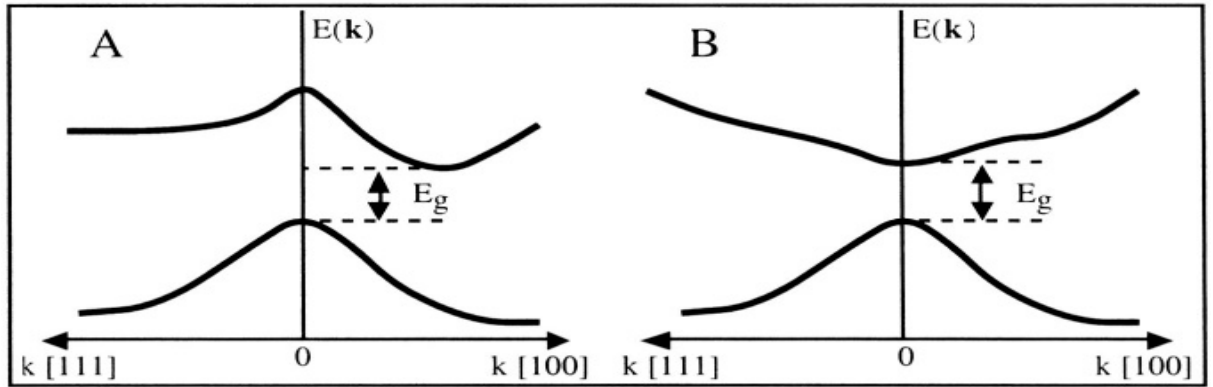


Figure I-6 : Structure de bande d'énergie du : **A**-gap indirect et **B**-gap direct[8]

La plupart des matériaux binaires possèdent un gap direct. Dans ce cas le minimum de la bande de conduction et le maximum de la bande de valence sont pour un même point k de la zone de Brillouin.

La largeur du gap varie en fonction de la température, généralement, cette variation est donnée par l'équation de Varshni [9] :

$$E_g(T) = E_g(0) - \frac{\alpha T^2}{(T+\beta)} \quad (\text{I.1})$$

où $E_g(0)$ est l'énergie de bande interdite pour $T=0$ K, α et β sont des paramètres servant à décrire la variation de la bande interdite en fonction de la température.

En générale, les semi conducteurs ont une bande énergétique entre zéro et 4 eV. Le diamant, par exemple, possède un gap de 5.5 eV, mais encore considéré comme un semi-conducteur. Les matériaux qui ont $E_g = 0$ s'appellent les semimetals comme HgS, HgTe. Les semi-conducteurs qui ont $0 < E_g \leq 0.5$ eV s'appellent les semi-conducteurs étroits d'espace comme PbS, PbSe. Dans la gamme $0.5 \text{ eV} < E_g \leq 2 \text{ eV}$, on trouve les semi-conducteurs les plus importants pour le domaine optoélectronique comme GaAs, Ge, Si (Figure I-7).

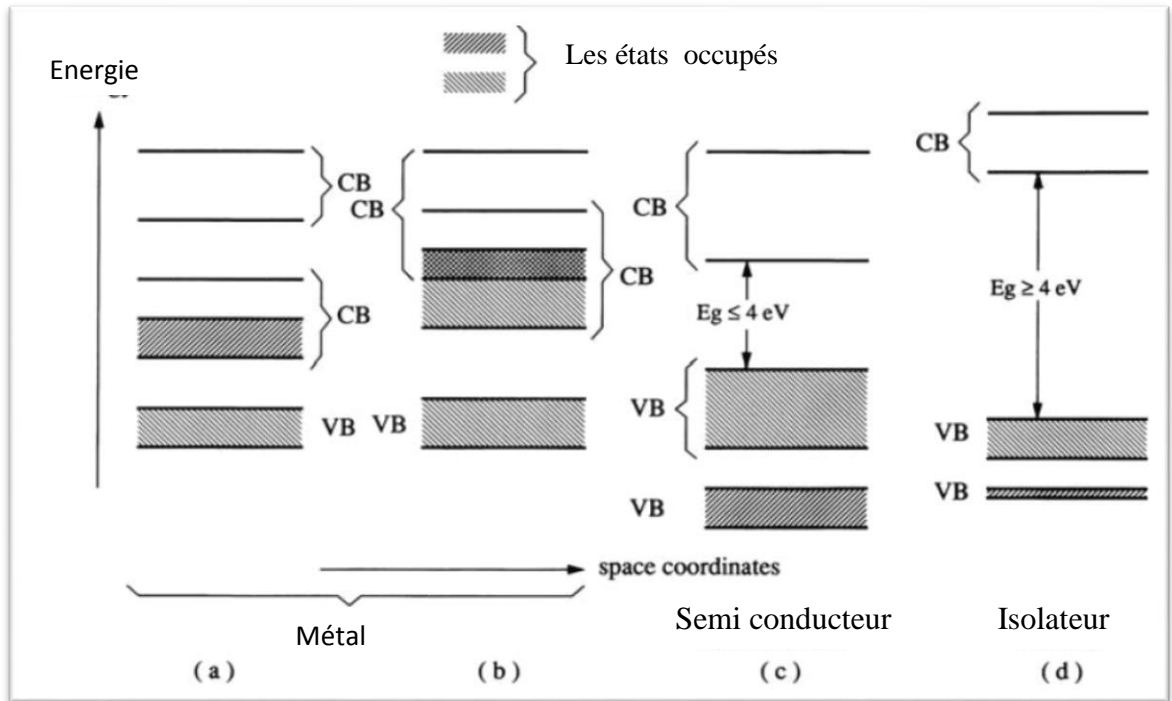


Figure I-7 : Bandes d'énergies pour les matériaux (a ,b),semi-conducteur(c), isolateur(d)

I -4 - Propriétés optiques

L'interaction d'un électron avec un photon se fait, comme toute interaction, avec conservation de l'énergie et du vecteur d'onde. Les transitions optiques directes entre les extrêmes des bandes de valence et de conduction apparaissent verticales radiatives dans le diagramme de bande des électrons. Dans le cas d'un semi-conducteur à bande interdite indirecte, les transitions optiques à travers le gap ne peuvent avoir lieu que grâce à une interaction supplémentaire : transitions obliques (non radiatives).(Figure I-8)

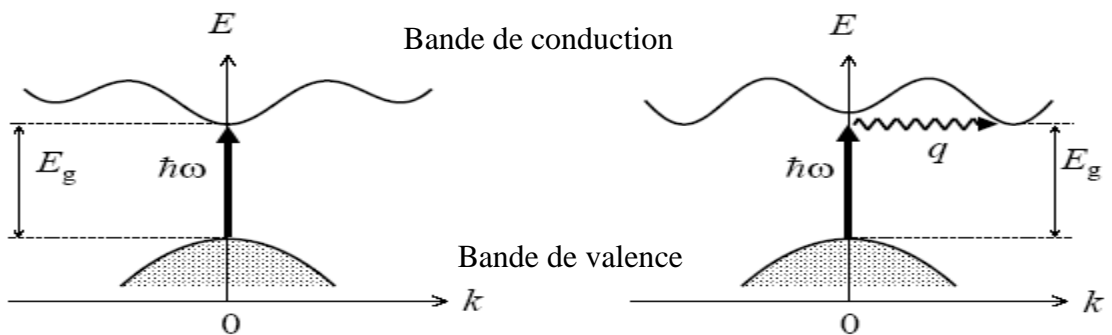


Figure I-8 : les transitions optiques directes et indirecte[10]

-Les caractéristiques optiques des matériaux sont :

Le coefficient de réflexion R :

$$R = \frac{(n-1)^2 + \chi^2}{(n+1)^2 + \chi^2} \quad (I.2)$$

Où χ est le coefficient d'extinction

et le coefficient de transmission T :

$$T = \frac{4n}{(n+1)^2 + \chi^2} \quad (I.3)$$

Où n est : l'indice de réfraction

En générale, l'indice de réfraction est lié à la constante diélectrique par la relation : ($n \approx \sqrt{\epsilon_r}$).

I-5 - Les groupes semi-conducteurs binaires

Nous représentons quelques paramètres caractéristiques pour les différentes familles des matériaux semi conducteurs binaires (T=300K°) :

- Les semiconducteurs binaires groupe III-V.
- Les semiconducteurs binaires groupe II-V.
- Les semiconducteurs binaires groupe I-VII.
- Les semiconducteurs binaires groupe IV-IV.
- Les semiconducteurs binaires groupe IV-VI.
- Les semiconducteurs binaires groupe XI-VI.
- Les semiconducteurs binaires groupe I-V.
- Les semiconducteurs binaires groupe X-VI.

Note : (les paramètres) : Eg (gap(ev)) ; Dir (direct) ; Ind (indirect)

ϵ_r (constante diélectrique) ; n_r (indice réfraction) ; μ_e et μ_t (la mobilité électron et la mobilité trou ($cm^2/V.S$)) ; a (constante de maille(A°))

le composant	$E_g(\text{ev})$	dir/indir	a (Å°)	Structure	n_r	ϵ_r	μ_e	μ_t
AlN	6,28[11]	dir[11]	3,111[2]	w[2]	3,32[2]	-	-	-
ALP	2.53 [2]	dir[11]	5,462[2]	zb[2]	3[2]	-	80[2]	-
ALAS	2,228[11]	indir[11]	5,66[15]	zb[2]	2,97[15]	12[15]	1000[2]	80[2]
ALSB	1,5;; [12]	indir[11]	6,335[2]	zb[2]	3,4[2]	-	200[2]	300[2]
GaP	2,35[11]	indir[11]	5,45[2]	zb[2]	3,37[17]	10.1 [12]	-	-
GaN	3,44[13]	dir[11]	3,189[2]	w[2]	2,4[17]	9[17]	1500[2]	-
GaAs	1,42 [2]	dir[11]	5,653[2]	zb[2]	3,4[17]	12,8[17]	8500[2]	400[2]
GaSb	0,72 [2]	dir[11]	6,478[2]	zb[2]	3,9[2]	12.5 [12]	5000[2]	1000[2]
InN	0,9;2,2[2;11]	dir[11]	6,058[2]	w[2]	-	-	-	-
InP	1,35[11]	dir[11]	3,615[2]	zb[2]	3,37[2]	-	4000[2]	600[2]
InSb	0,18;0,237[12;11]	dir[11]	6,478[2]	zb[2]	3,75[2]	15.9 [12]	100000[2]	1700[2]
InAs	0,33;;0,418[12; 11]	dir[11]	6,058[2]	zb[2]	3,42[2]	-	22600[2]	200[2]
BN	7,5[2]	indir[19]	3,6155[15]	zb[15]	-	-	-	-
BAAs	1,25[22]	indir[19]	4,777[15]	zb[15]	-	-	-	-
BSb	0.75[19]	indir[19]	5.252[19]	zb[19]	-	-	-	-

Tableau I-1 les semiconducteurs binaires groupe III-V

Le composant	E_g (ev)	Dir /indir	a(A°)	Structure	n_r	ϵ_r	μ_e	μ_t
ZnO	3,2;3,4;3,437[12;2;11]	dir[11]	3,25[2]	w [1]	2,02[15]	7,9[15]	125[14]	
ZnS	3,7;3,6;3,91[12;2;11]	dir[11]	5,41[2]	Zb[2]	3,75		165[14]	5[14]
ZnSe	2,6;2,58;1,82[12;2;11]	dir[11]	5,6686[2]	Zb[2]	2,89[15]	8,1[15]	500[14]	30[14]
ZnTe	2,1;2,25;2,39[12;2;11]	dir[11]	6,103[2]	Zb[2]	3,56[15]	9,7[15]	340[14]	7[15]
CdO	2,16;0,8[2;11]	indir[11]	4,7[2]	rs [2]	2,32[22]	-	-	-
CdS	2,42;2,58;2,514[2;11;13]	dir[11]	4,162]	w [2]	2,5[15]	8,9[15]	340[14]	340[14]
CdSe	1,7;1,73;1,84[12;2;11]	dir[11]	6,5[2]	Zb[2]	2,49[22]	10,6[15]	650[14]	
CdTe	1,5;1,6[12;11]	dir[11]	6,4816[2]	Zb[2]	2,75[15]	10,9[15]	1050[14]	100[14]
HgS	0[11]	dir[11]	5,852[2]	Zb[2]	-	-	50[2]	-
HgSe	0,6;-0,15;0[12;2;11]	dir[11]	6,084[2]	Zb[2]	-	-	18500[2]	-
HgTe	(-0,15);0[2;11]	dir[11]	6,461[2]	Zb[2]	3,7[2]	-	22000[2]	100[14]
CaS	5,4[12]	-	-	-	2,05[19]	-	-	-
CaSe	5[12]	-	-	-	2,09[22]	-	-	-
CaTe	4,3[12]	-	-	-	2,17[22]	-	-	-
SrO	5,8[12]	-	-	-	1,87[22]	-	-	-
SrS	4,8[12]	-	-	-	2,11[22]	-	-	-
SrSe	4,6[12]	-	-	-	2,13[22]	-	-	-
SrTe	4[12]	-	-	-	2,21[22]	-	-	-
BaO	4,2[12]	-	-	-	1,98[22]	-	-	-
BaS	4[12]	-	-	-	2,21[22]	-	-	-
BaSe	3,7[12]	-	-	-	2,38[22]	-	-	-

BaTe	3,4[12]	-	-	-	-	-	-	-
BeS	2,75[18]	Indir[18]	-	-	-	-	-	-
BeSe	2,39[18]	Indir[18]	-	-	-	-	-	-
BeTe	1,8[18]	Indir[18]	-	-	-	-	-	-
MgS	-	-	5.62[6]	rs[26]	2,11[22]	-	-	-
MgSe	5,6[12]	-	5.91[6]	rs[26]	2,03[22]	-	-	-
MgTe	4,7[12]	-	6.42[6]	W[26]	2,12[22]	-	-	-
CaO	6,15[7]	-	-	-	1,84[22]	-	-	-
MgO	7,3[2]	-	-	rs[2]	1,74[22]	-	-	-

Tableau I.2: Les semiconducteurs binaires groupe II- VI

Le composant	E_g(ev)	Dir /indir	a (Å°)	Structure	n_r	ε_r	μ_e	μ_t
CuBr	2.9;3.077[12;11]	dir[11]	-	-	-	-	-	-
CuCl	3.395[11]	dir[11]	-	-	-	-	-	-
CuL	3.115[11]	dir[11]	-	-	-	-	-	-
AgCl	3.249[11]	dir[11]	-	-	-	-	50[22]	-
AgBr	2.684[11]	indir[11]	-	rs[2]	-	-	-	-
AgL	2.8;3.024[12;11]	dir[11]	-	-	-	-	-	-

Tableau I.3: Les semiconducteurs binaires groupe I-VII

Le composant	$E_g(\text{ev})$	Dir /indir	a (A°)	Structure	n_r	ϵ_r	μ_e	μ_t
PbO	2.3[12]	-	-	rs[2]	-	-	-	-
PbS	0.40; [12]	dir[15]	5,93[15]	rs[2]	3.7[15]	170[15]	550[15]	600[15]
PbSe	0.25[12]	dir[15]	6,124[15]	rs [2]	-	250[15]	1020[15]	930[15]
PbTe	0.31[12]	dir[15]	6.46[15]	rs [2]	3.8[15]	412[15]	1620[15]	750[15]
GeS	1.8[19]	dir[23]	-	rs [.23]	-	-	-	-
GeSe	1.53[23]	dir[23]	[23]4.4	rs.[23]	-	-	-	-
GeTe	0.1[23]	dir[23]	3.0[22]	rs [23]	-	-	-	-
SnSe	0.89[21]	indir[21]	4.46[22]	rs[23]	-	-	-	-
SnS	1.3; [12]	indir[]	4.34[23]	rs[23]	-	-	-	-
SnTe	0.5 [23]	dir[23]	6,32[23]	rs [23]	-	-	-	-

Tableau I-4 Les semiconducteurs binaires groupe IV- VI

Le composant	$E_g(\text{ev})$	Dir /indir	a(A°)	Structure	n_r	ϵ_r	μ_e	μ_t
SiC	2.3; [12;]	-	3.08 [16]	w[11]	-	9.7[17]	380[17]	70[17]
SiGe	1.2 [20]	-	5.45 [24]	Zb [24]	-	-	-	-
SiSn	-	Indir[25]	5.9[24]	Zb[24]	-	-	-	-
GeSn	-	Dir[25]	6.22[24]	Zb[24]	-	-	-	-

Tableau I-5 Les semiconducteurs binaires groupe IV- IV

Le composant	Eg(ev)	Dir /indir	a(A°)	Structure	n_r	ϵ_r	μ_e	μ_t
CuS	2.15[28]	-	-	-	2.44[28]	-	-	-
CuO	1.5 [27]	dir[27]	-	-	-	-	-	-

Tableau I-6 Les semiconducteurs binaires groupe XI-VI

Le composant	Eg(ev)	Dir /indir	a(A°)	Structure	n_r	ϵ_r	μ_e	μ_t
KSb	0.9[12]	-	-	-	-	-	-	-
CsSb	0.8 [12]	-	-	-	-	-	-	-

Tableau I-7 Les semiconducteurs binaires groupe I-V

le composant	Eg(ev)	Dir /indir	a(A°)	Structure	n_r	ϵ_r	μ_e	μ_t
MnTe	[1.3- 1.27][29]	-	-	-	-	-	-	-
NiO	3.8[30]	-	-	-	-	-	-	-

Tableau I-8 Les semiconducteurs binaires groupe X-VI

Conclusion

Dans le premier chapitre, nous avons regroupé quelques propriétés générales des matériaux binaires que nous allons étudier et les caractéristiques de ces matériaux en insistant spécialement les propriétés des structures électroniques et propriétés optiques.

Références de Chapitre I

- [1] <http://www.journaldunet.com/solutions/dossiers/pratique/semiconducteurs.shtml>.05/05/2014. 20:30.
- [2] Marius Grundman: Graduate texts in physics. The physics of semiconductor. An Introduction Including Nanophysics .second edition .springer
- [3] BECHIRI. Abderrachid..Effet du des ordre et du substrat sur la structure electronique dans les alliages semiconducteurs III-V. thèse doctora .université mentouri .UMC (ALGERIE).2006
- [4] Rémi BENEYTON.sur l'incorporation du thallium dans une matrice III-V : preparation de GaTIAs ET InTIAs par EJM. thèse doctora .2004
- [5] Noudjoud LEBGA. Propriétés structurales, élastiques et optiques de semiconducteurs à grand gap :Les composés B-V, les alliages $Zn_xCd_{1-x}Se$ et $ZnSe_{1-x}Tex$, le β -SiC thèse doctora.2011
- [6] Nawel. BAGHDADLI etude des proprietes optoelectronique des semiconducteur III-V a base de Galium. thèse magister. tlemsen . 2009
- [7] Nawel. BAGHDADLI. Évolution Du paramètre exciton de BOHR EN FONCTION DES Propriétés Optoélectroniques des semiconducteurs III-V. thèse doctora.
- [8] Alain Ricaud, Convertisseurs photovoltaïques, 2007
- [9] Fabien GUILLOT . Développement de nanostructures à base de semiconducteurs III-Nitrides pour l'optoélectronique infrarouge. thèse doctora .l'Université Joseph Fourier – Grenoble I.2007
- [10] Jérôme fais.introduction à la physique des semi-conducteurs. university de neuchatel .2001
- [11] Claus Klingshirn .semiconductor optics.seconde edition .springer
- [12] P.KiRééV.La Physique des semiconducteurs . édition 2.Moscou
- [13] A.jüngel. lecture Note physics .Transporte equation for semiconductors. Springer.2009
- [14] Jifeng Wang Ph.D., Minoru Isshiki Prof.16.Wilde-Bandgap II- V semiconductor :Growth and prperties. Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials.2007.

- [15] Irina Stateilkina. optoelectronic semiconductor device-principals and caractéristique. concordia university.
- [16] Sadao ADACHI.GUMMA properties of semiconductor alloys :Group semiconductor. university. Gummua. Japan.
- [17] samir zelmat. étude des propriétés électrique d'un matériau polyamide à haute température application à la passivation.des composant des puissance en carbure de silicium. Thèse doctorat .2006
- [18] abide –be rghout . Etude ab initio de composes et des alliage ternaire II-VI à base de béryllium. thèse doctora. 2007
- [19] fouad haj Hassan. Contribution a l'étude des propriétés électronique et structurales des composés a base de Bore et de cuivre . thèse doctora 2000
- [20] U.A.Bakshi A.P.Godse .Semiconductor Devices & Circuits.2008.p 67
- [21] Haluk SAFAK . Mustafa MERDAN. "O. Faruk Y"UKSEL. Dispersion Analysis of SnS and SnSe. Turk J Phys.2002
- [22] RR Reddy.et al..Opto-electronic propertes of semiconductors and alkali halides .Indian journale and AppLied physique. 2002.
- [23] Pantelija M. Nikolic. These doctora.some optical properties of lead-tin-chalgogenide alloys.1971.
- [24] Badal H. Elias. Structural, electronic, elastic, optical and thermodynamical properties of zinc-blende SiGe, SiSn and GeSn from first principles. Advances in Physics Theories and Applications.2013
- [25] Na. Amrane et al. Band structure calculation of GeSn and SiSn. Infrared Physics & Technology.1995
- [26] First principles study of structural phase stability of wide-gap semiconductors MgTe, MgS and MgSe. G. Gökoğlu et al. Computational Materials Science. Volume 47, Pages 593–598. 2009.
- [27] Hiroki Kidowaki et al. Fabrication and Characterization of CuO-based Solar Cells. Journal of Materials Science Research. Vol. 1. 2012 .

[28] Optical Properties and Band Offsets of CuS/ZnS Supperlattice. A.O. Awodugba, Ph.D.1 and A.A. Ibiyemi, M.Tech.2. 1Department of Pure and Applied Physics, Volume 13. Number 1. 2012 (Spring)

[29] AUTTASIT TUBTIMTAEa,et al. Boron-doped MnTe semiconductor-sensitized ZnO solar cells,

[30] MAREK GUZIEWICZ1 et al.Electrical and optical properties of NiO films deposited by magnetron sputtering. Optica Applicata, Vol. XLI, p 432-440. 2011.

Chapitre II

Introduction sur Les composants optoélectroniques à semi- conducteurs

II-1 Introduction

L'optoélectronique est un domaine qui touche les phénomènes optiques en relation avec les porteurs de charges généralement dans les semi-conducteurs et qui exploite essentiellement les phénomènes d'électroluminescence dans les semi-conducteurs pour les photoémetteurs et les phénomènes, en quelque sorte, inverses pour les photorécepteurs.

Dans ce chapitre nous présenterons une introduction générale sur ces composants ainsi que leurs propriétés optoélectroniques.

II-2 .Matériaux semi-conducteurs pour l'optoélectronique

Les matériaux semiconducteurs interviennent essentiellement dans les émetteurs et les détecteurs optoélectroniques.

Voyons quel est le domaine de longueurs d'onde en fonction de leurs applications.

Le choix du semi-conducteur sera en fonction de l'application visée :

Photodétecteur $E_g < \frac{hc}{\lambda}$ avec : $E_g = \frac{hc}{\lambda}$; h = constante de Planck

Emetteur $E_g \approx \frac{hc}{\lambda}$ c = vitesse de lumière ; λ = longueur d'onde

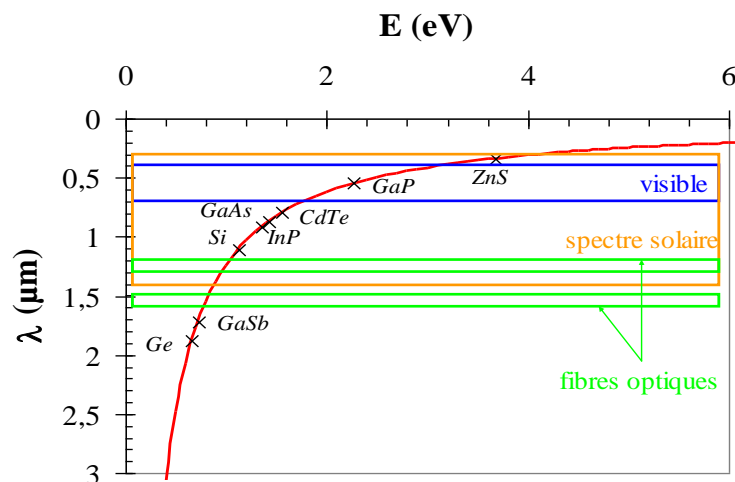


Figure II-1: La variation de la longueur d'onde en fonction du gap

II-3 Interactions matière-rayonnement dans les semi-conducteurs [31]

-Transmission radiative : émission et absorption de lumière par un semi-conducteur (Figure II-2).

-Transmission non radiative : transfert d'énergie par chaleur

➤ **Absorption :**

Absorption : lorsqu'un photon incident cède son énergie à un électron de la BV et le fait "monter" dans la BC, créant une paire électron-trou ; c'est un processus de génération radiative.

➤ **Emission spontanée :**

Emission spontanée où un électron "redescend" spontanément sur un état libre de la BV : c'est un processus de recombinaison radiative.

➤ **Emission stimulée :**

Emission stimulée : lorsqu'un photon incident induit la recombinaison radiative d'une paire électron-trou. Le photon émis a même phase et même direction que le photon incident ; pouvant être amplifié et exploité dans tous les types de LASER.

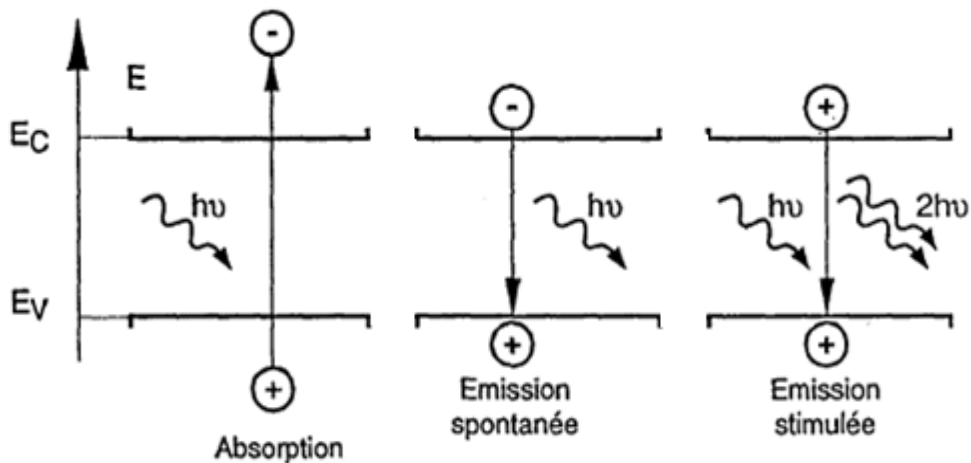


Figure II-2 Absorption, émission spontanée et émission stimulée.

II-4 : Les émetteurs (les sources)

II-4.1 : Diode électroluminescence (LED)

La diode lumineuse, généralement connue sous le nom de LED, est une jonction de semi-conducteur p-n. ; les différents métaux servants de base à la fabrication de ces diodes lumineuses sont choisis en fonction de la couleur de la lumière à produire, L'avancement significatif était rendu sur les matériaux à gap directs pour l'électroluminescence efficace. [32]

L'origine de l'émission de lumière dans la LED est la recombinaison spontanée des paires électrons/trous. Elle fonctionne sous une polarisation directe ($V > V_0$)(Figure II-3). Une LED se comporte électriquement comme une diode (Figure II-4).

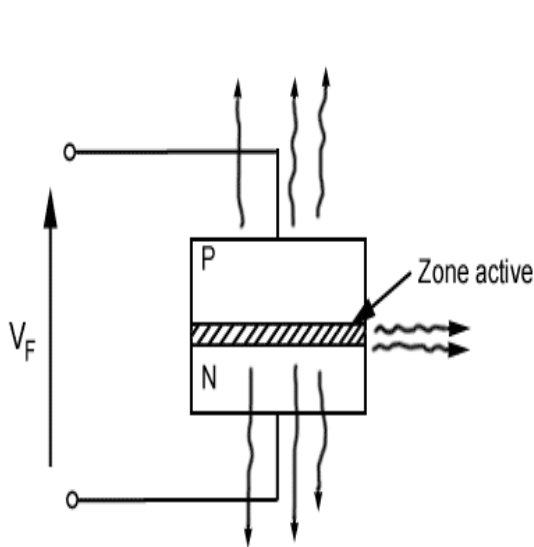


Figure II-3 : polarisation directe LED

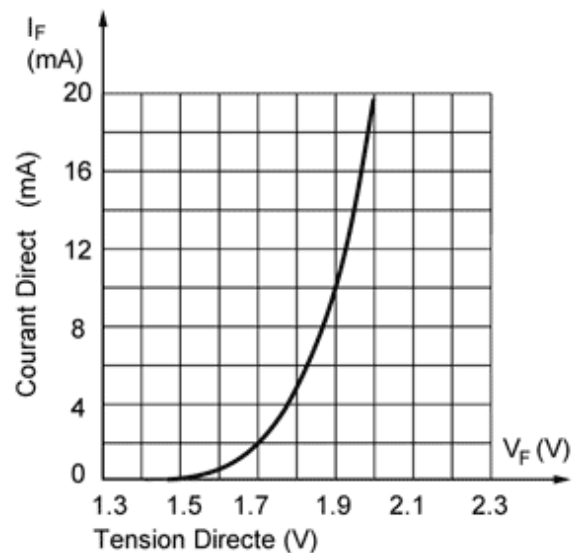


Figure. II-4 : La caractéristique (I_F)(V_F)

Elle est caractérisée par une longueur d'onde d'émission ($\lambda = hc/E_g$), une barrière de potentiel (V_0) de la jonction (tension de seuil) et une largeur spectrale : $\sim kBT$

On trouve des LEDs à usage générale dans les teintes bleu, verte, jaune orange, rouge et proche infrarouge ; on construit actuellement des LEDs à émission ultraviolette et à spectre blanc.(Figure II-5)

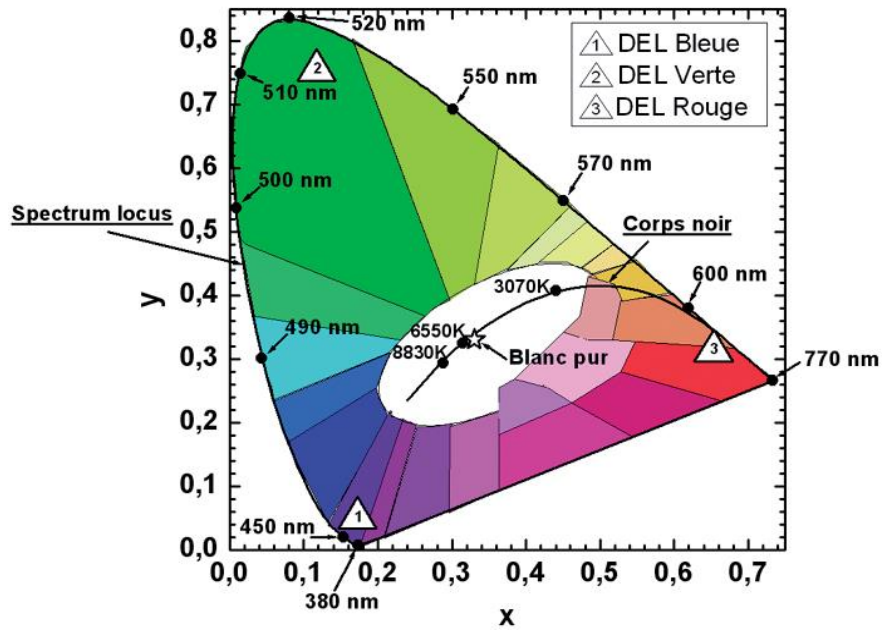


Figure II-5 : Diagramme de chromaticité. Sur les bords du diagramme se trouvent les couleurs monochromatiques. La lumière blanche est au centre du diagramme. Les triangles numérotés de 1 à 3 correspondent aux coordonnées chromatiques de DELs bleue, verte et rouge respectivement.

Elle s'allume de dix à cent fois plus rapidement que des sources de lumière à incandescence ($\sim 0,01$ sec), dégage de faible chaleur, résistante aux chocs et vibrations, a une longue vie (10 ans) et mort «progressive». En revanche, elle est plus chère que les technologies traditionnelles, dépend de la température et des conditions d'utilisation, a besoin d'un dispositif d'évacuation de la chaleur en cas de fonctionnement à température élevée. [33]

II-4-2 : La diode laser

Le laser (amplification optique par l'émission stimulée du rayonnement) basé sur le phénomène de l'émission stimulée, qui a été postulée par Einstein dans les années 1910. La lumière laser est intense et cohérente. Le principe du laser est illustré dans (figure II-6) [34]. Le milieu actif, d'où le laser prend son nom, peut être gaz, liquide, solide amorphe, ou semi-conducteur.

les trois principales composantes d'un laser sont les suivantes : un milieu actif et un mécanisme du pompage et un résonateur optique (Figure II-6)

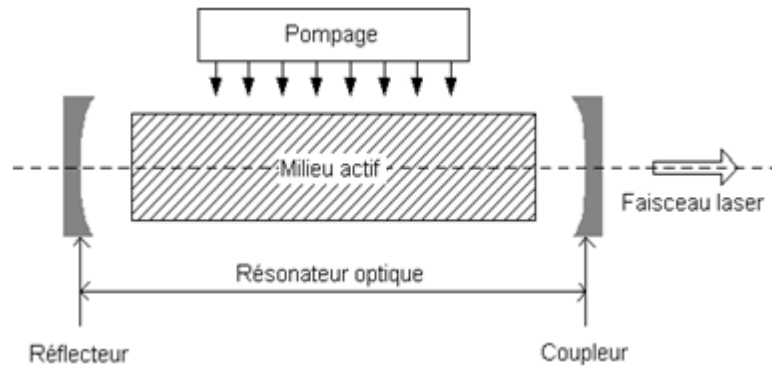


Figure II-6. Schéma d'un system laser

Le laser à semi-conducteur s'appelle également laser à injection, laser à jonction ou diode laser.

Dans la diode laser, le milieu amplificateur est un matériau semi-conducteur à gap direct (dans lequel les recombinaisons électron-trou sont de type radiatif). Le pompage est obtenu par injection de courant dans une jonction P-N (figure II -7). polarisée en direct. Un courant circulant peut former des paires électrons –trou, lorsqu'une paire se recombine, émet un photon qui peut à son tour stimuler l'émission d'autres photons La structure résonante peut être une cavité de Fabry-Pérot ou autre types.[35]

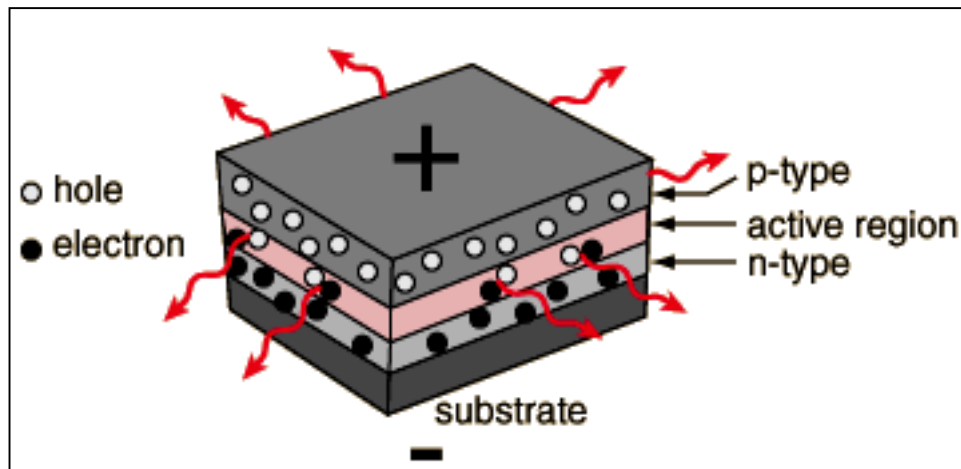


Figure II-7 :.schéma de bases diode laser

La figure II-8, montre les variations de la puissance optique d'émission en fonction du courant injecté. [36] Cette courbe est la caractéristique du laser. Dans la première partie la diode se comporte comme une diode électroluminescente (LED) avec seulement une émission spontanée car l'inversion de population n'a pas encore eut lieu. A partir d'un certain seuil de courant, la diode se comporte comme une diode laser avec une émission stimulée. (Partie de la courbe vers la droite).

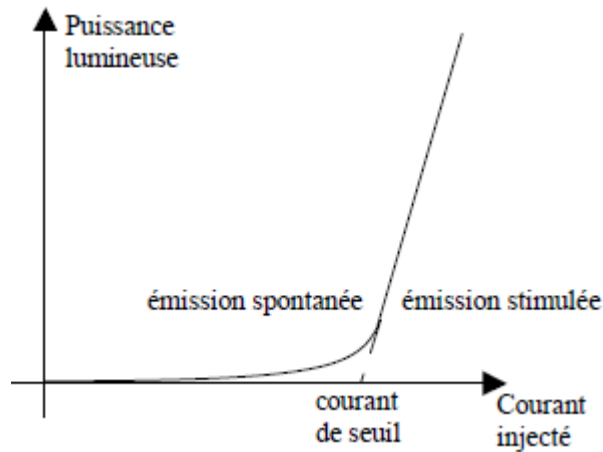


Figure II-8 .Puissance lumineuse en fonction du courant injecté

Le rendement total est le rapport entre la puissance lumineuse émise et la puissance électrique consommée :

$$\eta_{tot} = \frac{P_{lum}}{P_{elec}}$$

II-5- L'amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA)

L'amplificateur optique à semi-conducteurs (SOA), parfois appelé un laser de semi-conducteur, est un composant attractif pour les futurs réseaux de télécommunications tout-optiques multicolores. Le principe du SOA est basé sur la création d'une inversion de population utilisée pour l'amplification du signal optique d'entrée via émission stimulée. [38]

II-6- Photo -détecteur (photo réception)

Une photodiode est un composant semi-conducteur ayant la capacité de détecter un rayonnement du domaine optique et de le transformer en signal électrique, Ce mécanisme est également connu comme l'effet photoélectrique interne.

Les photodiodes sont des dispositifs de conversion d'énergie de la lumière [39]. Un photon incident peut créer une paire électron-trou ; cette paire ne se recombine pas, car le champ E_i la sépare du courant créé ; cette séparation produit le courant inverse (figure II-9).

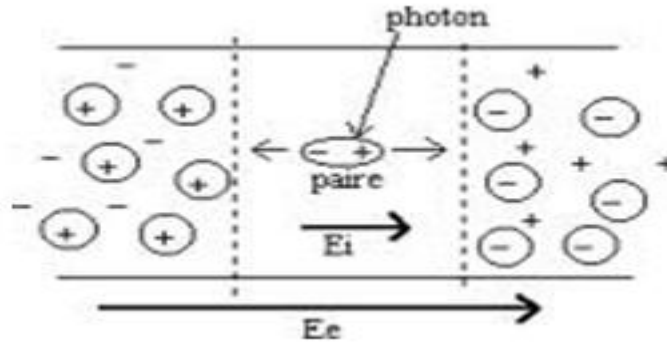


Figure II-9 : principe photodiode PN

Lorsque la lumière arrive sur la jonction de la diode, elle génère un courant électrique

L'expression du courant traversant la jonction est :

$$I_d = I_s \left(e^{\frac{E_g}{nU_t}} - 1 \right) - I_{ph} \quad (\text{II-1})$$

avec: I_s : densité de courant photogénéré et I_{ph} : courant de saturation

La photodiode polarisée est conçue pour permettre la réception du flux lumineux, sous une polarisation inverse, le courant circulant dans une photodiode polarisée en inverse est proportionnelle au flux lumineux. Une source de tension E polarise la photodiode en inverse (figure II-10), le courant I est converti en tension par la résistance R.

Dans le cas d'absence de source externe de polarisation, la photodiode fonctionne en convertisseur d'énergie, appelé mode photovoltaïque, elle est en mesure de créer, soit la tension en circuit ouvert soit le courant de court circuit.

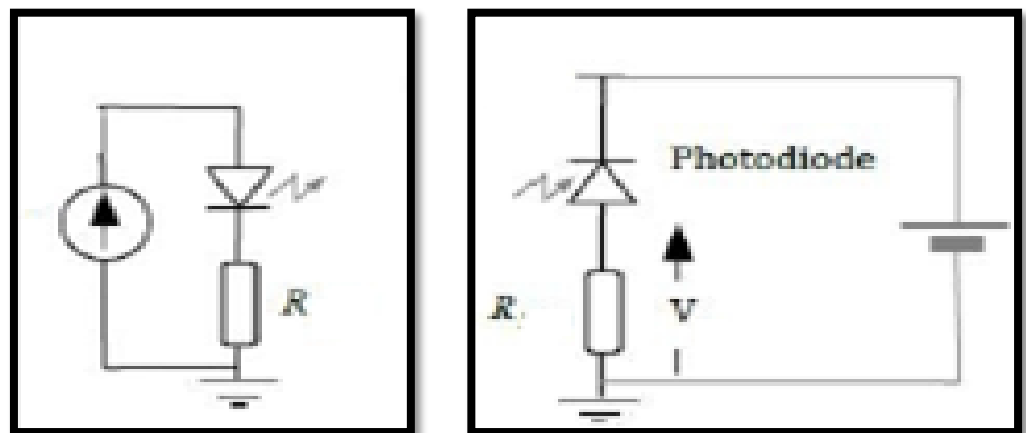


Figure II-10 : Mode photovoltaïque

Mode photoconducteur

Les détecteurs photovoltaïques sont en principe des cellules solaires. La cellule photovoltaïque est le composant électronique de base, utilisant l'effet photoélectrique. Plusieurs cellules reliées entre elles forment un module solaire photovoltaïque .

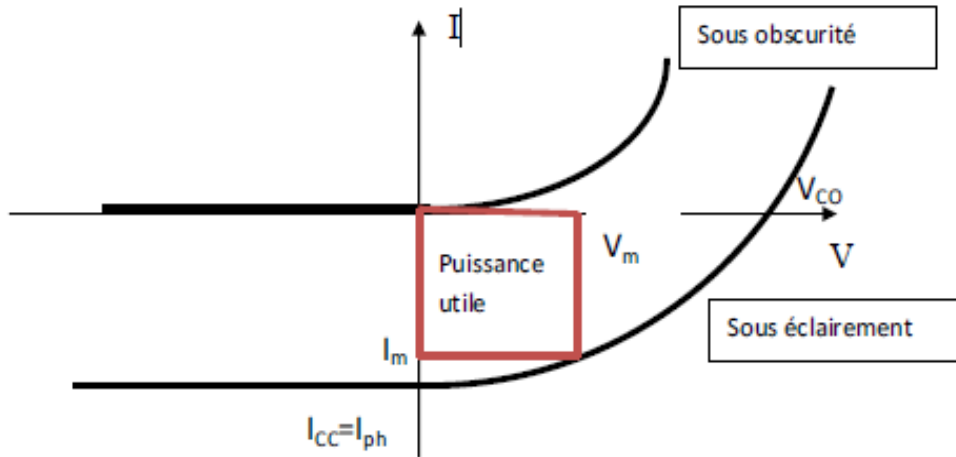


Figure. II-11 Caractéristique courant-tension d'une cellule solaire

Le rendement de conversion d'énergie est le rapport de la puissance générée et de la puissance du rayonnement solaire incident P_0 . On appelle rendement maximal, le rapport entre la puissance maximale et la puissance P_0 [40]:

$$\eta_m = \frac{V_m I_m}{P_0} = FF \frac{V_{co} I_{cc}}{P_0}$$

Avec :

I_{cc} : Densité de courant de court-circuit (mA.cm^{-2})

V_{co} : Tension de circuit ouvert (V)

FF: Facteur de forme (%)

Il existe un grand nombre de technologies mettant en œuvre l'effet photovoltaïque. Beaucoup sont encore en phase de recherche et de développement.

On peut citer deux types de photodiodes. Photodiode avalanche qui a une jonction p-n soumise à une tension inverse élevée, très près de sa tension de claquage. Ce type détecteur peut se révéler très sensible, puisqu'il est capable détecteur un seul photon [41]. Photodiode Schottky qui est constituée par un contact métal/ semi conducteur, émission d'électrons se fait du métal vers le semi conducteur. L'avantage de ce type de photodiode réside dans sa

simplicité et dans le fait que la couche métallique, si elle est réalisée suffisamment fine, est transparente au rayonnement dans le domaine du proche UV [42].

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les principes de fonctionnement des sources et des détecteurs à semi-conducteurs, ainsi que leurs principales caractéristiques.

Nous étudierons, dans le dernier chapitre, les composants optoélectroniques à base de matériaux binaires.

Références de chapitre II.

- [31] :B. de Crémeux. Les diodes laser : des principes aux développements récents. Laboratoire CSF. Central de Recherches Thomson-France.
- [32] : S.M.SZE.KWOK K NG. Physic of semiconductor divise.edition 2.weley.
- [33] :LED –expliquée simplement.la technologie LED .EM .2013
- [34] :BENATMANE Kaled.these magister. Etude de lasers à base de semi-conducteur III-V.2011
- [35] :DEHIMI SAID. thèse magister..Etude de lasers à base des composés semi-conducteurs (InP, GaAs, GaP). 2011
- [36] : Laser à semi-conducteurs, école polytechnique de Lausanne, travaux pratiques AVANCES, école polytechnique .2004
- [37] Farhan S. Ujager, S. M. H. Zaidi, and Usman Younis.A review of semiconductor lasers for optical communications. School of Electrical Engineering and Computer Science,National University of Sciences and Technology
- [38] PASCAL LEMIEUX,tese doctorat. Modélisation des amplificateurs optiques `a semi-conducteur Application au traitement des signaux optiques..2006
- [39] AL.corre.optoelectronique.partie I les photodétecteur.INSA, Renns.
- [40] Mme BENAHMED BENABDALLAH Nadia.these magister. Propriétés physiques des semi-conducteurs(Si monocristallin et Ge) et Simulation des cellules solaires à base de Si et SiGe.2006
- [41] :romain.Garcin et al. photodiodes et photodiodes avalenche. universeté de la méditerranée.2000
- [42] : TOUMI SIHEM. *tese doctora* .etudes des composants electroniques (cellules solaires, diodes schottky) en utilisant les algorithmes genetiques et le langage vhdl ams.. Université de Sétif.2012

Chapitre III

Les composants optoélectronique à semi conducteurs binaires

III .1. Introduction

Les semi-conducteurs binaires comme GaAs représentent actuellement une classe importante de matériaux dans le domaine technologique. Ils sont très intéressants dans le domaine de l'optoélectronique.

Dans les composants optoélectroniques, on traite le problème de phénomènes d'interaction du rayonnement avec le semi-conducteur. Pour l'émission et la réception de rayonnement de la lumière, on trouve les diodes, les diodes lasers et l'amplification optique pour la première et les cellules photoconductrices, les photodiodes et les cellules solaires pour la deuxième.

Pour étudier les caractéristiques de ces composés, les chercheurs essayent de mettre en œuvre plusieurs programmes numériques et expériences pratiques dans les laboratoires afin d'améliorer la qualité et le rendement énergétique.

Dans cette étude, nos résultats qui sont résumés dans des courbes se base sur la base de donné fournie par le site (SNDL). On a choisi une période (les dix dernières années) pour que la variation du nombre des chercheurs n'aura pas d'influence considérable sur les courbes. Dans notre recherche sur le site, on a basé sur les articles contenant les composants optoélectroniques à semi conducteur binaire et en utilisant les mots clés suivants : Semiconductor Binary ; compound optoelectronic ; LED ; Light Emitting Diodes ; laser diode ; DLs ; lasers Semiconductor ; AOS ; ampliflier optic ; solar cells ; PV ; TPV ; photovoltaic ; Termophotovoltaic ; photodiode ; PAD ; PSD.

III- 2 Classification des matériaux à semi conducteurs binaires :

On a classifié les matériaux binaires en quatre groupes, en prenant compte du :

- 1-nombre d'articles qui traite le semi-conducteur binaire dans la période spécifiée (10 ans).
- 2-nombre de composants optoélectroniques qui utilise le semi-conducteur binaire.

D'après notre recherche, GaAs (Arséniure de gallium), GaN(Nitrure de gallium) CdTe(Tellurure de cadmium) peuvent être considérés comme les semi-conducteurs binaires les plus utilisés dans les composants optoélectroniques .On peut les grouper dans un groupe qu'on l'appelle A.

Les composés qui sont moins utilisés dans la période que nous avons choisi , il sont groupés dans un autre groupe qu'on l'appelle B. Ils sont : SiC (Carbure de silicium),GaSb (Antimoniure de gallium),GaP (Phosphure de gallium) ,CdSe(Séléniure de cadmium) et SiGe(Silicium-germanium).

Le groupe C, regroupe les composés qui ne sont pas utilisés généralement seuls dans la fabrication des composants optoélectroniques, voir Tableau III.1.

Composant	Appellation
InP	Phosphure d'indium
InN	Nitrure d'indium
InAs	Arséniure d'indium
ZnO	Oxyde de zinc
ZnTe	Tellurure de zinc
ZnSe	Séléniure de zinc
CdS	Sulfure de cadmium
NiO	oxyde de nickel
CuO	Oxyde de Copper(II)

Tableau III.1 : Les composés du groupe C.

Les composés du groupe D, malgré qu'on les trouve dans la littérature, ils n'ont pas trouvé d'articles dans la période spécifié, voir Tableau III.2.

Groupe	Composant
III –V	AlP ;AlN ;AlAs ;AlSb ; ;InSb ;BN ;BAs ;BSb ;BP ;
II –VI	ZnS ;CaS ;CaO ;CaSe. ;CaTe.SrS ;SrO ;SrSe ;SrTe ;BaO ;BaS ;BaTe ;BaSe ;BeS ;BeSe ;BeO ;BeTe ;MgS ;MgSe. MgTe ; MgO ;HgS ;HgSe ;HgTe.CdS ;CdO ;
I-VII	CuBr.CuCl ;CuL ;AgCl ;AgBr ;AgL
IV- IV	SiSn ;GeSn ;
IV- VI	PbO ;PbS ;PbSe ;PbTe ;GeS ;GeSe ;GeTe ;SnSe, SnS;SnTe
I-VI	CuS
I-VI	CsSb ;kSb
I-VIII	MnTe

Tableau III.2 : les composés du groupe D.

III.3-Courbes et Discussion

III.3-1 Groupe A

- GaAs

Figure III-1 présente la variation du nombre d'articles avec les années

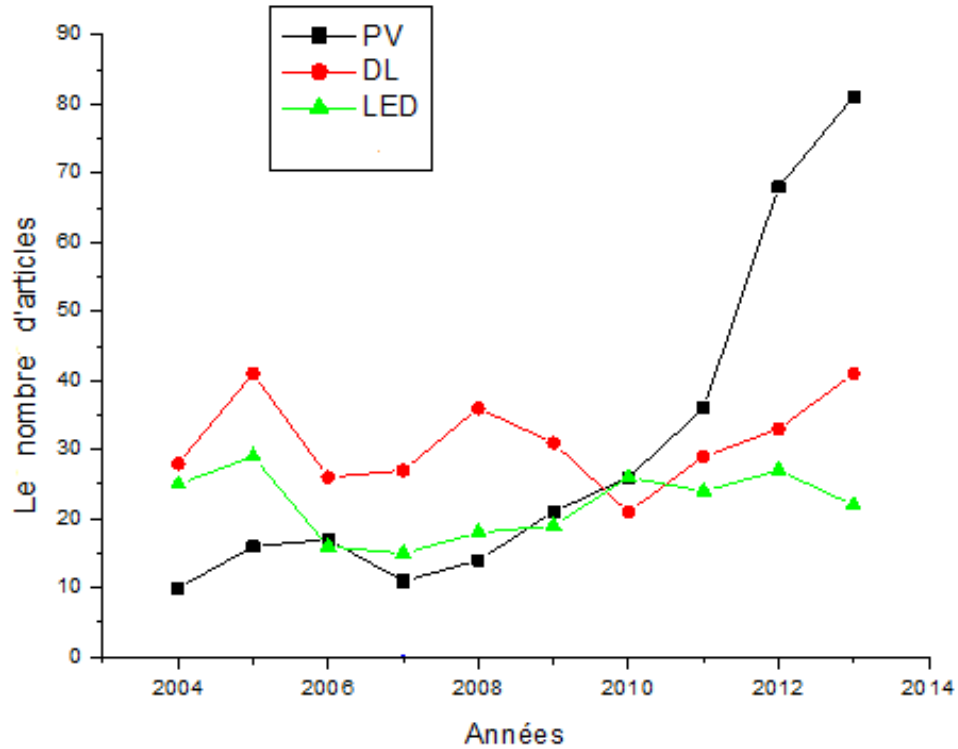


Figure III-1 la variation du nombre d' articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à GaAs.

On peut constater que le nombre de travaux sur les cellules solaires à base de GaAs dépasse les travaux faites sur le LED et les DL dans les dernières années, on peut voir aussi (à partir de 2010) une pente positif, relativement grande dans la courbe concernant les PV. Dans cette période, on peut constater que dans la plupart des travaux le GaAs est associé aux Si ou Ge et il est utilisé avec d'autres composés dans une hétérojonction [43][44][45][46] [47] [48]

La courbe du laser (DL) à une moyenne de trente articles par année, cette stabilité de la courbe peut être expliquée par l'invariance du rendement durant cette période. [49] [50][51][52]

La courbe de la LED est similaire à celle de DL avec une moyenne plus petite et comme on va voir prochainement, GaN attire plus les chercheurs. [53][54]

L'amplificateur optique à le moins d'article pour GaAs dans cette période car il est moins utilisé que les autres composants dans l'industrie ainsi qu'on préfère les composants quaternaires pour l'amplification de la lumière.

- GaN

Figure III-2 présente la variation du nombre d'articles avec les années

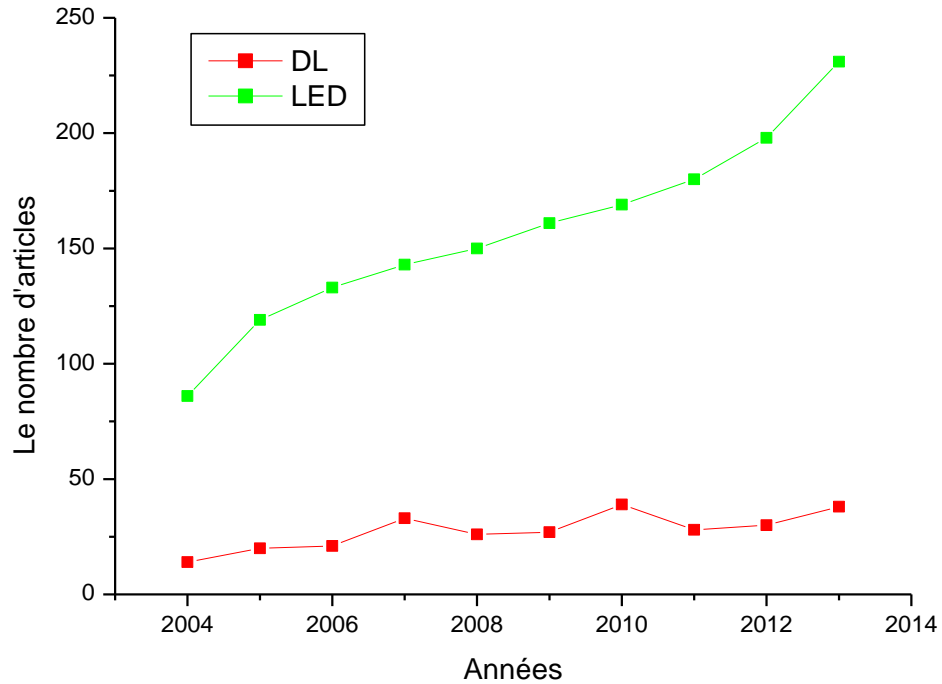


Fig III-2 la variation du nombre d'articles avec les années pour les composés optoélectroniques base à GaN

On n'a pas représenté la courbe de PV dans Fig III-2 car on a trouvé qu'en environ six publications dans cette période, à cause de son gap qui est de 3.4 eV.

Les chercheurs favorisent GaN pour la LED. La LED à base de GaN dans une hétérojonction avec d'autres semi-conducteurs peut donner la LED blanche [55][56][57][58][59][60] [61] [62]

Dans le laser à base GaN reste moins utilisé [63]

- CdTe

Figure III-3 présente la variation du nombre d'articles avec les années

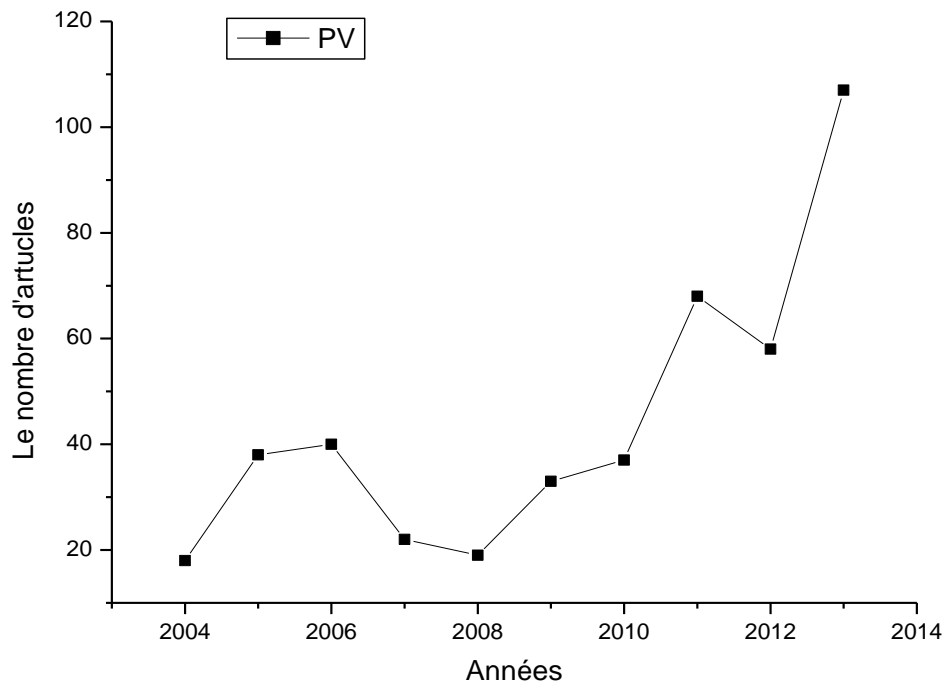


Figure III-3 la variation du nombre d'articles avec les années pour les composés optoélectroniques base à CdTe

Malgré sa toxicité quand il s'oxyde, CdTe reste la base des PV dans une centaines d'articles à cause de son gap (1.5 ev).[64][65][66][67][68]

Une couche mince d'un autre matériau peut mettre CdTe à l'abri de l'oxygène.

On n'a pas trouvé d'article pour les LED et les DL à base CdTe dans cette période.

III 3.2. Les Groupe B

- SiC

Figure III-4 présente la variation du nombre d'articles avec les années

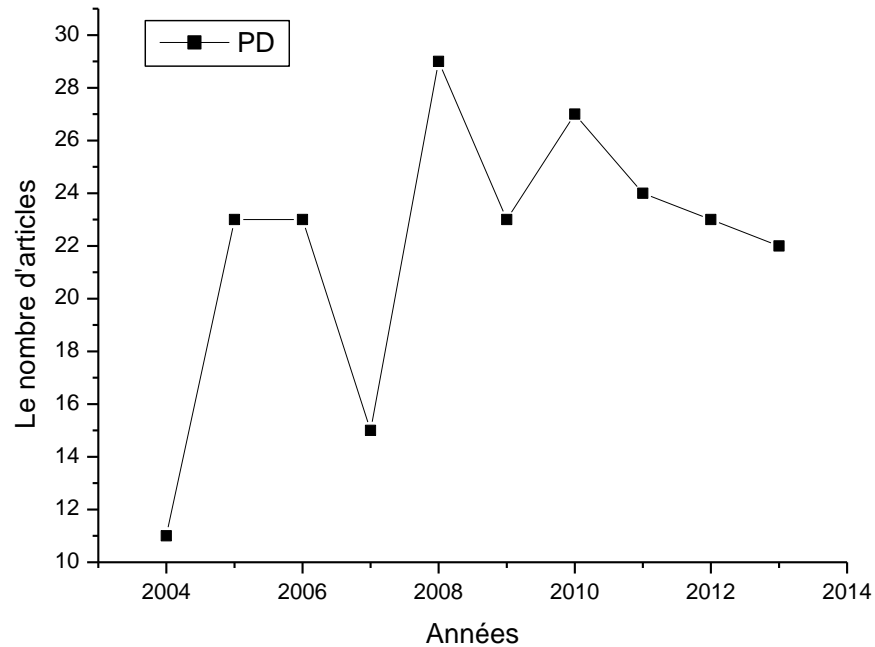


Figure III-4 la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à SiC

(PD) :Photodiode

SiC est un semi-conducteur binaire à un large gap. Il est rarement utilisé dans les sources optoélectroniques à cause de son gap indirect.

On peut noter qu'on a trouvé SiC sous d'autre forme SiC -4H [69], SiC -6H[70] ,SiC-3C.[71]

- CdSe

Figure III-1 présente la variation du nombre d'articles avec les années

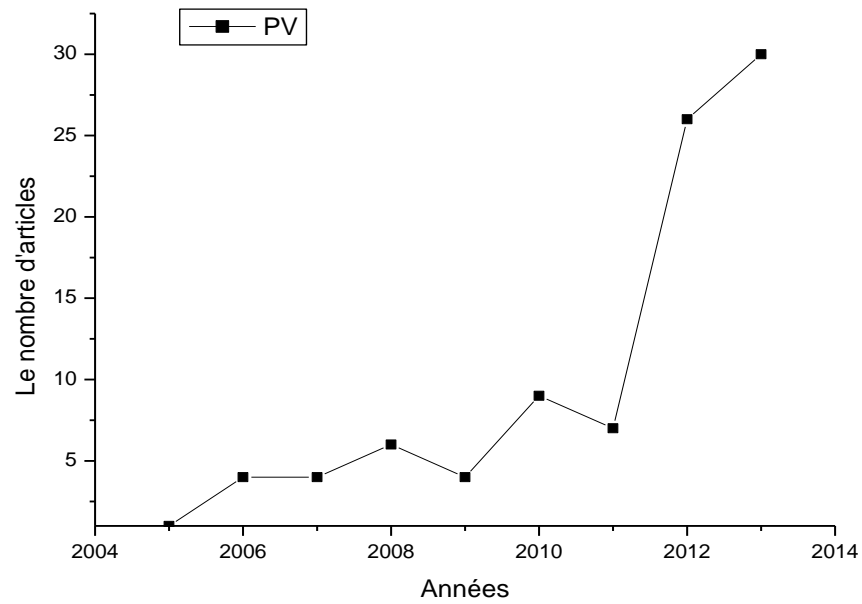


Figure III-5 la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à CdSe

CdSe comme CdTe ne peut être utilisé que pour les PV et ne peut pas être utilisé pour d'autre groupe optoélectronique à cause de sa toxicité.[72]

- SiGe

Figure III-6 présente la variation du nombre d'articles avec les années

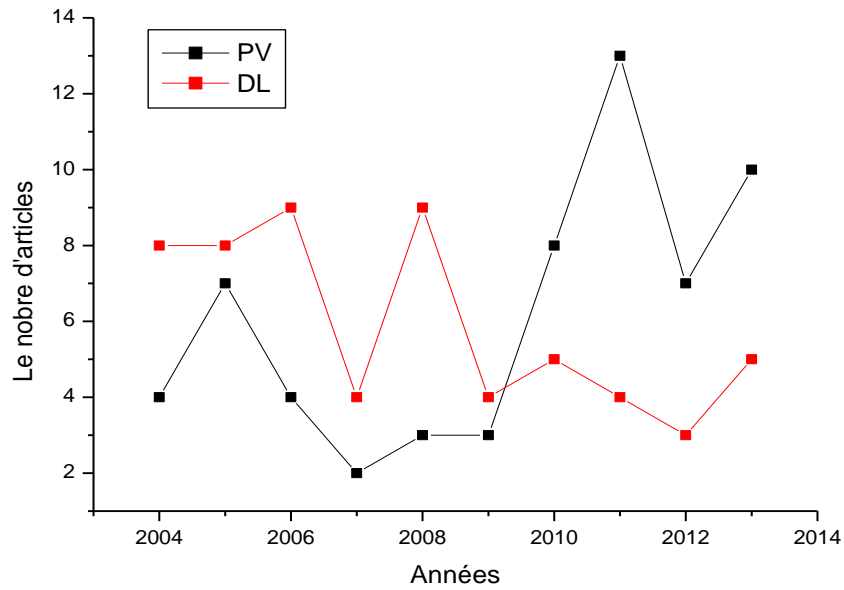


Figure III-6 la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à SiGe

SiGe utilisé dans les DL et les PV [73] à raison de six articles par année.

- GaSb

Figure III-7 présente la variation du nombre d'articles avec les années

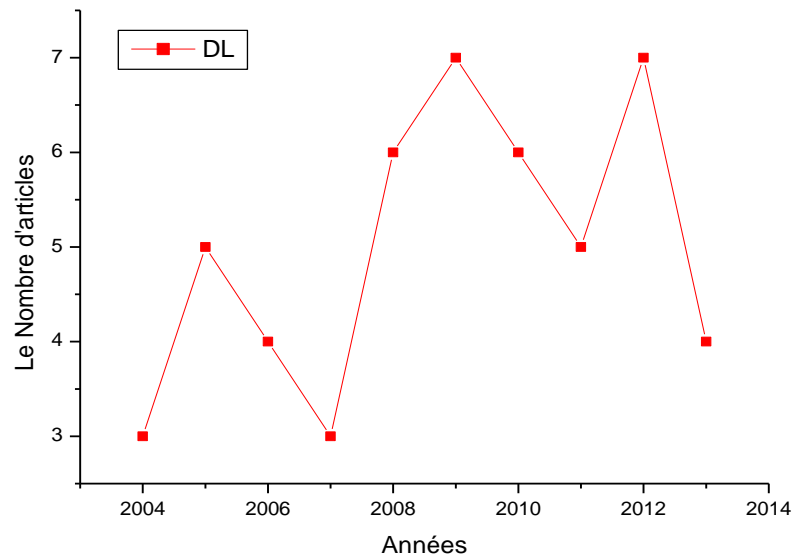


Figure III-7 la variation du nombre d'articles avec les années pour les composants optoélectroniques base à GaSb

GaSb a 0.72 eV de gap ce que lui permet d'émettre dans l'infrarouge et de détecter la chaleur. On n'a trouvé que quelques articles qui ne dépassent pas sept articles par année pour les diodes laser [74] et environ six articles dans toute la période pour les cellules photovoltaïques [75].

- **GaP**

GaP a un gap indirect. Il était utilisé comme LED avant notre période choisie et comme PV à la fin de cette [76] [77]

Le Groupe C :

Les composés de ce groupe sont utilisés dans la fabrication des composants optoélectroniques. Ils sont des substrats en couche mince dans les PV, comme InP et ZnO [78][79]. Les LED et les DL utilisent, en générale, InP comme substrat, sinon ils utilisent les autres composés du groupe C. On note que InAs est toxique et dangereux pour l'environnement.

Les composants Groupe D :

Les composés du groupe D peuvent être classés comme des isolants si le gap est grand comme CaO, CaSe et des semimétaux si le gap est petit comme PbS, PbSe.

III-4 Les composants optoélectronique utilisant les composées binaires

III-4-1 :Cellule photovoltaïque :

Les cellules photovoltaïques ont une part importante parmi d'autres composants optoélectroniques dans le nombre d'articles publiés dans la période choisie. Dans le tableau III-3, on expose les avantages, les problèmes rencontrés et les solutions s'ils existent pour chaque composés.

Composé	Les Avantage	Les problemes	Les solutions
GaAs	1.le rendement élevé[80] 2.la possibilité de réaliser sur la couche épitaxiée de matériaux semiconducteurs dopés autres que GaAs, comme GaInP Avec deux cellules solaires GaInP/GaAs[78]	1.coût du substrat de GaAs, beaucoup plus élevé 2.fragilité des substrats de GaAs, qui rend difficile leur utilisation embarquée sur des satellites.	épitaxies sur un substrat de germanium cristallin (le germanium est un matériau quasiment accordé en paramètre de maille avec GaAs, ce qui permet l'épitaxie) [81] [82]
CdTe	1. absorption importante (10^5 cm^{-1}) 2. Ionicité élevée : liaisons fortes (stabilité)	1. structure complexe, matériaux coûteux 2. Toxicité Cd et Te très élevée et polluant. 3. tellure est un élément rare 4. le rendement presque faible 16,7 % (laboratoire)	
(SiGe),	(Si _{1-x} Ge _x) présentent les avantages liés à la technologie des couches minces[83]	un rendement cellulaire plutôt faible à cause de la faible épaisseur de la couche mince.[84]	

GaSb	rendement de conversion supérieur à 28%, à la température 300 K de la cellule réalisable.	Ce rendement diminuera avec l'augmentation de la température de la cellule. [85].	
-------------	---	---	--

Tableau III.3 les avantages, les problèmes et les solutions pour chaque composés

Les cellules solaires à base de GaAs, , sont plus efficaces que Si pour la conversion de l'énergie du (spectre solaire hors atmosphère), qui représentent une part élevée du spectre solaire hors atmosphère (notamment dans l'hypothèse de cellules solaires pour satellites[86]), Cellule multi jonction (technologie spatiale) GaAs est très chère : 25-30%(Module prototype Maximum), 39% (en laboratoire)

Le CdTe ou Tellurure de Cadmium est un semi conducteur qui peut être utilisé comme matériau photovoltaïque dans les panneaux solaires souples.

CdSe peut être utilisé avec d'autre composés organiques pour des matériaux hybrides organiques/inorganiques. [87]

AlGaAs/GaAs[88], GaAs/Ge[89], CdS/CdTe[90], InGaP/GaAs[91] et le GaAs/GaSb[92], permettent une amélioration des cellules PV.

III-4-2 :Diode Laser :

Les diodes lasers les plus courants et les plus efficaces actuellement, utilisent les matériaux ternaires et quaternaires.

Le tableau III-3 suivant représente les différents composés de la diode laser avec des exemples de structure et longueur d'onde.

Composé	Exemples
GaAs	- InGaAsP/GaAs (808nm)[93] - InGaAs/AlGaAs/GaAs(800-1000nm)[94] -InGaAsN/GaAs(1.5 μm)[95]
InP	-Lasers à InGaAsP/InP (1550nm)[96] --Lasers à InGaAsP/InP (1300 – 1600nm) -InAs/InP (1.55 μm)[97]
InAs	-InAs/InGaAs[98](1.3- μm)
GaN	GaN(0,4 μm)
GaSb	<i>GaSb</i> (2–5 μm)

Le Tableau III-3 : les différents composés de la diode laser avec des exemples de structure et longueur d'onde.

Les composés binaires (GaAs ,InP ,InAs) restent utiliser comme substrat pour réaliser ou fabriquer les diode lasers à hétéro- structures.

Les candidats pour accéder aux courtes longueurs d'onde (bleu, violet), sont des semi-conducteurs à grande bande interdite comme le séléniure de zinc (ZnSe), le nitrure de gallium (GaN), ou encore le carbure de silicium (SiC).

Pour le laser bleu-violet à base de GaN, de nombreuses difficultés, liées principalement à l'élaboration des matériaux, ont été autant de défis technologiques à relever

Les diodes laser actuellement commercialisées ont une puissance de 4 mW. Des lasers pouvant atteindre 20 mW en mode continu ont été réalisés. [99]

III-4-3 :Amplificateur optique à semi-conducteur (SOA)

Plusieurs types d'amplificateurs optiques ont été développés au cours des années 1980, et l'utilisation des amplificateurs optiques pour les systèmes de transmission long-courriers s'est répandue au cours des années 1990.

-Il existe deux types principaux d'amplificateurs optiques :

.les amplificateurs optiques à semi-conducteurs (SOA : semiconductor optical ampliflier) et les amplificateurs à fibre optique tels que les amplificateurs à fibre dopée à l'erbium (EDFA: Erbium doped fiber ampliflier).

Les amplificateurs optiques à semi-conducteurs (SOA) utilisent les composés III-V (comme GaAs, InP) comme substrat.

Les SOA sont développés pour interagir avec les signaux optiques de télécommunications, autour de 1550 nm.

Les matériaux typiquement utilisés sont les composés quaternaires [100] base d'InGaAsP déposés sur un substrat d'InP.

Les amplificateurs optiques à semi-conducteurs restent plus bruyés et leurs gains plus modestes que les amplificateurs à fibre dopée terre rare, ce qui laisse les chercheurs, au moins dans cette période, travailler plus sur les amplificateurs à fibre dopée terre rare.

III-4-4 : Diode électroluminescentes LEDs

SiC et GaP ont été utilisés avant la période choisie et ils sont abandonnés à cause de leurs gaps qui sont indirects. Leurs alternatives sont le GaAs et le GaN.

GaN, par ces propriétés physico-chimiques intéressantes, est un très bon candidat pour la réalisation des diodes électroluminescentes LEDs dans le domaine de l'éclairage

Les LEDs bleues ou blanches actuelles sont généralement constituées à base de nitrure de gallium (GaN) sous la forme d'une multi-couche planaire. La grande différence d'indice de réfraction entre le matériau composant la LED ($n = 2.45$ pour le GaN) et l'air limite l'extraction par face à seulement 5%. Différentes techniques sont mises en oeuvre pour augmenter ce rendement qui peut atteindre 80%. [101] La fabrication des composants LEDs à base de nitrure de gallium (GaN) connaît actuellement une grande expansion.

En utilisant le système d'alliages de nitrure InGaAlN, des LEDs de longueurs d'onde allant de l'ultraviolet (UV) au bleu/vert peuvent être réalisées avec une très bonne efficacité.

Conclusion

Dans ce chapitre on a exposé les résultats de notre recherche sur les composés semi-conducteurs binaires et sur les composants optoélectroniques qui utilisent ces composés. On a classifié ces composés en quatre groupes suivant leur utilisation dans les composants optoélectroniques. On a traité les composés qui sont favorisés par les chercheurs d'optoélectronique.

Références de Chapitre III

- [43] Ming Lu, et al..Displacement damage dose approach to predict performance degradation of on-orbit GaInP/GaAs/Ge solar cells. Nuclear Instruments and Methods in Physics . Volume 307. Pages 362–365.,
- [44] Ming Luet al. Adjusted NIEL calculations for estimating proton-induced degradation of GaInP/GaAs/Ge space solar cells' . Nuclear Instruments and Methods in Physics Research . Volume 269,. Pages 1884–1886. 2011
- [45] Minwoo Nam et al.Concentrating microlens array mounted on an InGaP/GaAs/Ge solar cell for photovoltaic performance enhancement. Solar Energy .,Volume 91, Pages 374–380. 2013,
- [46] M. Longo et al.Structural and optical characterization of MOVPE grown InGaP/GaAs MQWs for advanced photovoltaic devices.. Volume 311, Pages 4293–4300. 2009
- [47] H.S. Soliman et al.Electronic and photovoltaic properties of Au/pyronine G(Y)/p-GaAs/Au:Zn heterojunction.. Journal of Alloys and Compounds.Volume 530, Pages 157–163. 2012,
- [48] . Murat Soylu et al., Photovoltaic and interface state density properties of the Au/n-GaAs Schottky barrier solar cell. Thin Solid Films . Volume 519, , Pages 1950–1954. 2011.
- [49] B. Abdul Ghani et al...Investigation of the intracavity frequency doubling of a gain-switched InGaAs/GaAs pulsed diode laser, Optik - International Journal for Light and Electron Optics.Volume 123, .Pages 1236–1239. 2012
- [50] Baoxue Bo et al. Lasing properties of AlGaAs/GaAs material diode lasers grown by MOCVD using TBA in N₂ ambient. , Journal of Crystal Growth. Volume 268, , Pages 415419. 2004
- [51] A Maaßdorf et al. In-situ etching of patterned GaAs/InGaP surfaces for highly efficient 975 nm DFB-BA diode lasers. . Journal of Crystal Growth. Volume 370, , Pages 226–229.2013. .
- [52] A. Bengi et al.Temperature dependent admittance spectroscopy of GaAs/AlGaAs single-quantum-well laser diodes (SQWLDs). Journal of Alloys and Compounds. Volume 509, , Pages 2897–2902. 2011.

- [53] E. Schuster et al. Preparation and characterization of epitaxial Fe(001) thin films on GaAs(001)-based LED for spin injection. Volume 37, Pages 313–320, 2005
- [54] S.V. Zaitsev et al. Circularly polarized electroluminescence in LED heterostructures with InGaAs/GaAs quantum well and Mn δ -layer. Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. Volume 41, Pages 652–654. 2009
- [55] Sang Yong Lee, et al. Water-resistant flexible GaN LED on a liquid crystal polymer substrate for implantable biomedical applications. Nano Energy Volume 1, Pages 145–151. 2012.
- [56] S.T. Li et al. The influence of growth mode on quality of GaN films and blue LED wafers grown by MOCVD. Physica B: Condensed Matter, Volume 391, , , Pages 169–173. 2007
- [57] Hyounghwon Park et al. Enhancement of photo- and electro-luminescence of GaN-based LED structure grown on a nanometer-scaled patterned sapphire substrate. Microelectronic Engineering, Volume 88, , Pages 3207–3213. 2011
- [58] Yanting Fan et al. Xiaoling Wang. High Light Extracting Efficiency of GaN-Based LED Based on Photonic Crystal. International Workshop on Information and Electronics Engineering. Volume 29, , Pages 2332–2336. 2012.
- [59] Huanyou Wang et al. -defects formation and optical properties of InGaN/GaN multiple quantum well LED grown on patterned sapphire substrate. 2013
- [60] Wan-Wei Wang et al., Connecting plugs of high-powered GaN-based lighting-emitting diodes prepared by electroplating. Materials Science in Semiconductor Processing Volume 16, Pages 58–61. 2013,.
- [61] Jeongwoo Hwang et al. Manipulation on the optical properties of InGaN/GaN light emitting diodes by adopting InN layer. Journal of Crystal Growth. Volume 370, , Pages 109–113. 2013
- [62] Wen-Jie Liu et al. Low-temperature bonding technique for fabrication of high-power GaN-based blue vertical light-emitting diodes. Optical Materials. Volume 34, Pages 1327–1329. 2012,
- [63] Yasushi Fujimoto et al. Visible fiber lasers excited by GaN laser diodes. Progress in Quantum Electronics. Volume 37, , Pages 185–214. 2013

- [64] X. Mathew et al. Optical absorptivity and recombination losses: The limitations imposed by the thickness of absorber layer in CdS/CdTe solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 114, Pages 179–185. 2013.,
- [65] L.A. Kosyachenko et al. Annealing effects on the solution processed CdTe nanocrystals solar cells. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*. Volume 60, Pages 17–22. 2014.
- [66] T.A. Gessert et al. Research strategies toward improving thin-film CdTe photovoltaic devices beyond 20% conversion efficiency . *Solar Energy Materials and Solar Cells* Volume 119. Pages 149–155. 2013.
- [67] M. M. Tessema, et al. Pinhole treatment of a CdTe photovoltaic device by electrochemical polymerization technique . *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 107, Pages 9–12. 2012,
- [68] Rajesh K. Katiyar, et al. Studies of photovoltaic properties of nanocrystalline thin films of CdS–CdTe. *Journal of Alloys and Compounds*. Volume 509, Pages 10003–10006 . 2011.
- [69] A. Sciuto et al. High efficiency 4H-SiC Schottky UV-photodiodes using self-aligned semitransparent contacts. *Superlattices and Microstructures*. Volume 41. Pages 29–35. 2007.,
- [70]. Han-Din Liu et al. Demonstration of Ultraviolet 6H-SiC PIN Avalanche Photodiodes Volume:182006.; Dept. of Electr. & Comput. Eng., Virginia Univ. . *Photonics Technology Letters*.
- [71] Rowland, Larry B Wyatt, J.L. et al. conference. Cubic silicon carbide avalanche photodiodes , Bishop, S.M.. *Semiconductor Device Research Symposium*, IEEE. 2009.
- [72] Lingzhi Du et al. Synthesis and photovoltaic characteristic of n-type CdSe nanobelts. . *Materials Letters*. Volume 73. Pages 95–98. 2012
- [73]: Optimization of a-SiGe based triple, tandem and single-junction solar cells. *Photovoltaic Specialists.*, Conference Record of the Thirty-first IEEE .page 1365 – 1370. 2005.
- [74] .S. Civiš et al. GaSb based lasers operating near 2.3 μm for high resolution absorption spectroscopy *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. Volume 61, Pages 3066–3069. 2005.

- [75] S. Wang et al. MBE growth of II–VI materials on GaSb substrates for photovoltaic applications. *Journal of Crystal Growth*. Volume 311, , Pages 2116–2119.
- [76] C.R. Allen et al. Results of a gallium phosphide photovoltaic junction with an AR coating under concentration of natural sunlight. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 95 , Pages 2655–2658. 2011.
- [77] Charles R. Allen, et al .Simulation assisted design of a gallium phosphide n–p photovoltaic junction. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 94, Pages 865–868. 2010.
- [78] Xiang Fang et al. The dye adsorption optimization of ZnO nanorod-based dye-sensitized solar cells. , *Solar Energy*. Volume 105. Pages 14–19. 2014.
- [79] Jung Woo Leem et al. Effect of Al-doped ZnO film thickness on periodic GaAs subwavelength grating structures for photovoltaic device applications. *Materials Research Bulletin*. Volume 47, Pages 2884–2887. 2012.
- [80] Jung Woo Leem et al .Efficiency improvement of III–V GaAs solar cells using biomimetic TiO₂ subwavelength structures with wide-angle and broadband antireflection properties. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 127, Pages 43–49. 2014.
- [81] Jian-Min Hu et al. A study on the degradation of GaAs/Ge solar cells irradiated by 200 keV protons. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. Volume 266, Pages 267–270. 2008.
- [82] L.B. Karlina et al .Surfactant effects on GaAs–Ge heterostructures. *Journal of Crystal Growth*. Volume 380, , Pages 138–142. 2013.
- [83] Kazuo Nakajima et al. Growth and properties of SiGe multicrystals with microscopic compositional distribution and their applications for high-efficiency solar cells *Journal of Crystal Growth*.. Volume 275, Pages 455–460. 2005.
- [84] Noritaka Usami et al. Effect of the compositional distribution on the photovoltaic power conversion of SiGe solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 91. Pages 123–128. 2007

- [85] Y. Wang et al. Evaluation of thermal radiation dependent performance of GaSb thermophotovoltaic cell based on an analytical absorption coefficient model. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 94. Pages 1704–1710. 2010
- [86] Boeing's largest satellite deal since 1997 boosts GaAs PVs. *III-Vs Review*. Volume 19. Pages 3. 2006.
- [87] J. Kois et al. Electrochemically synthesised CdSe nanofibers and pearl-chain nanostructures for photovoltaic applications. *Materials Letters*. Volume 95, Pages 110–113. 2013.
- [88] S.J. Lade et al. A revised ideal model for AlGaAs/GaAs quantum well solar cells. *Microelectronics Journal*. Volume 35. Pages 401–410. 2004.
- [89] M.P. Deshmukh, et al. Measurement of silicon and GaAs/Ge solar cells ac parameters. Volume 78. Pages 1–4. 2005.
- [90] Kengo Matsune et al. 15% Efficiency CdS/CdTe thin film solar cells using CdS layers doped with metal organic compounds *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Volume 90,. Pages 3108–3114. 2006
- [91] R. Magnanini et al. Investigation of GaAs/InGaP superlattices for quantum well solar cells. *Thin Solid Films*. Pages 6734–6738. 2008.
- [92] Peter James Carrington et al. Type II GaSb/GaAs quantum dot/ring stacks with extended photoresponse for efficient solar cells. Volume 407. Pages 1493–1496. 2011
- [93] B.L Zhang et al. Study of InGaAsP and GaInP layers grown by MOCVD in pure N₂ ambient for InGaAsP/GaAs single QW LD structures. *Journal of Crystal Growth*. Volume 268, Pages 396–400. 2004.
- [94] Hanxuan Li et al. High-efficient carbon-doped InGaAs/AlGaAs/GaAs quantum well lasers. *Journal of Crystal Growth*. Volume 263, Pages 181–184. 2004.
- [95] G. Jaschke, et al. Low threshold InGaAsN/GaAs lasers beyond 1500 nm. *Journal of Crystal Growth*. Volume 278, , Pages 224–228. 2005.
- [96] Mohammad Kaleem et al. UV laser induced selective-area band gap engineering for fabrication of InGaAsP/InP laser devices. *Optics & Laser Technology*. Volume 51, Pages 36–42. 2013.
- [97] S. Anantathanasarn et al Wavelength controlled InAs/InP quantum dots for telecom laser applications.. *Microelectronics Journal*. Volume 37. Pages 1461–1467. 2006.

[98] Lukas Drzewietzki et al. Theoretical and experimental investigations of the temperature dependent continuous wave lasing characteristics and the switch-on dynamics of an InAs/InGaAs quantum-dot semiconductor laser. *Optics Communications*. Volume 283, Pages 5092–5098.2010.

[99] Christine LOUALA. Dossier de synthèse documentaire. La diode bleue à base de GaN.. INIST.2002.

[100] V Rakovics et al. Single-step growth of InGaAsP/InP laser array on patterned InP substrate. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*.. Volume 23, Pages 334–338 . 2004.

[101] Nathalie PRADAL. Synthèses, mise en forme et caractérisations de luminophores nanostructurés pour une nouvelle génération de dispositifs d'éclairage sans mercure. thèse doctorale. Université Blaise Pascal .2012.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Dans ce travail, on a pu tracer une carte des composés binaires qui sont utilisés dans l'optoélectronique, qui peut être une base de données. on a pu classer ces composés en quatre groupes : le premier groupe se compose de trois composés, les plus utilisés, suivis par le deuxième groupe qui se compose de cinq composés, les moins utilisés, la troisième groupe regroupe les composés qu'on les trouve avec d'autres dans les composants optoélectroniques et enfin les composés qu'on les trouve dans la littérature et qu'ils ne sont pas utilisés dans les composants optoélectronique. On peut conclure que :

- Les composés binaires ont acquis une importance considérable. Ils sont à la base de tous les composants optoélectroniques directement ou indirectement. (Source et Photodétecteurs).
- Les composés binaires sont utilisés plus comme base pour les composés ternaires et quaternaire et pour réaliser les hétérojonctions.
- Les cellules solaires à base de matériaux GaAs, CdTe, CdSe, GaSb, SiGe, peuvent, avec les développements des technologies d'élaboration microélectronique constituer des dispositifs prometteurs dans le domaine de la conversion photovoltaïque.
- Le GaN est le composé favori du LED.

ملخص

تبدأ دراستنا بالاطلاع عن المقالات العلمية الخاصة بالمواد نصف ناقلة الثنائية المستعملة في المجال المركبات الكهروضوئية (الخلايا الكهروضوئية ، ديود ليزر ،الديود الضوئي ،المضخم الضوئي) لفترة محددة ومن قاعدة بيانات محددة .

بعد فحص ما يقارب من سبعين مقال استطعنا أن نقسم هذه المواد إلى أربعة أقسام : الأول ويتكون من الثلاثة عناصر الأكثر استعمالا يليه القسم الثاني ويتكون من خمسة عناصر الأقل استعمالا ثم القسم الثالث الذي يتكون من العناصر التي تلعب دورا مكملا في المركبات الكهروضوئية و أخيرا العناصر المذكورة في المراجع لكن لا تستعمل في مكونات العناصر الكهروضوئية جمعت في القسم الرابع .

قمنا بعد ذلك بمناقشة نيين فيها بعض الأسباب التي أدت إلى استبعاد بعض العناصر و استعمال أخرى في مجال المركبات الكهروضوئية.

يمكن لهذا العمل يوفر أساسا للبحوث في مجال استخدام أشباه الموصلات الثنائية ،الثلاثية و الرباعية المستخدمة في مجال المركبات الكهروضوئية .

الكلمات المفتاحية :

أنصاف النواقل الثنائية ، الخلايا الكهروضوئي ، ديود ليزر ، الديود الضوئي ، المضخم الضوئي

Résumé : notre étude commence par une consultation des articles scientifique concernant les semi-conducteurs binaires utilisés dans les composants optoelectronique partir d'une base de données déterminée et pour une période déterminée (cellule photovoltaïque, diode laser ,diode électroluminescente, amplificateur optique)

Après avoir examiné près de soixante-dix articles, on a pu classer ces composés les plus utilisés suivis par le deuxième qui se compose des cinq composés les moins utilisés ,le troisième regroupe les composés qui jouent un rôle complémentaire dans les composants optoelectroniques et enfin les composés qu'on les trouve dans la littérature et qu'ils ne sont pas utilisés dans les composants optoelectronique sont regroupés dans le quatrième groupe.

Nous avons discuté ensuite quelques raisons qui ont conduit à l'exclusion de certains composés et l'utilisés d'autres dans le domaine des composants optoelectroniques.

Ce travail peut constituer une base pour la recherche dans l'utilisation des semi-conducteurs binaires, ternaires, quaternaires utilisés dans les composants optoelectroniques.

Mots clés : les semi-conducteurs binaires ;cellule photovoltaïque ;diode laser ;diode électroluminescente ;amplificateur optique.

Abstract : Our study begins with a consultation of scientific on binary semiconductors used in optoeoelectronic components for a specified and a specifid database (photovoltaic cell , laser diode, light emitting diode , optical amplifier).

After having examined nearly seventy articles, we were able to classify these compounds into four groups : the first consist of the three moste used compounds followed by the second consists of the fife less used compounds , the third includes compounds that play a complementary role in optoelectronics components and finally the compounds that are found in the literature and thy are not used in optoelectronics are grouped in the fourth group.

We then discussed some of the reasons which led to the exclusion of certain compounds and the use of others in the field of optoelectronic components .

Keywords : binry semiconductors; photovoltaic cell ; laser diode ; light emitting diode ; optical amplifier .