

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed El Bachir Elibrahimi –Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département Sciences de la Matière

جامعة محمد البشير الإبراهيمي « برج بوعريريج »

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم علوم المادة



Mémoire de fin d'études

PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLOME DE : Master

Filière : Physique

Option : Physique des Matériaux

THÈME :

Interaction électron phonon dans un laser à puits quantique

$GaAs/ Al_x Ga_{1-x} As$

Préparé par : SedikiWidad

Soutenu le :29/09/2020

Devant le jury :

Président :	DAOUDI Salim	MCA	Université de BBA
Rapporteur :	BOUMAZA Mohamed	MCB	ENS El Eulma Sétif
Co-Rapporteur :	MOULA Baghdadi	MCB	Université de BBA
Examineur :	SAHNOUNE Yassine	MCB	Université de BBA

Année Universitaire 2019-2020

Remerciements

Peu importe les lettres et les mots que j'ai prononcés, je ne pourrais pas satisfaire ni récompenser tous ceux qui ont eu le mérite après Dieu de m'accompagner pendant mes études et mon parcours scolaire, en particulier l'université, car je suis devenu ce que je veux vraiment et ce que je veux.

- Les tambours du départ au seuil de la fin des années où nous avons goûté l'amertume de vivre et la douceur du savoir, et sur ce long chemin nous avons écrit le plus beau de nos souvenirs. Nous porterons des robes qui nous sortiront et entendront des applaudissements autour de nous. La porte nous permet de voir ce bâtiment et nous plonge entre ses mains dans une ambiance familiale d'amour et de tendresse. Des larmes de joie se mêlent à mon témoignage et ma tristesse aux adieux de mes proches, en un clin d'œil.

- Mon cadeau de fin d'études pour lequel nous avons réduit l'aile d'humiliation et de tendresse pour mon père et ma mère bien-aimés, et je sais très bien que ma famille ne réalisera pas votre droit à rien et ne sera pas indemnisée. Au lieu de cela, mais mon excuse que j'essaie autant que possible de remercier Dieu, car vous êtes les piliers de cette prise de conscience, la joie sera leur religion dans cette cérémonie et enfin le plus âgé vous avez aussi un diplôme car je n'en ai pas. Je ne trouve pas quelqu'un qui vous mérite plus avec lui, c'est ce que j'ai pu faire, je remercie mes frères, sœurs, amis et tous ceux qui m'ont soutenu pour atteindre ce stade.

Je remercie très vivement Monsieur Daoudi Salim, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury. Je tiens aussi à exprimer ici ma gratitude à Monsieur Sahnoune Yacine, d'avoir gentiment accepté d'examiner mon travail et faire partie du jury.

- Un merci spécial à mon Professeur Mohamed Boumaza, l'ami du bon cœur. Merci pour votre contribution exceptionnelle. Merci d'avoir remonté la détermination et le moral. Vous êtes le titre d'excellence et de générosité. Net est la base des encouragements et vous m'avez soutenu de vos riches archives.

De même, à mon professeur, Baghdadadi Moula merci et pour votre bel esprit, je suivrai votre merveilleuse pensée et votre plume.

WidadSediki

Dédicace

Dédicace

A toutes les personnes

*Qui ont permis la réalisation de ce travail A tous ceux qui
nous ont soutenus Et encouragés pendant nos études,*

Nous dédions ce

modeste travail

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre1: les lasers et leurs applications technologiques	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Définition d'un laser.	2
I.3 Principe et fonctionnement du laser	2
I.3.1 L'absorption	2
I.3.2 L'émission spontanée.....	3
I.3.3 L'émission stimulée	4
I.3.4 Le pompage optique	4
I.4 Les éléments essentiels d'un laser.....	5
I.5 Les caractéristiques principales d'un laser	6
I.5.1 Notion de radiation monochromatique	6
I.5 .2 Cohérence.	7
I.5 .3 Directivité	7
I.5 .4 Puissance.	8
I.6 La lumière	8
I.7 La différence entre les faisceaux laser et la lumière naturelle.....	8
I.8 Les types de lasers	8
I.8 .1 Laser à solide.....	9
I.8.2 Laser à gaz.....	9
I.8.2 .1 Les types de lasers à gaz	9
I.8.3 Laser liquide.....	10
I.8.4 Laser à semi-conducteur.....	10
I.9 Les applications des lasers.....	10
I.9 .1 Les applications médicales et biologiques.....	10
I.9 .2 Les applications militaires.....	12

I.10 Les avantages de l'utilisation d'un laser.....	12
I.11 Les puits quantiques	13
I.11.1 Définition et fabrication.....	13
I.11.2 Les différents types de puits quantiques.....	14
I.12 Conclusion	15

Chapitre 2: L'Arséniure de gallium et l'Arséniure d'aluminium

Introduction	16
II. Propriétés mécaniques et électroniques de l'Arséniure de gallium et de l'Arséniure d'aluminium.....	16
II.1 L'Arséniure de gallium.....	16
II.1.1 Les constantes élastiques.....	16
II.1.2 Structure cristalline.....	17
II.1.3 Densité électronique	18
II.2 L'Arséniure d'aluminium	22
II.2.1 Les constantes élastiques.....	22
II.2.2 Structure cristalline	24
II.2.3 Densité électronique	25
II. 3 Conclusion.....	27

Chapitre 3: Les taux de diffusions

Introduction	28
III.1 Les énergies dans un Puits quantique.....	28
III.2. Structure électronique dans un puits quantique	30
III.3 Taux de diffusion des trous dus aux phonons optiques polaires.....	34
III.3 Conclusion.....	37
IV. Conclusion générale	38
Bibliographie	39

Introduction générale

Introduction générale

Depuis son invention, le laser est à l'origine d'un nombre considérable d'applications faisant partie de notre environnement technologique. Le laser est devenu une technologie indispensable dans divers domaines, tels que la médecine, la défense, la communication, l'informatique avec les lecteurs de CD, les imprimantes ou les pointeurs laser, les lasers à fibres optique [1]

Historiquement, la première réalisation d'un laser est l'œuvre de Maiman [2] en 1960. Ce laser, constitué d'un rubis dopé au chrome (les atomes de chrome donnent au rubis sa couleur rouge) et pompé par une lampe. Le laser de Maiman est le fruit des travaux théoriques de Basov en 1954[3] et de Schalow et Townes en 1958 sur l'effet laser [4]. Le premier laser impulsionnel fut réalisé en 1966 [5]. Le premier laser à base de fibre optique fut réalisé rapidement en 1961 par Snitzer [6]. Malheureusement, la qualité des fibres optiques était médiocre et les fibres présentaient beaucoup de pertes. Au milieu des années 1970 des travaux ont été relancé sur les lasers à base de fibres optiques dopées aux ions de terres rares avec des pertes très faibles.

Pour les lasers à semiconducteur en 1962 Robert N. Hall fut le premier à inventer le laser à semiconducteur [7].. En outre, l'interaction électron phonon joue un rôle important dans la mobilité des porteurs de charges dans les matériaux et représente un élément essentiel dans la compréhension du fonctionnement des lasers [8]. Notre travail est divisé en trois chapitres.

Dans notre premier chapitre, nous définissons un laser, ses caractéristiques, ses types et ses applications en technologie avec la description d'un puits quantique.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié les propriétés mécaniques et électroniques de l'Arséniure de gallium et de l'Arséniure d'aluminium.

Dans le dernier chapitre, en se basant sur la méthode k.p et à l'aide d'un programme en Fortran nous résolvons l'équation de Schrödinger pour déterminer la structure électronique de la bande de valence d'un puits quantique GaAs / $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$. En plus, en utilisant la règle d'or de Fermi nous calculons les taux de diffusions des trous lourds et légers. Enfin, nous termineronsnotre travail par une conclusion générale.

Chapitre 1 :

*Les lasers et leurs applications
technologiques*

I.1 Introduction :

Dans ce premier chapitre nous étudions d'une façon générale les éléments essentiellement d'un laser ses fonctionnements ainsi que les applications technologiques notamment en médecine et en biologie et aussi dans le domaine militaire. En outre, nous donnons une description des puits quantiques tels que leurs fabrications et leurs structures.

I.2 Définition d'un laser :

Le mot laser est l'acronyme de l'anglais ; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Un laser est un dispositif qui permet l'amplification de la lumière faisant appel à l'émission stimulée et induite. La lumière qu'il émet possède plusieurs propriétés exceptionnelles. D'une part, elle est presque monochromatique et cohérente et d'autre part elle est très intense.

I.3 Principe et fonctionnement du laser

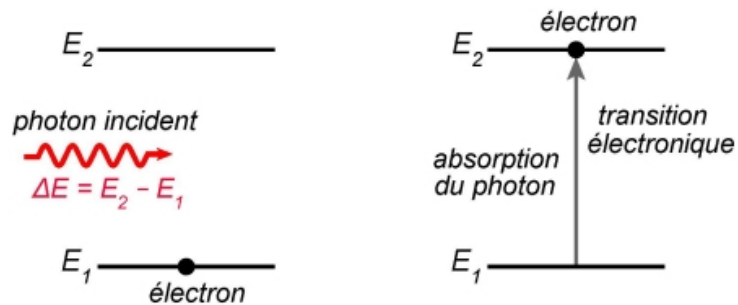
Pour comprendre le fonctionnement du laser, il suffit de comprendre quatre phénomènes principaux qui se passent dans l'atome et qui sont:

- L'absorption
- L'émission spontanée
- L'émission stimulée
- Le pompage optique

I.3.1 L'absorption :

Prenons le cas d'un atome idéal à 2 niveaux d'énergie E_1 et E_2 . Initialement, l'atome se trouve dans son état fondamental d'énergie E_1 . Lorsqu'on excite cet atome à l'aide d'un photon par exemple l'électron absorbe l'énergie et passe du niveau 1 vers le niveau 2 comme l'illustre la figure 1.1, au bout d'un certain temps, appelé temps de relaxation, l'atome va relaxer dans le niveau fondamental en émettant l'énergie $E_2 - E_1$ sous forme d'un photon¹.

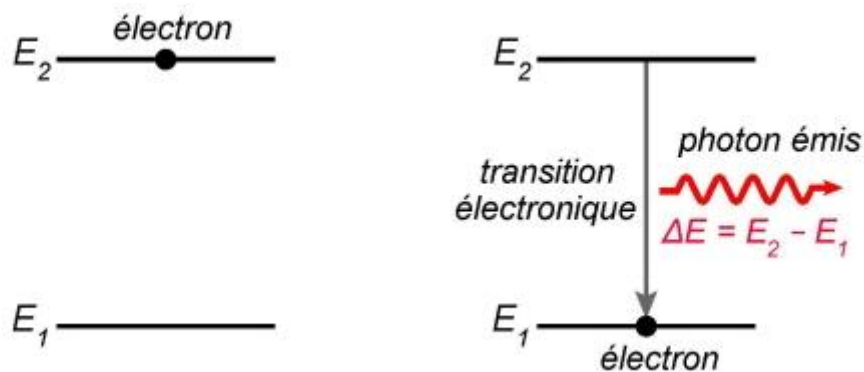
¹Développement d'oscillateurs lasers à fibre de forte puissance moyenne et à durée d'impulsion ajustable, M. François Sanchez et M. Philippe Grelu, Université de Bordeaux.



Figure² 1.1 : Mécanisme d'absorption par un atome.

I.3.2 L'émission spontanée :

L'émission spontanée est un phénomène aléatoire, car on ne peut pas prévoir quand et comment la transition se fera, et le photon est émis selon une direction aléatoire. La figure 1.2 montre une transition d'un électron avec émission spontanée d'un photon.



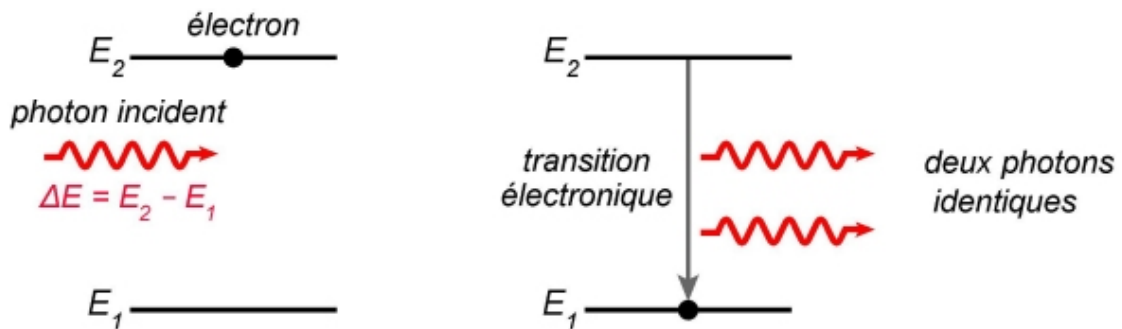
Figure³ 1.2 : Mécanisme d'émission spontanée par un atome.

²<https://www.maxicours.com/se/cours/l-emission-stimulee---le-laser>.

³<https://www.maxicours.com/se/cours/l-emission-stimulee---le-laser>

I.3.3 L'émission stimulée :

Sous l'action d'une perturbation électromagnétique (un photon par exemple), un électron peut faire une transition vers un niveau inférieur en émettant un deuxième photon, ces deux photons ont la même relation de phase, le même vecteur d'onde, la même énergie et la même polarisation [9]. Cette transition on l'appelle émission stimulée ou induite (Figure 1.3).

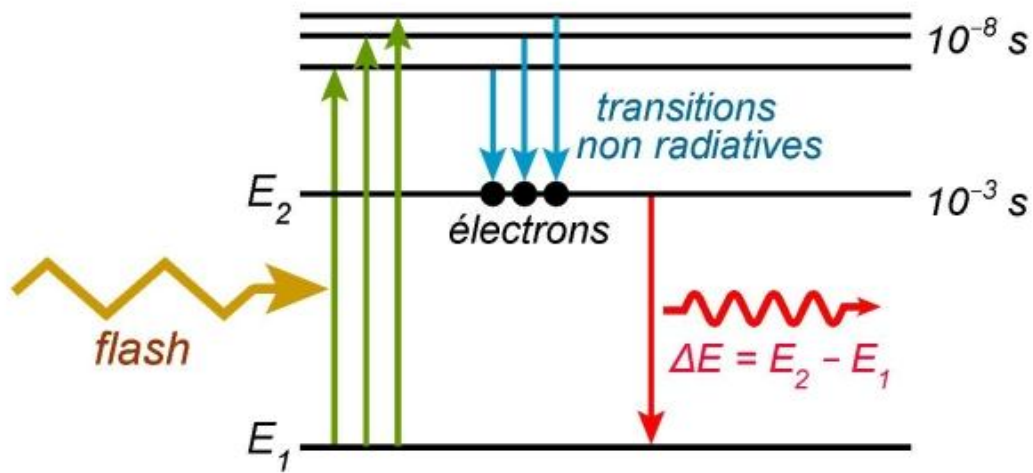


Figure⁴ 1.3 : Mécanisme d'émission stimulée.

I.3.4 Le pompage optique :

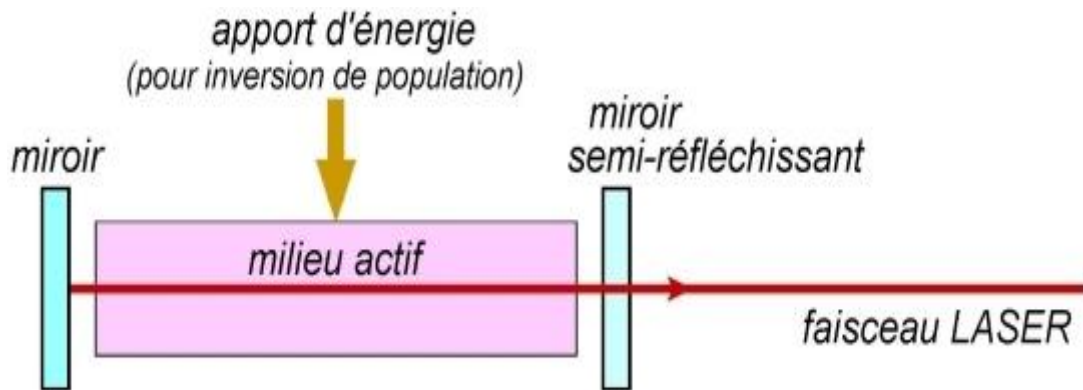
Les électrons dans les atomes absorbent l'énergie des photons et passent d'un niveau inférieur vers un niveau supérieur. Lorsque l'électron retourne à son état fondamental, il émet de la lumière laser et il est soumis à un nouveau flash. Le processus d'excitation des électrons pour inverser leurs populations on l'appelle le pompage optique.

⁴<http://tpelaser2014-larochevoucauld.e-monsite.com/pages/caracteristique-du-laser/principe-et-fonctionnement-du-laser.html>



Figure⁵ 1.4 : Le pompage optique pour le laser à rubis.

I.4 Les éléments essentiels d'un laser :



Figure⁶ 1.5 : Les éléments essentiels d'un laser.

⁵<https://www.maxicours.com/se/cours/l-emission-stimulee---le->

⁶<https://www.maxicours.com/se/cours/l-emission-stimulee---le->

Un laser est constitué de trois éléments qui permettent la production des rayons lasers (Fig. 1.5)

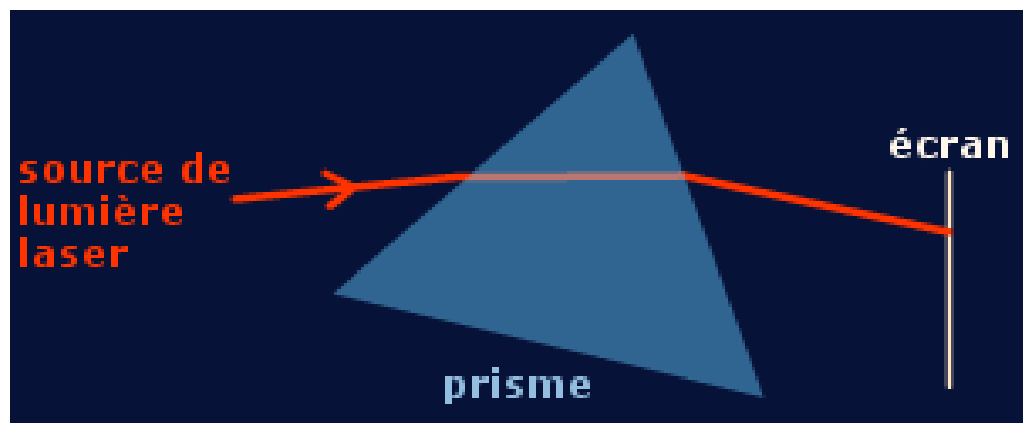
- a. Le milieu actif : Milieu dans lequel les rayons lumineux sont produits.
- b. Le système de pompage : système qui provoque l'émission des rayons lumineux.
- c. La Cavité résonante : (deux miroirs) cavité dans laquelle les rayons lumineux rebondissent et sont amplifiés.

I.5 Les caractéristiques principales d'un laser :

Les rayons de la lumière naturelle sont spatialement et temporellement incohérents, tandis que la lumière laser est monochromatique, directionnelle et cohérente.

I.5.1 Notion de radiation monochromatique :

Pour une source de lumière qui émet de la lumière qui se compose d'une seule fréquence, nous obtenons un spectre constitué d'une seule ligne correspondant au rayonnement émis par la source.



Figure⁷ 1.6 : Radiation monochromatique

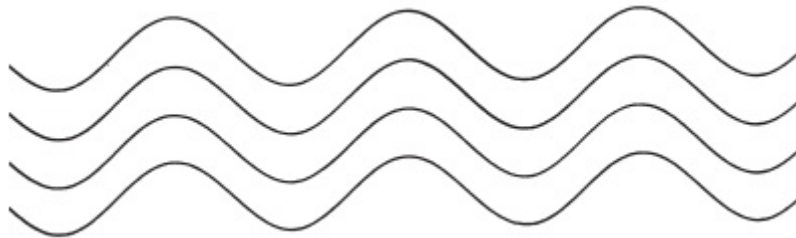
⁷<https://www.maxicours.com/se/cours/ondes-lumineuses-mono-polychromatiques>

Dans l'expérience du prisme : Lorsque nous remplaçons la source de lumière blanche par le laser, le prisme dévie le faisceau laser mais ne le casse pas.

Le laser génère une lumière presque monochromatique constituée d'un seul rayonnement. Ce rayonnement est caractérisé par la fréquence ou la longueur d'onde comme le montre la figure 1.6.

I.5.2 Cohérence :

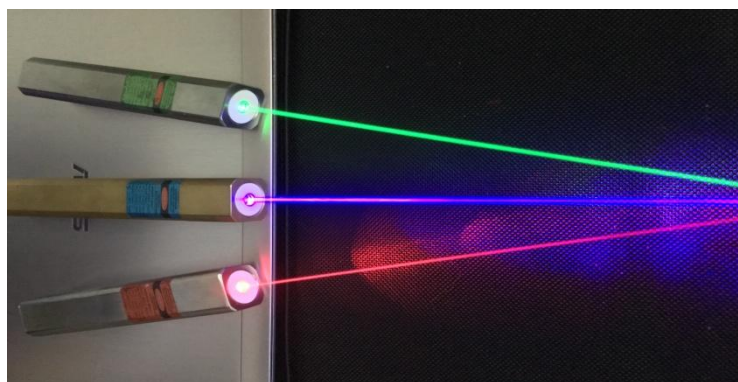
Les lasers émettent des rayonnements de longueur d'onde presque identique, tous en phase et qui le demeurent sur toute leur trajectoire (cohérence spatiale et temporelle)¹⁰, Comme le montre la figure1.7.



Figure⁸ 1.7 : Cohérence.

I.5.3 Directivité :

Les rayonnements émis par le laser ne sont pas dispersés mais ils sont presque parallèles et gardent la même direction¹¹ comme illustré sur la figure 1.8



Figure⁹ 1.8: Image représentant le rayonnement émis par un laser.

⁸<https://ehs.oregonstate.edu/laser/training/definition-and-properties-laser-light>

⁹[https://fr.wikipedia.org/wiki/Pointeur_laser_\(pr%C3%A9sentation\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pointeur_laser_(pr%C3%A9sentation))

I.5.4 Puissance :

Le faisceau laser peut être parfaitement focalisable sur une très petite surface (point) ce qui élève rapidement sa puissance.

I.6 La lumière :

Dans le vide, toutes les radiations électromagnétiques, dont la lumière, se propagent à la célérité. D'autre part, le lien entre la fréquence d'une onde électromagnétique et sa longueur d'onde dans le vide est donnée par

$$\lambda \cdot f = c.$$

f : La fréquence d'une onde électromagnétique (en Hz).

c : La vitesse de la lumière (en m/s).

λ : La longueur d'onde (en m).

I.7 La différence entre les faisceaux laser et la lumière naturelle :

La lumière laser en générale n'a qu'une seule longueur d'onde, qui est déterminée par la quantité d'énergie du photon. En revanche la lumière naturelle contient plusieurs longueurs d'onde. D'un autre côté la lumière laser reste centrée sur de longues distances car elle est de nature cohérente, quant à la lumière naturelle, elle est incohérente et se propage dans des directions différentes.

I.8 Les types de lasers :

Il existe de nombreux types de lasers, et chacun d'eux a une utilisation particulière, et chaque type dépend de la nature de la matière utilisée dans sa fabrication, solide, liquide ou gazeux.

I.8 .1 Les lasers à solide :

Un laser solide est un laser dont le milieu actif est constitué d'un matériau solide par exemple un barreau de rubis (Al_2O_3). Le pompage optique est réalisé en entourant le barreau par une lampe flash intense.

I.8.2 Laser à gaz :

Un laser à gaz est un laser dans lequel un courant électrique est déchargé à travers un gaz à l'intérieur du milieu laser pour produire les faisceaux laser, c'est-à-dire que le milieu laser à l'état gazeux détermine la longueur d'onde du laser. Il est utilisé dans des applications qui nécessitent un laser de très haute qualité et de longues longueurs d'onde de cohérence.

I.8.2.1 Les types de lasers à gaz :

Parmi les lasers à gaz les plus courants, on trouve : Laser à hélium (He), laser au néon (Ne), laser à argon ionique, laser au monoxyde de carbone, laser à l'azote et laser au dioxyde de carbone comme le montre la figure 1.9



Figure ¹¹ 1.9 : Un laser au dioxyde de carbone.

¹¹https://fr.wikipedia.org/wiki/Laser_h%C3%A9lium-n%C3%A9onPage 10

II.8.3 Laser liquide :

Un laser liquide est un laser qui utilise un liquide comme support où la lumière fournit de l'énergie au milieu laser, dont un exemple est le laser à colorant. C'est un laser qui utilise un colorant organique mélangé à un solvant comme milieu laser, ce laser génère de la lumière à partir des états d'énergie excitants des colorants organiques dissous dans des solvants liquides, et il produit des rayons ultraviolets et infrarouges.

I.8.4 Laser à semi-conducteur :

Dans un laser à semiconducteur on utilise des matériaux semiconducteurs sous forme de puits quantique, diode ou super réseaux dans lequel l'énergie électrique est utilisée comme source d'excitation des atomes.

I.9 Les applications des lasers :

I.9.1 Les applications médicales et biologiques :

Le laser vert Alarcon Ion est utilisé dans le traitement du décollement de la rétine de l'œil et dans le traitement du strabisme, ainsi que dans le traitement de la rupture tissulaire à l'intérieur de la cornée (Figure 1.10)



Figure ¹² 1.10 : L'utilisation des lasers en médecine et en chirurgie.

¹² <https://www.dreamstime.com/photos-images/eye-laser.html>Page 11

Le laser au dioxyde de carbone est également utilisé pour effectuer une intervention chirurgicale à l'intérieur du corps humain dans des zones difficiles à atteindre par la main du chirurgien par les méthodes traditionnelles, telles que les parois du cœur, la paroi interne de l'œsophage, les poumons et le crâne. Les lasers sont également utilisés pour éliminer les caillots sanguins à l'intérieur des vaisseaux sanguins et des valves cardiaques.

Le laser néodyme-yak est utilisé pour éliminer les tatouages et les marqueurs génétiques de la peau humaine (Figure 1.11), qui sont un regroupement de vaisseaux sanguins dans une zone limitée. Les chirurgies esthétiques utilisant des lasers ont réussi à effectuer des opérations avec des taux de succès et d'élimination. Le laser au dioxyde de carbone est utilisé dans les opérations visant à éliminer les tumeurs et les cellules cancéreuses avec succès et d'une manière qui n'était pas possible avec les méthodes traditionnelles.



Figure ¹³ 1.11 : Utilisation d'un laser pour tatouer.

Les lasers qui fonctionnent dans l'ultraviolet et les rayons X sont utilisés pour photographier les cellules vivantes sans les détruire, car ces longueurs d'onde sont absorbées par les tissus de ces cellules

¹³https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9tatouage_laserPage 12

I.9.2 Les applications militaires :

Dans les applications militaires, les lasers sont largement utilisés dans les avions, les missiles et les radars. Il utilise également des lasers à semiconducteurs qui fonctionnent dans la région visible des longueurs d'onde pour diriger les armes et améliorer la précision des frappes ainsi que dans le processus de direction et de suivi de la trajectoire des missiles.



Figure ¹⁴ 1.12 : Les applications militaires des lasers.

I.10 Les avantages de l'utilisation d'un laser :

- 1- Il n'y a pas de contact direct entre l'échantillon et le système laser, et donc il n'y a pas de contamination ou de contrainte mécanique.
- 2- L'utilisation du laser n'affecte pas les propriétés physiques du matériau.
- 3- Le laser peut être utilisé avec différents matériaux tels que les métaux, la céramique, le verre et le bois sans endommager le matériau.
- 4- La capacité de travailler dans des endroits difficiles.
- 5- Le travail se fait à grande vitesse et avec précision
- 6- Le processus d'utilisation du laser peut être programmé automatiquement.
- 7- Le travail avec un laser s'effectue sans pollution.

I.11 Les puits quantiques

I.11.1 Définition et fabrication :

Un puits quantique est une structure qui permet le confinement des électrons à deux dimensions. Le puits quantique est fabriqué par la croissance en couche de deux ou trois matériaux semi-conducteurs sous forme de 'sandwich'. Ces couches pouvant être de l'ordre de quelques monocouches atomiques. La fabrication de ces structures se fait à l'aide de la technique d'épithaxie par jets moléculaire (Moléculaire Bean Epitaxy : MBE) comme illustrée ci-dessous. Les puits quantiques trouvent de nombreuses applications technologiques en électronique et optoélectronique tels que les cellules photovoltaïques et les lasers [10] .

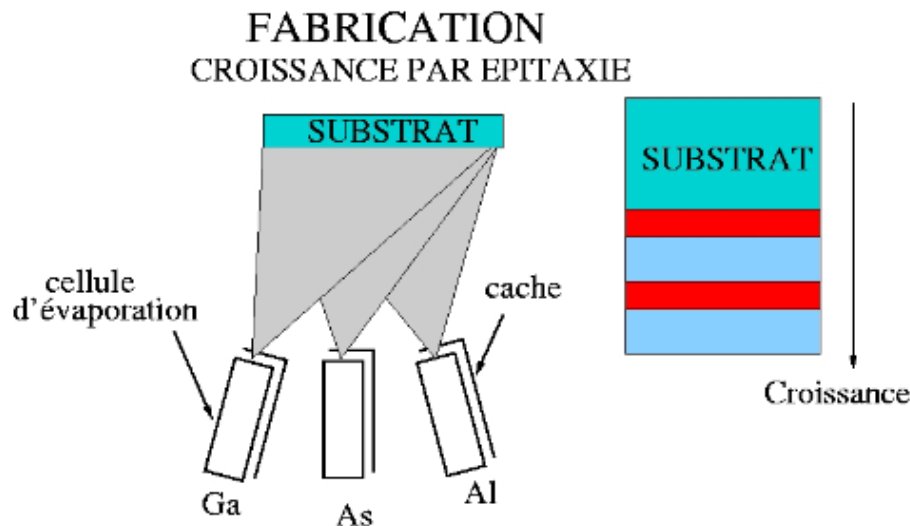


Figure 1.13 : Principe d'une expérience d'épithaxie par jets moléculaires.

Les conditions de croissance des hétérostructures sont assez strictes. Il faut en particulier que les paramètres de maille ainsi que les structures cristallines soient relativement proches. En revanche l'épaisseur des couches on peut les faire varier facilement.

Par exemple le système GaAs / $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ le désaccord de maille est faible comme on le voit sur la figure (1.14) :

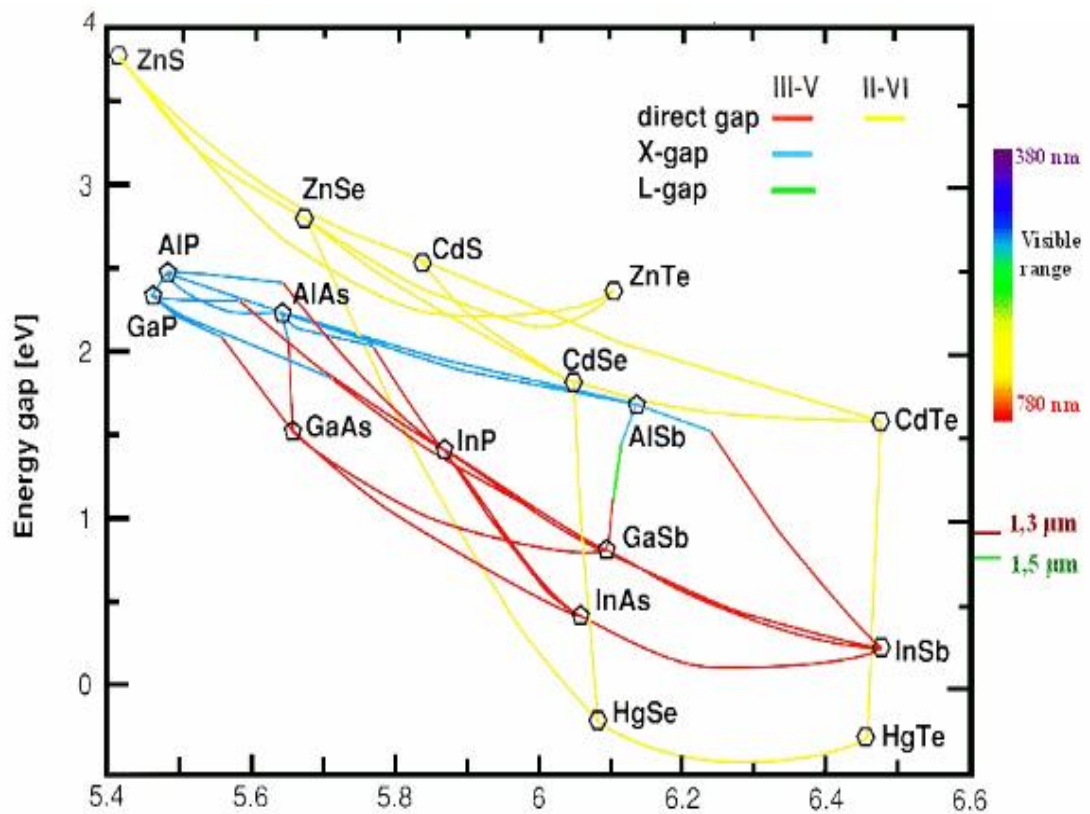


Figure 1.14 : Relation entre matériaux, structure atomique, paramètre de maille et gap électronique.

I.11.2 Les différents types de puits quantiques :

La différence entre le gap du matériau A et celui du matériau B fait apparaître des barrières de potentiels, on distingue trois types de puits quantiques. Nous nous intéressons au type 1 dont les électrons et les trous sont confinés dans le même matériau constituant le puits (Voir figure 1.15). L'exemple que nous étudions est le $\text{GaAs} / \text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$.

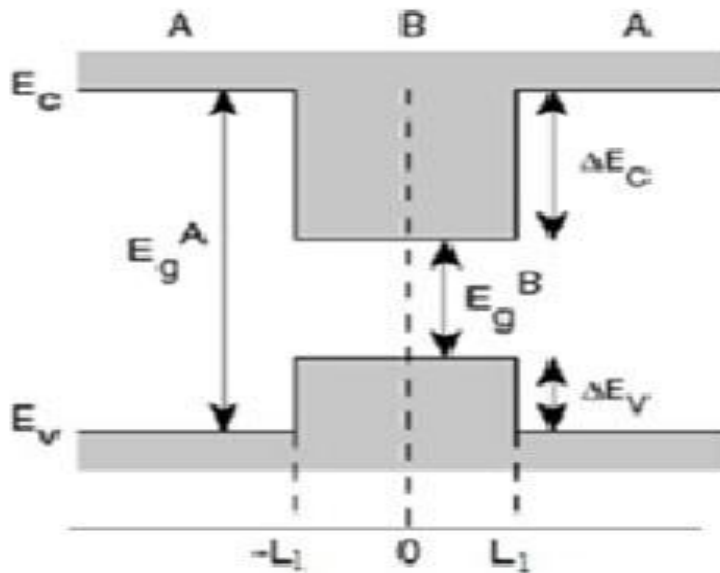


Figure 1.15 : Profil de potentiel dans un puits quantique de type I.

I.12 Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté une description des lasers, leurs principes de fonctionnements et leurs applications technologiques. Malgré la diversité des types de lasers, le laser semiconducteur présente un intérêt tout particulier grâce à ses avantages, tels que ses faibles coûts et il est moins encombrant.

Chapitre 2 :

L'Arséniure de gallium et l'Arséniure d'aluminium

Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude des propriétés électroniques et mécaniques de l'Arséniure de gallium et de l'Arséniure d'aluminium, en donnant leurs valeurs des constantes élastiques et les vitesses du son et en calculant aussi les densités électroniques dans les plans cristallographiques (001) et (111).

II. Propriétés mécaniques et électroniques de l'Arséniure de gallium et de l'Arséniure d'aluminium

L'Arséniure de gallium et de l'Arséniure d'aluminium sont des matériaux importants utilisés en électronique et en optoélectronique [11] tels que les circuits intégrés, les diodes électroluminescentes dans l'infrarouge, les cellules photovoltaïques et les lasers à semiconducteurs. Ces matériaux possèdent des propriétés intéressantes voici quelques propriétés :

II.1 L'Arséniure de gallium

II.1.1 Les constantes élastiques :

Les constantes élastiques sont des grandeurs macroscopiques reliant entre les contraintes et les déformations. Elles permettent de calculer la vitesse de propagation du son comme indiquées dans les tableaux 1 et 2 pour plusieurs modes et pour différentes directions de propagation.

C_{ij}, S_{ij}	GaAs
$C_{11} (10^1 \text{dyn/cm}^2)$	11.88
$C_{12} (10^1 \text{dyn/cm}^2)$	5.38
$C_{44} (10^1 \text{dyn/cm}^2)$	5.94
$C_{11} (10^1 \text{dyn/cm}^2)$	1.17
$C_{12} (10^1 \text{dyn/cm}^2)$	-0.37
$C_{44} (10^1 \text{dyn/cm}^2)$	1.68v

Tableau 1 : Les constantes élastiques du GaAs.

Direction de propagation	Mode	Vitesse du son (10^5 cm/s)
		GaAs
[100]	LA	4.73
[100]	TA1,TA2	3.34
[110]	LA	5.23
[110]	TA1	2.47
[110]	TA2	3.34
[111]	LA	5.39
[111]	TA1,TA2	2.79

Tableau 2 : Vitesse du son calculée pour le GaAs

II.1.2 Structure cristalline

L'arséniure de gallium possède une structure de type diamant c'est à dire une structure de type cubique face centrée. Il appartient à la famille des semiconducteurs III-V parce que le gallium appartient à la colonne III du tableau périodique par contre l'arsenic à la colonne V. La figure 2.1 illustre une maille conventionnelle du GaAs construit en utilisant le logiciel Vesta [12]. L'atome de Gallium est représenté en couleur rouge tandis que pour l'atome d'arsenic est en bleu. La constante de réseau est égale à 0,565 nm.

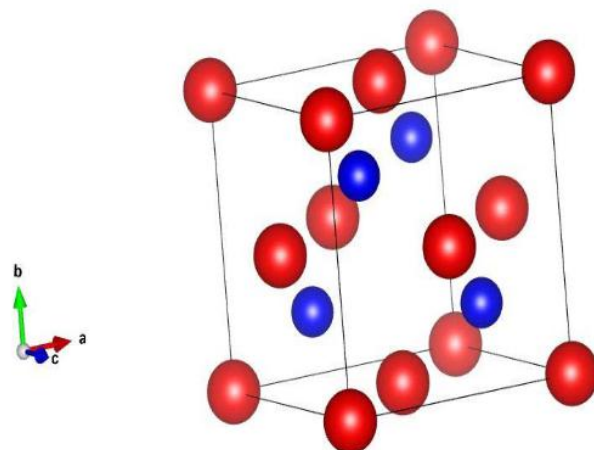


Figure 2.1 :Maille conventionnelle du GaAs.

II.1.3 Densité électronique

En utilisant le logiciel Vesta nous calculons la densité électronique pour différents plans cristallographiques. La Figure 2.2 illustre la densité électronique dans le plan (001), tandis que la figure 2.3 représente la même densité mais à deux dimensions.

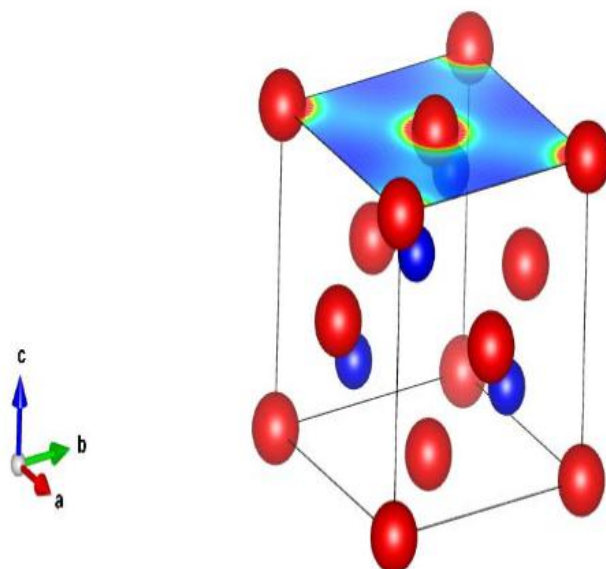


Figure 2.2 :Densité électronique dans le plan (001) dans une maille.

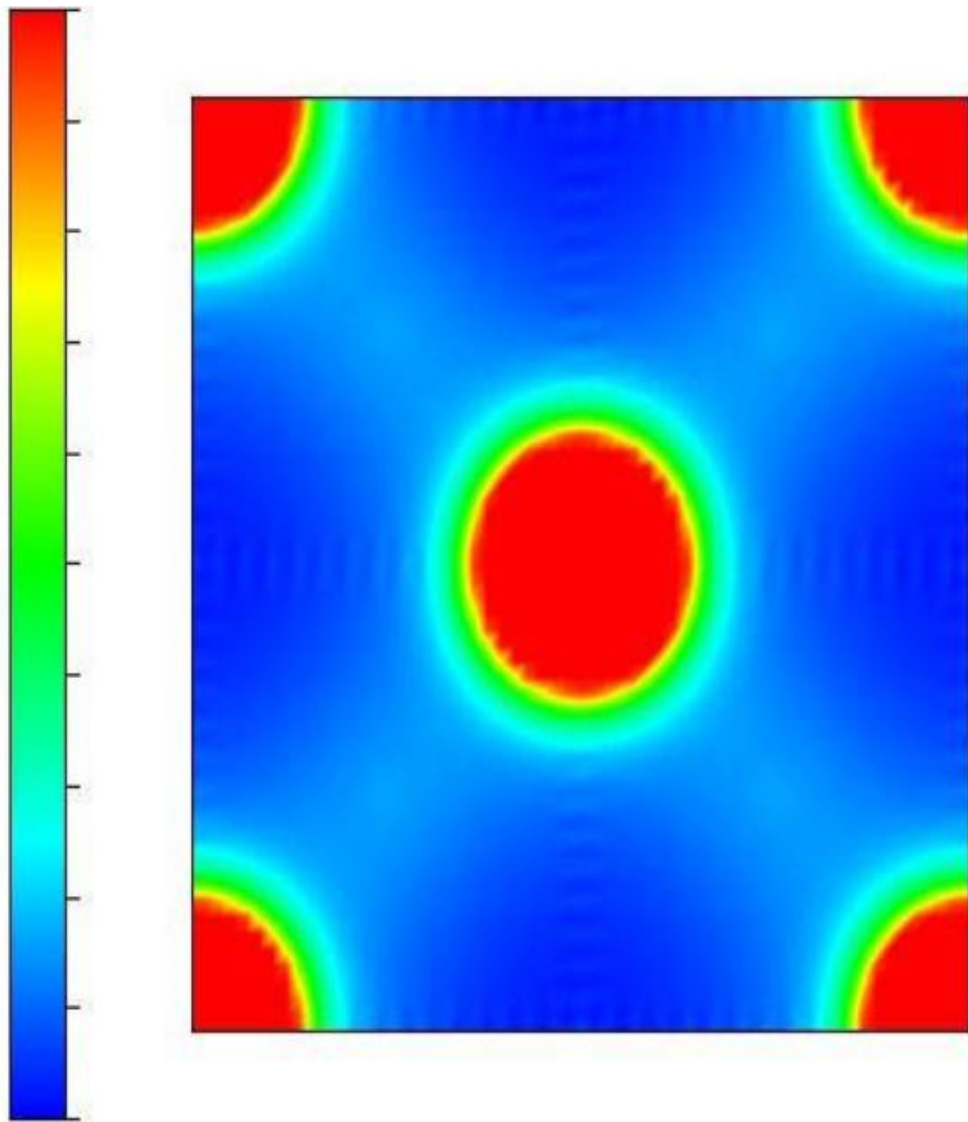


Figure 2.3:Densité électronique dans le plan (001) à deux dimensions.

La Figure 2.4 et 2.5 représentent la densité électronique dans le plan (111). On remarque dans ce cas une forte densité électronique par rapport au plan (001). En notant ici que la couleur bleue représente une faible densité électronique, En revanche la couleur rouge c'est l'inverse.

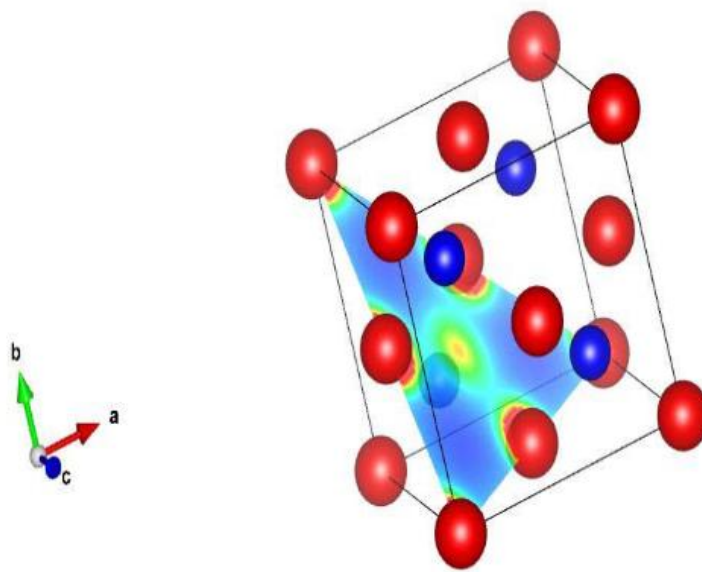


Figure 2.4 : Densité électronique dans le plan (111) dans une maille.

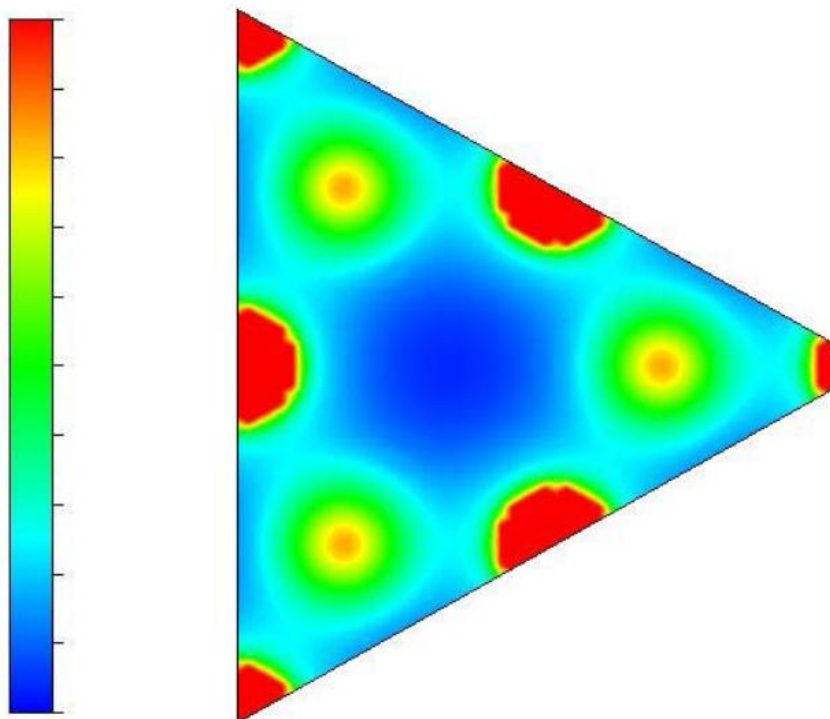


Figure 2.5 : Densité électronique dans le plan (111) à deux dimensions.

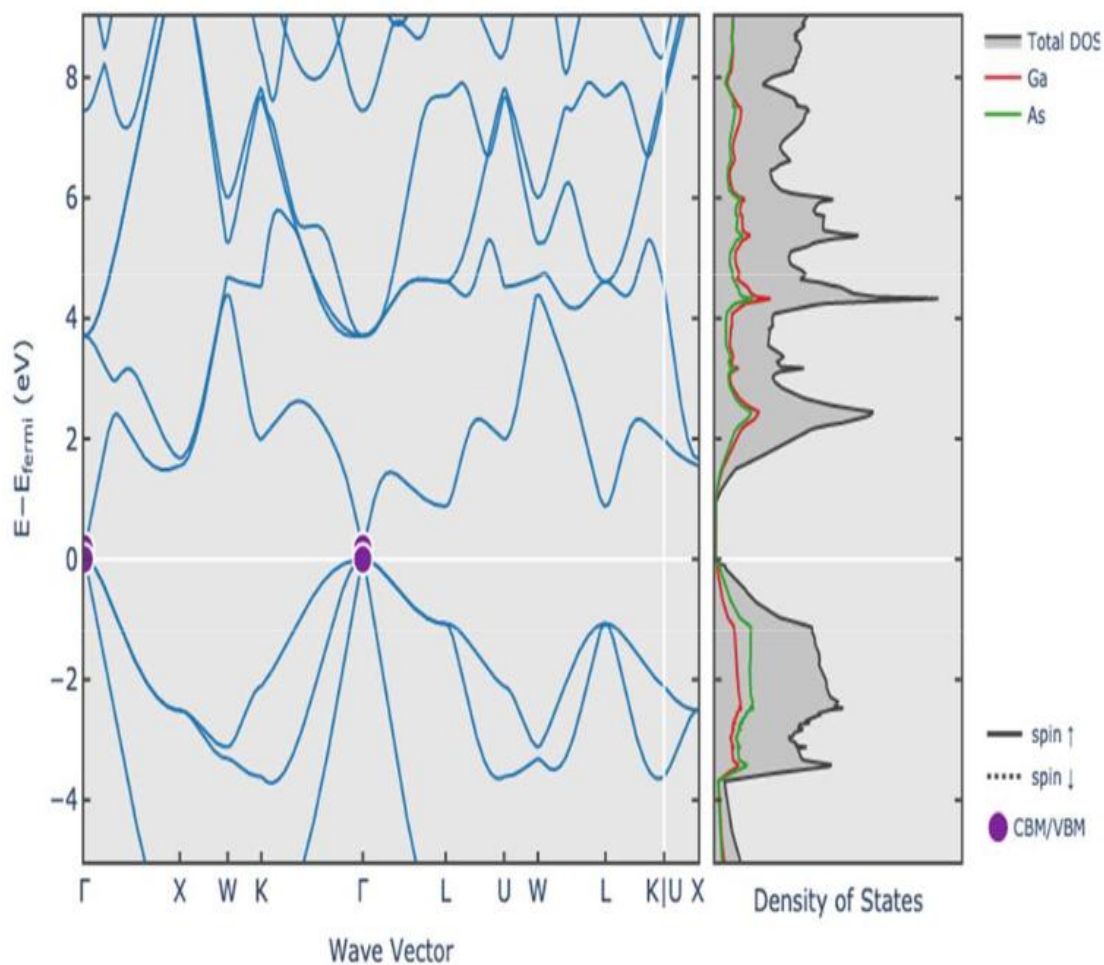


Figure 2.6 : Structure de bande et densité d'états du GaAs.

La figure 2.6 [12-21] montre la structure de bande et la densité d'états du GaAs avec un gap direct 1,4 eV. En notant ici que ce matériau est très efficace à émettre de la lumière que le silicium par conséquent il est très utilisé pour fabriquer des composants électroniques rapides.

II.2 L'Arséniure d'aluminium

II.2.1 Les constantes élastiques

C_{ij}, S_{ij}	ALAs
$C_{11}(10^{11} \text{ dyn/cm}^2)$	12.02
$C_{12}(10^{11} \text{ dyn/cm}^2)$	5.70
$C_{44}(10^{11} \text{ dyn/cm}^2)$	5.89
$S_{11}(10^{-12} \text{ cm}^2/\text{dyn})$	1.20
$S_{12}(10^{-12} \text{ cm}^2/\text{dyn})$	-0.39
$S_{44}(10^{-12} \text{ cm}^2/\text{dyn})$	1.70

Tableau 3 : Les constantes élastiques de l'ALAs.

C_{ij}, S_{ij}	$AL_xGa_{1-x}As$
$C_{11}(10^{11} \text{ dyn/cm}^2)$	11.88+0.14x
$C_{12}(10^{11} \text{ dyn/cm}^2)$	5.38+0.32x
$C_{44}(10^{11} \text{ dyn/cm}^2)$	5.94-0.05x
$S_{11}(10^{-12} \text{ cm}^2/\text{dyn})$	1.17+0.03x
$S_{12}(10^{-12} \text{ cm}^2/\text{dyn})$	-0.37-0.02x
$S_{44}(10^{-12} \text{ cm}^2/\text{dyn})$	1.68+0.02x

Tableau 4 : Les constantes élastiques de $AL_xGa_{1-x}As$.

Les tableaux 3 et 4 représentent respectivement les constantes élastiques pour GaAs et $AL_xGa_{1-x}As$ tandis que, les tableaux 5 et 6 montrent respectivement les vitesses du son pour GaAs et $AL_xGa_{1-x}As$ calculées pour plusieurs directions de propagation.

Direction de propagation	Mode	Vitesse du son (10^5 cm/s)
		ALAs
[100]	LA	5.68
[100]	TA1,TA2	3.97
[110]	LA	6.29
[110]	TA1	2.91
[110]	TA2	3.97
[111]	LA	6.48
[111]	TA1,TA2	3.30

Tableau 5 : Vitesse du son calculée pour ALAs.

Direction de propagation	Mode	Vitesse du son (10^5 cm/s)
		$AL_xGa_{1-x}As$
[100]	LA	$4.73 + 0.69x + 0.26x^2$
[100]	TA1,TA2	$3.34 + 0.49x + 0.14x^2$
[110]	LA	$5.23 + 0.78x + 0.28x^2$
[110]	TA1	$2.47 + 0.32x + 0.12x^2$
[110]	TA2	$3.34 + 0.49x + 0.14x^2$
[111]	LA	$5.39 + 0.79x + 0.30x^2$
[111]	TA1,TA2	$2.79 + 0.37x + 0.14x^2$

Tableau 6 : Vitesse du son calculée pour $AL_xGa_{1-x}As$.

II.2.2 Structure cristalline

L'Arséniure d'aluminium est un semiconducteur de structure cristalline similaire au GaAs avec une constante de réseau très proche du GaAs et $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ lorsque x égale à 0,3. Par conséquent on l'utilise dans les hétérostructures comme un puits quantique AlAs/GaAs/AlAs ou dans un super réseau GaAs/AlAs. La figure 2.7 représente une maille conventionnelle de l'Arséniure d'aluminium dont L'atome d'aluminium est représenté en couleur rouge tandis que pour l'atome de l'Arséniure est en couleur verte.

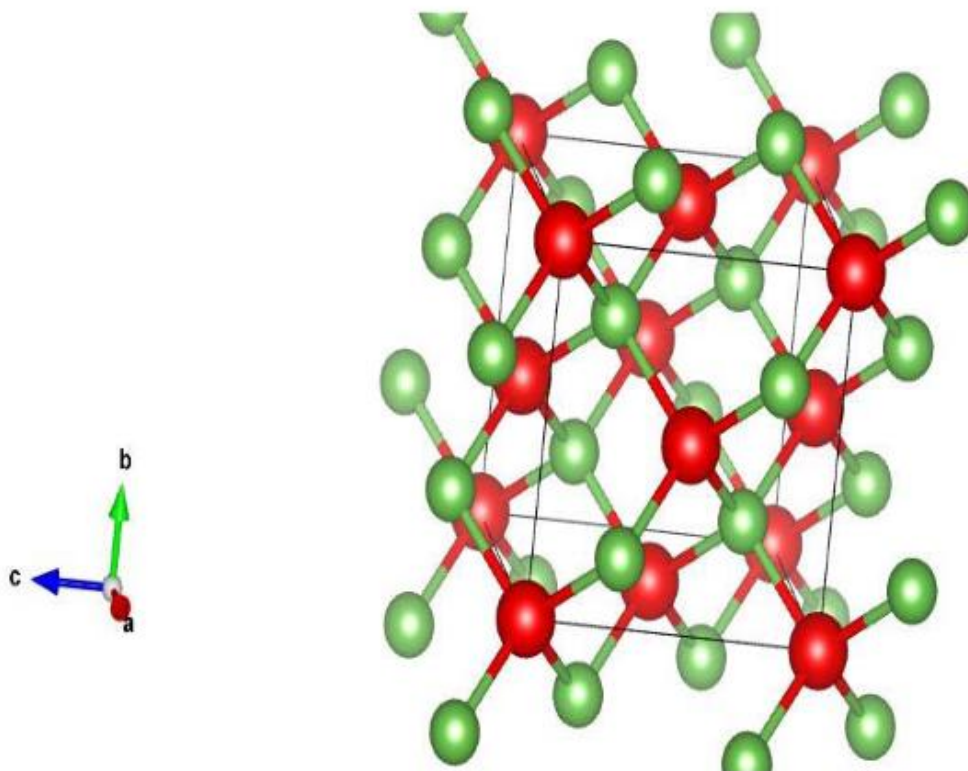


Figure 2.7 : Maille conventionnelle de AlAs.

II.2.3 Densité électronique

La Figure 2.8 et 2.9 représentent la densité électronique dans le plan (100) pour l'Arséniure d'aluminium tandis que la figure 2.10 et 2.11 montre la densité pour le plan (111).

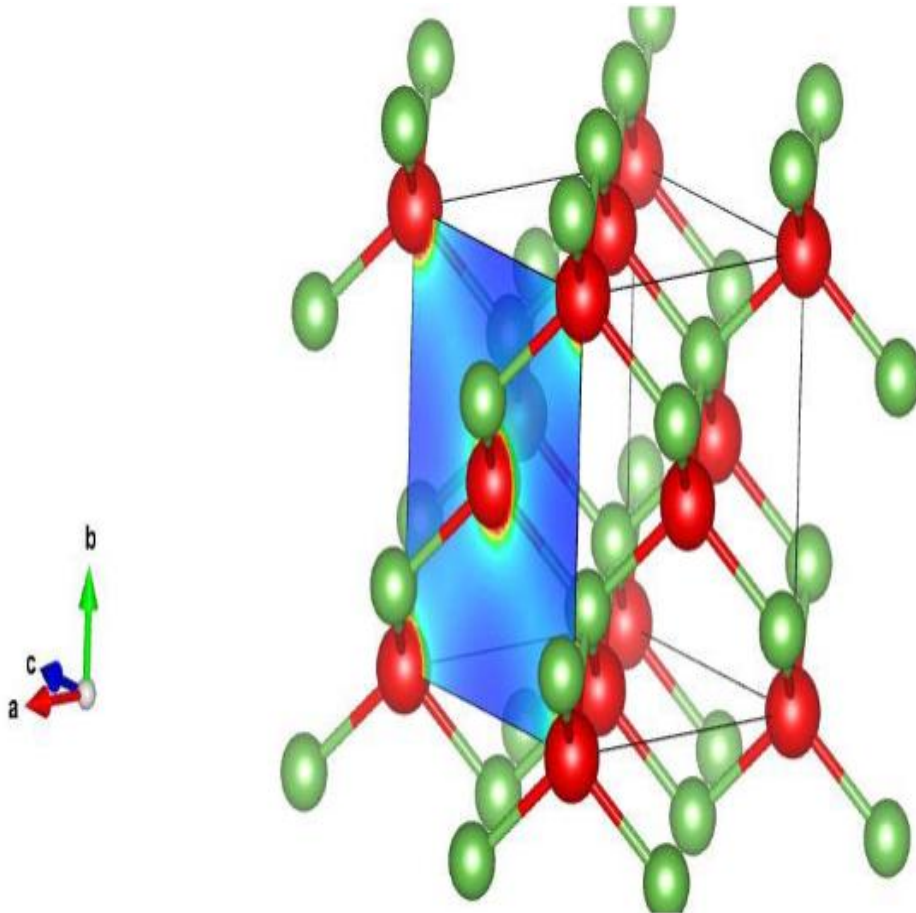


Figure 2.8 : Densité électronique dans le plan (100) dans une maille.

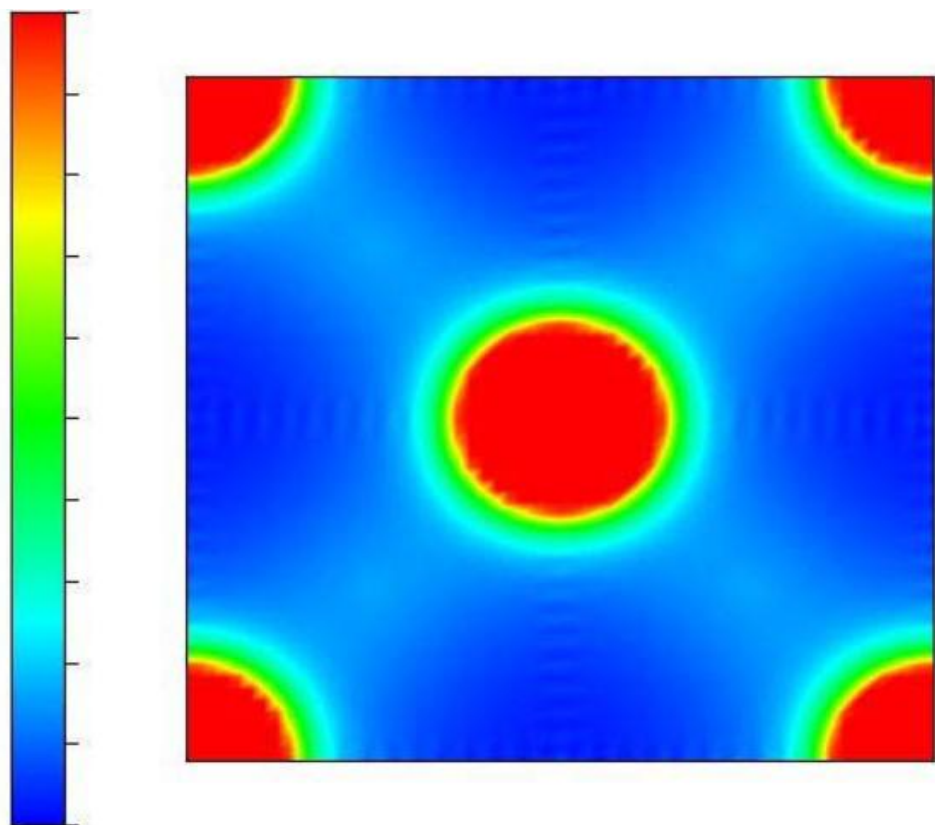


Figure 2.9 : Densité électronique dans le plan (100) à deux dimensions.

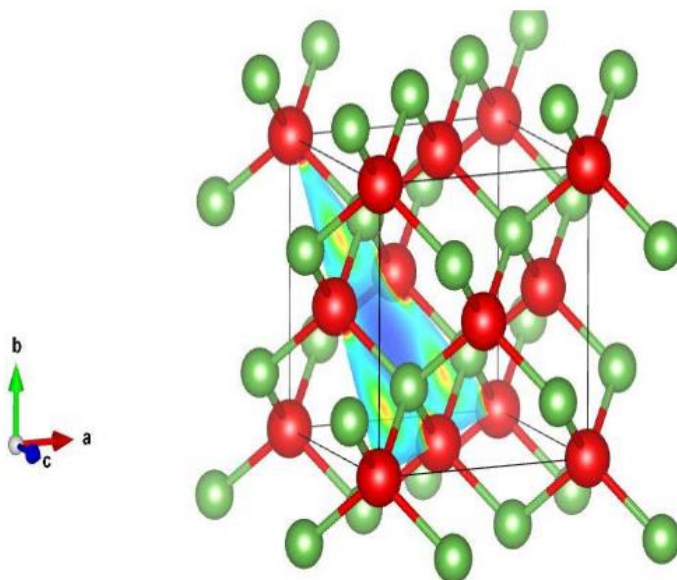


Figure 2.10 : Densité électronique dans le plan (111) dans une maille.

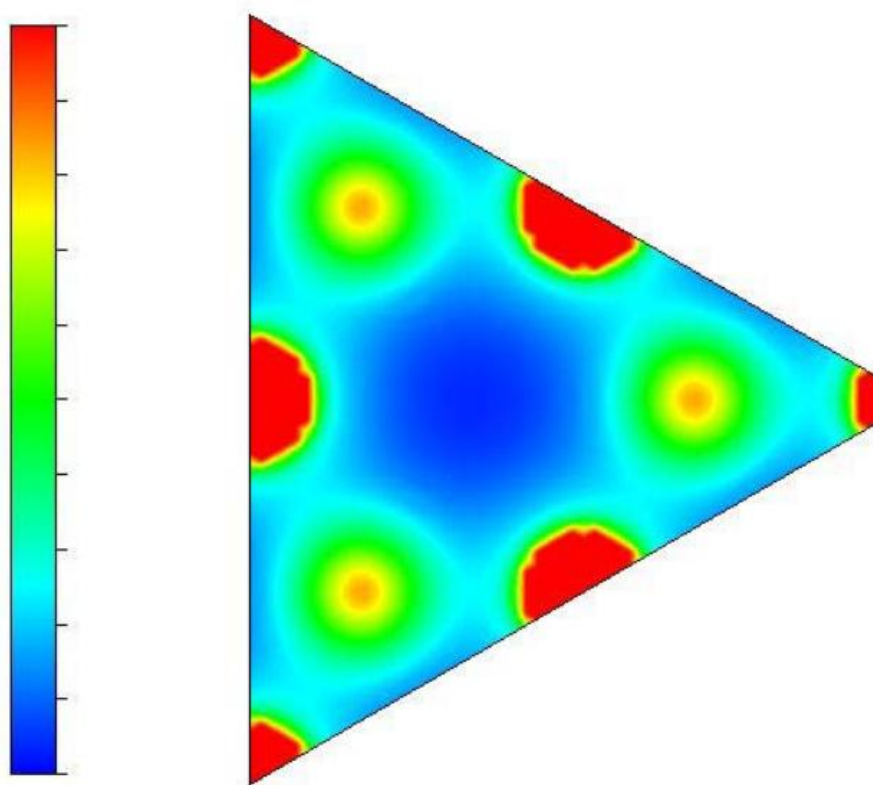


Figure 2.11 : Densité électronique dans le plan (111) à deux dimensions.

II.3 Conclusion

Dans notre deuxième chapitre, nous avons étudié les propriétés électroniques et mécaniques des matériaux de l'arséniure de gallium et de l'arséniure d'aluminium en calculant la densité électronique dans les plans cristallographiques. Nos résultats montrent que la densité électronique dans le plan (111) est la plus importante.

Chapitre 3 :

Les taux de diffusions

Introduction

Dans chapitre, nous déterminons les fonctions d'ondes ainsi que la structure électronique de la bande de valence dans un puits quantique en utilisant la méthode k.p [22]. De plus, nous calculons les taux de diffusions dus à l'interaction des trous avec les phonons optiques polaires.

III.1 Les énergies dans un Puits quantique

Dans un puits quantique, les électrons et les trous sont confinés dans la direction de la croissance des couches.

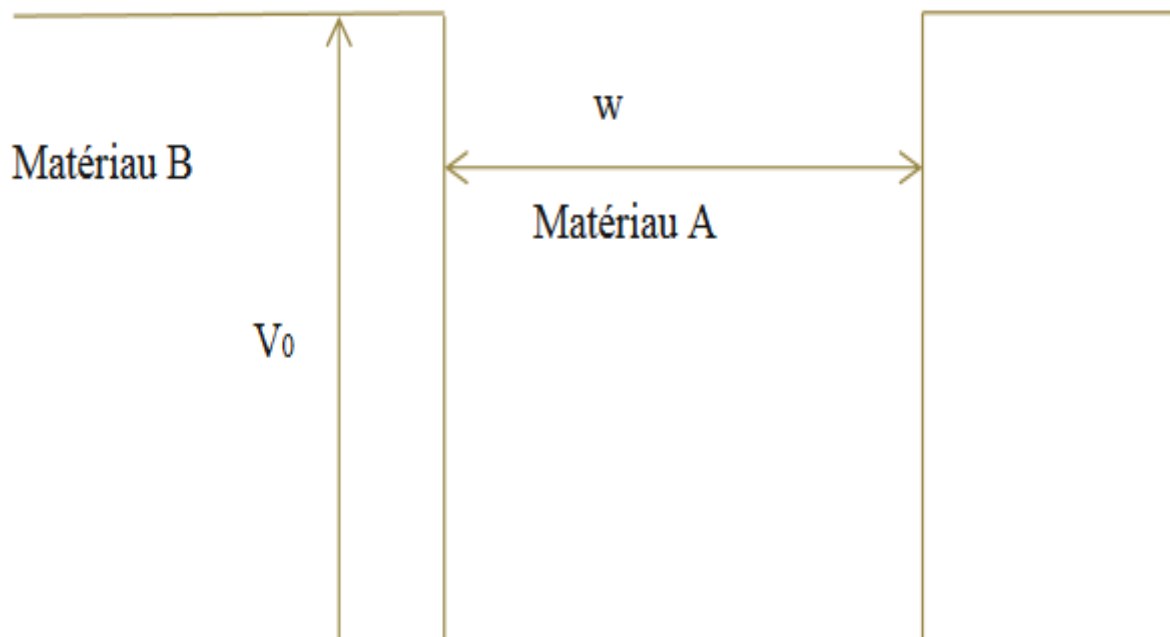


Figure 3.1: Profil d'un puits quantique de profondeur V_0 .

On considère un puits quantique de largeur w et de profondeur V_0 avec l'axe de croissance pris comme étant la direction z . L'équation de Schrödinger s'écrit comme suit :

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m^*} \frac{d^2}{dz^2} + V(z) \right] P_n(z) = E P_n(z) \quad (3.1)$$

Le potentiel $V(z)$ est donné par

$$V(z) = \begin{cases} 0 & |z| \leq \frac{w}{2} \\ V_0 & |z| > \frac{w}{2} \end{cases} \quad (3.2)$$

Les fonctions d'ondes paires $P_n(z)$ dans le puits quantique sont données par

$$P_n(z) = \begin{cases} A_1 e^{K_n z} & z < -\frac{w}{2} \\ A_2 \cos(k_n z) & -\frac{w}{2} \leq z \leq \frac{w}{2} \\ A_3 e^{-K_n z} & z > \frac{w}{2} \end{cases} \quad (3.3)$$

Pour les fonction impairs par

$$P_n(z) = \begin{cases} -B_1 e^{K_n z} & z < -\frac{w}{2} \\ B_2 \sin(k_n z) & -\frac{w}{2} \leq z \leq \frac{w}{2} \\ B_3 e^{-K_n z} & z > \frac{w}{2} \end{cases} \quad (3.4)$$

Avec A_i et B_i sont les constantes de normalisation des fonctions d'ondes. Les vecteurs d'ondes k_n et K_n s'écrivent :

$$E_n = \frac{\hbar^2 k_n^2}{2m_A^*} \quad (3.5)$$

$$E_n = V_0 - \frac{\hbar^2 K_n^2}{2m_B^*} \quad (3.6)$$

m_A^* et m_B^* étant respectivement les masses effectives dans les matériaux A et B.

En utilisant la continuité de $P_n(z)$ et $\frac{1}{m^*} \frac{dP_n(z)}{dz}$ qui représentent la continuité du courant de probabilité, on obtient les équations suivantes :

$$\tan\left(\frac{k_n L}{2}\right) = \frac{m_A^* k_n}{m_B^* k_n} \quad n=1,3,5 \quad (3.7)$$

$$\cot\left(\frac{k_n L}{2}\right) = \frac{m_A^* k_n}{m_B^* k_n} \quad n=2,4,6 \quad (3.8)$$

Pour les états pairs et impairs respectivement. La solution des équations (3.7) et (3.8) donnent les énergies propres des électrons dans un puits quantique.

III.2. Structure électronique dans un puits quantique

Dans notre travail Nous étudions le puits quantique symétrique GaAs /Al_{0.25} Ga_{0.75} As avec la direction de croissance est suivant [001]. Ainsi on a un confinement des électrons et des trous.

L'équation de Schrödinger du système s'écrit :

$$[H_U + V(z)I]\Psi_k(R) = E\Psi_k(R) \quad (3.9)$$

$V(z)$ représente le potentiel de confinement du puits quantique, I est la matrice unité et $\Psi_k(R)$ est la fonction d'onde des trous. Les fonctions d'ondes pour les états pairs sont alors données par

$$\Psi_{j\alpha}(z) = A_\alpha(j) \cos\left(k_{zw}^\alpha(j) \frac{w}{2}\right) e^{k_{zb}^\alpha(j) \left(z + \frac{w}{2}\right)} \quad z \leq -\frac{w}{2} \quad (3.10)$$

$$\Psi_{j\alpha}(z) = A_\alpha(j) \cos(k_{zw}^\alpha(j) z) \quad |z| \leq \frac{w}{2} \quad (3.11)$$

$$\Psi_{j\alpha}(z) = A_\alpha(j) \cos\left(k_{zw}^\alpha(j) \frac{w}{2}\right) e^{-k_{zb}^\alpha(j) \left(z - \frac{w}{2}\right)} \quad z \geq \frac{w}{2} \quad (3.12)$$

Pour les états impairs on a

$$\Psi_{j\alpha}(z) = -B_{\alpha}(j) \sin\left(k_{zw}^{\alpha}(j) \frac{w}{2}\right) e^{k_{zw}^{\alpha}\left(z+\frac{w}{2}\right)} \quad Z \leq -\frac{w}{2} \quad (3.13)$$

$$\Psi_{j\alpha}(z) = B_{\alpha}(j) \sin(k_{zw}^{\alpha}(j)z) \quad |Z| \leq \frac{w}{2} \quad (3.14)$$

$$\Psi_{j\alpha}(z) = B_{\alpha}(j) \sin\left(k_{zw}^{\alpha}(j) \frac{w}{2}\right) e^{-k_{zw}^{\alpha}\left(z-\frac{w}{2}\right)} \quad Z \geq \frac{w}{2} \quad (3.15)$$

Avec $\alpha=h, l, s$ désignant le type de trou, c'est à dire respectivement trou lourd, léger et split-off Dans les équations (3.10-3.15), l'indice j désigne la sous bande et w la largeur du puits.

k_{zw}^{α} et k_{zb}^{α} sont les vecteurs d'onde des trous respectivement dans le puits et les barrières. V_0 étant le potentiel de confinement, alors que $E(j)$ est l'énergie propre et ses expressions sont données par

$$k_{zw}^{\alpha}(j) = \sqrt{\frac{-2m_w^{\alpha}E(j)}{\hbar^2}} \quad (3.16)$$

$$k_{zb}^{\alpha}(j) = \sqrt{\frac{2m_b^{\alpha}(V_0+E(j))}{\hbar^2}} \quad (3.17)$$

pour les bandes des trous lourds et légers.

Tandis que pour les trous de la split-off on a :

$$k_{zw}^s(j) = \sqrt{\frac{2m_w^s(E(j)+\Delta)}{\hbar^2}} \quad (3.18)$$

$$k_{zb}^s(j) = \sqrt{\frac{2m_b^s(V_0+E(j)+\Delta)}{\hbar^2}} \quad (3.19)$$

Les masses des trous lourds et légers dans le puits sont données respectivement par :

$$m_w^h = \frac{m}{\gamma_{1w} - 2\gamma_{2w}} \quad (3.20)$$

$$m_w^l = \frac{m}{\gamma_{1w} - 2\gamma_{2w}} \quad (3.21)$$

Alors que dans les barrières ces dernières sont données par

$$m_b^h = \frac{m}{\gamma_{1b} - 2\gamma_{2b}} \quad (3.22)$$

$$m_b^l = \frac{m}{\gamma_{1b} + 2\gamma_{2b}} \quad (3.23)$$

Dans le cas de split-off, ces mêmes grandeurs sont

$$m_b^h = \frac{m}{\gamma_{1w}} \quad (3.24)$$

$$m_b^l = \frac{m}{\gamma_{1b}} \quad (3.25)$$

Où m représente la masse de l'électron au repos, tandis que γ_{1w} , γ_{2w} , et γ_{1b} , γ_{2b} sont respectivement les constantes de Luttinger dans le puits, et les barrières. La résolution de l'équation (3.9) donne la structure électronique de la bande de valence dans le puits quantique.

La figure (3.2) illustre la structure de la bande de valence dans un puits quantique $\text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As} / \text{GaAs} / \text{Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ avec une largeur de 25 Å, on remarque l'existence de trois sous bandes respectivement pour les trous lourds (hh), légers (lh) et split-off (sp). La Figure (3.3) est identique à celle de (3.2) mais pour une largeur de puits égale à 30 Å. On remarque l'augmentation des nombres des sous bandes.

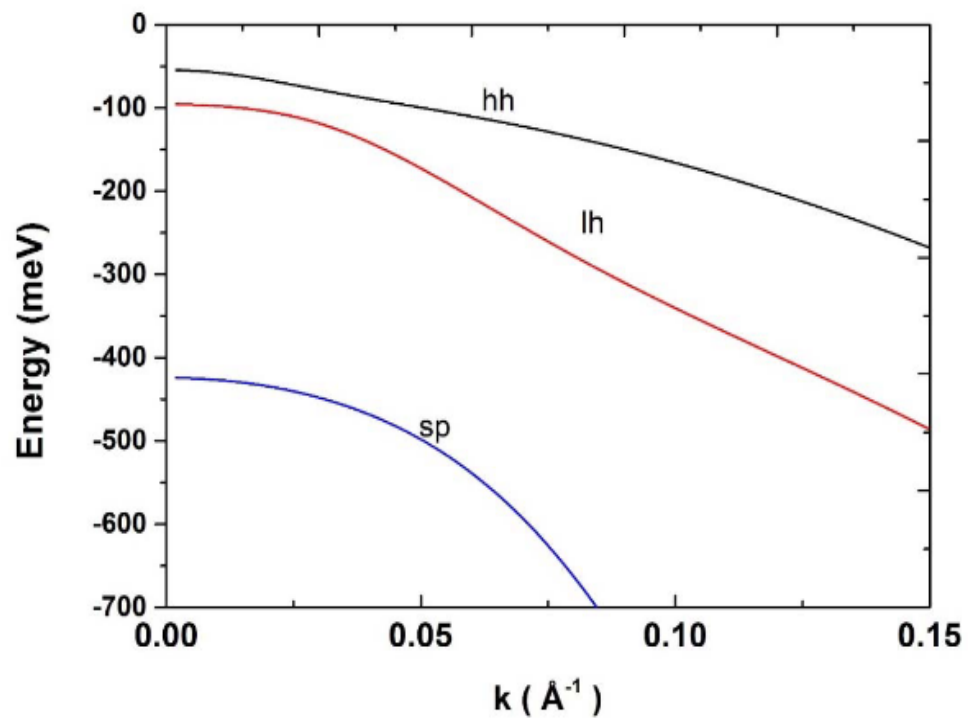


Figure 3.2: Structure de la bande de valence pour une largeur de 25 $\text{\AA}$

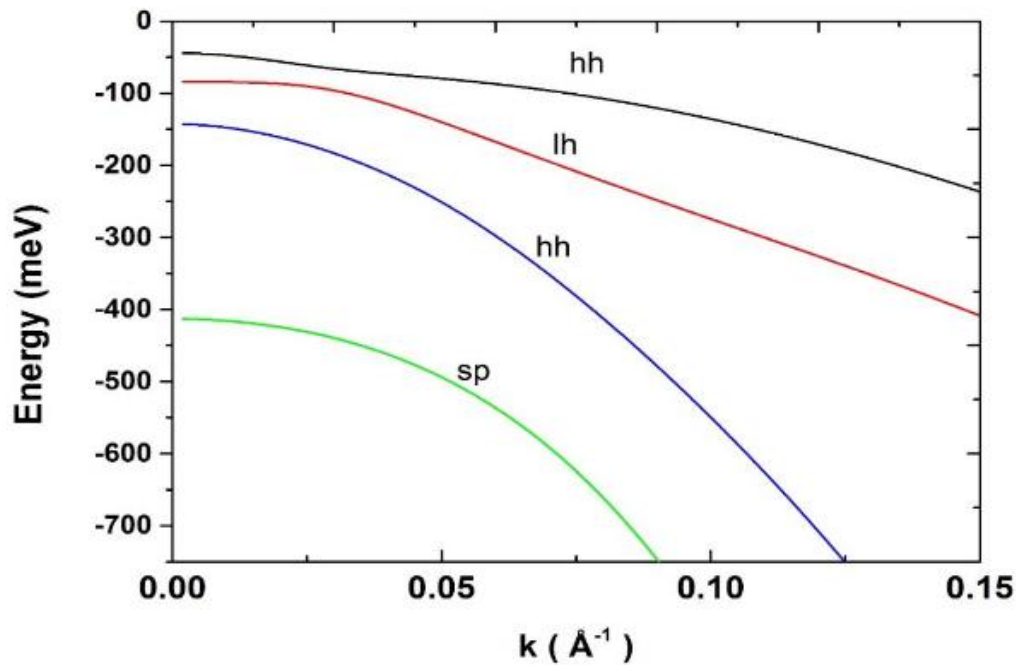


Figure 3.3: Structure de la bande de valence pour une largeur de 30 Å

III.3 Taux de diffusion des trous dus aux phonons optiques polaires

Les atomes vibrent autour de leur position d'équilibre. Cette vibration peut produire un champ électrique. Le potentiel dû aux phonons optiques polaires est donné par[23]

$$V(\vec{R}) = \sum_{\vec{Q}} f_{\vec{Q}} (a_{\vec{Q}} + a_{-\vec{Q}}^+) e^{i\vec{Q} \cdot \vec{r}} \quad (3.26)$$

Où

$$\vec{R} = \vec{r} + \vec{z} \quad (3.27)$$

$$\vec{Q} = \vec{q} + \vec{q}_z \quad (3.28)$$

$\vec{r}$ et $\vec{z}$ étant deux composantes du vecteur de position, alors que $\vec{q}$ et $\vec{q}_z$ représentent la même chose pour le vecteur d'onde du phonon $\vec{Q}$, $f_{\vec{Q}}$ est une fonction dépendant du mode des phonons.

Le taux de diffusion est le nombre de transitions par seconde qu'un électron effectue entre un état initial et un ensemble d'états finaux. La transition peut s'accompagner d'absorption ou d'émission de phonons. Les taux de diffusion jouent un rôle important dans la mobilité des charges ainsi que dans le fonctionnement des lasers.

Le taux de diffusion d'un électron de la sous-bande n_i passant d'un état initial de vecteur d'onde $\vec{k}_i$ vers une sous-bande n_j d'état final est donné par la règle d'or de Fermi [24]

$$\gamma_{i \rightarrow j} = \frac{2\pi}{\hbar} \int |\mathbf{M}(j, i)|^2 \delta(E_j \pm \hbar\omega - E_i) dN_j \quad (3.29)$$

Où E_i représente l'énergie initiale du trou, alors que E_j et dN_j sont respectivement l'énergie et la densité d'états après diffusion. Quant à l'élément de matrice $|\mathbf{M}(j, i)|$ il représente la diffusion entre les deux états de départ et d'arrivée.

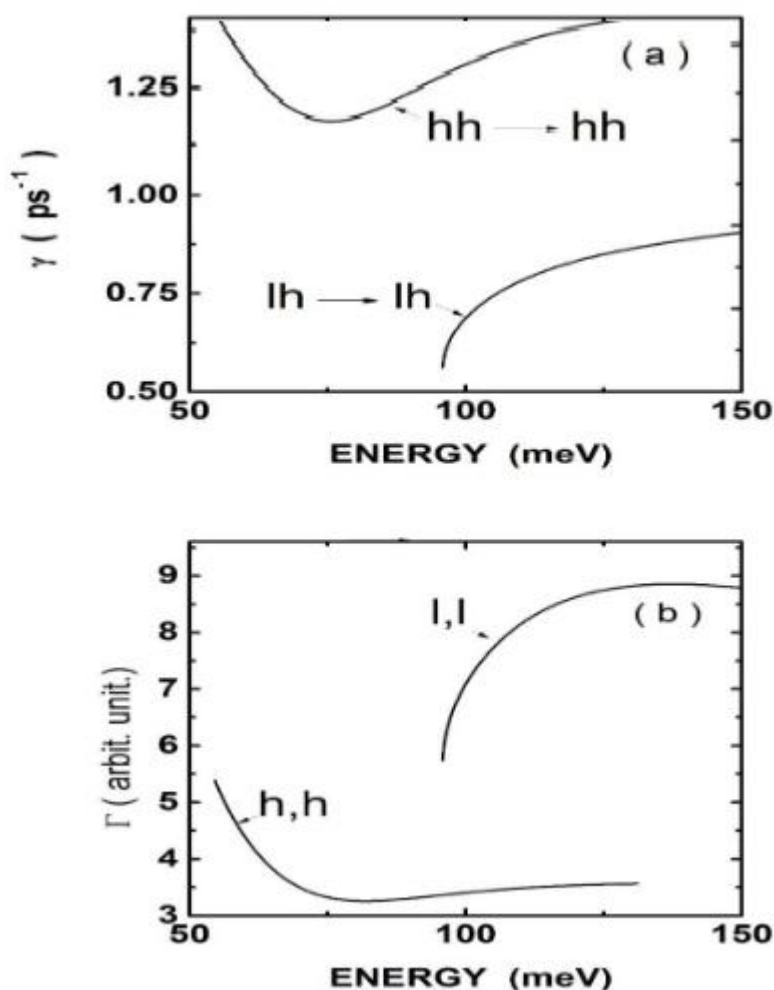


Figure 3.4. Taux de diffusion intra-sous bande avec absorption d'un phonon optique.

La résolution de l'équation (3.29) à l'aide d'un programme de Fortran nous permet de d'obtenir les taux de diffusions intra-sous bande des trous lourds (hh) et des trous légers (lh) avec absorption d'un phonon optique polaire en fonction des énergies des trous illustrés sur la figure 3.4. (a). Cependant la figure (3.29) (b) représente la fonction Γ_{ij} du recouvrement entre les fonctions d'ondes.

Nos résultats montrent que les taux de diffusions pour les trous lourds sont plus importants qui peuvent atteindre $1,42 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ (1,42 picoseconde⁻¹) pour des énergies $E = 54,58 \text{ MeV}$. Cependant les taux de diffusions pour les trous légers la valeur maximale est $0,9 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$ pour des énergies $E = 150 \text{ MeV}$.

III.3 Conclusion

Le troisième chapitre, en résolvant l'équation de Schrödinger nous avons calculé la structure électronique de la bande de valence dans un puits quantique. Les résultats illustrent une forte non-parabolicité avec l'augmentation des sous-bandes en augmentant la largeur du puits. En outre en utilisant la règle d'or de Fermi nous avons calculé les taux de diffusions intra-sous-bande des trous lourds et légers avec absorption d'un phonon optique. Nos résultats montrent que les taux de diffusions pour les trous lourds sont plus importants que ceux des trous légers.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, le premier chapitre a pour vocation de présenter les caractéristiques principales des lasers, leurs fonctionnements, leurs applications technologiques ainsi que les différents types de laser. L'importance des lasers à semiconducteurs c'est leurs couts de fabrication réduits ainsi que leur capacité à produire toute la gamme des couleurs.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié les propriétés électroniques et mécaniques des matériaux de l'arséniure de galium et de l'arséniure d'aluminium en calculant la densité électronique dans les plans cristallographiques. Nos résultats montrent que la densité électronique dans le plan (111) est la plus importante. L'avantage du puits quantique GaAs/Al_xGa_{1-x}As c'est notre capacite de modifier ses propriétés optoélectroniques en modifiant la largeur du puits et la concentration x.

Dans le troisième chapitre, en résolvant l'équation de Schrodinger nous avons calculé la structure électronique de la bande de valence dans un puits quantique. Les résultats illustrent une forte non-parabolicité avec l'augmentation des sous-bandes en augmentant la largeur du puits. En outre en utilisant la règle d'or de Fermi nous avons calculé les taux de diffusions intra-sous-bande des trous lourds et légers avec absorption d'un phonon optique polaire. Nos résultats montrent que les taux de diffusions pour les trous lourds sont plus important que celui des trous légers.

Bibliographies

- [1] WISSENBAACH, K. Tailored light 2. Laser application technology. 2009.
- [2] Maiman(1960)] T. Maiman. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*, 1960.
- [3] M. Baumgartl. 66w average power from a microjoule-class sub-100 fs fiber oscillator. *Opt. Lett.*, 37(10) :1640–1642, May 2012.
- [4] A. Schalow. *Phys. Rev.*, 1958.
- [5] Nelson, D. (1967). A proposal for internal electrooptic intensity and frequency modulation of diode lasers. *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 3(12), 667-674.
- [6] E. Snitzer. Optical maser action of Nd^{3+} in a barium crown glass. *Phys. Rev. Lett.*, 7 :444–446, Dec 1961
- [7] R. N. Hall, G. E. Fenner, J. D. Kingsley, T. J. Soltys et R. O. Carlson. Coherent Light Emission From GaAs Junctions. *Phys. Rev. Lett.*, vol. 9, no. 9, pages 366–368, Nov 1962.
- [8] Wellershoff, S. S., Hohlfeld, J., Gdde, J., & Matthias, E. (1999). The role of electron–phonon coupling in femtosecond laser damage of metals. *Applied Physics A*, 69(1), S99-S107.
- [9] Fain, B., & Milonni, P. W. (1987). Classical stimulated emission. *JOSA B*, 4(1), 78-85.
- [10] LIAO, Paul F. et KELLEY, Paul. Quantum well lasers. Elsevier, 2012.
- [11] Adachi, S. (Ed.). (1993). Properties of aluminium gallium arsenide (No. 7). IET.
- [12] De Jong, M., Chen, W., Angsten, T., Jain, A., Notestine, R., Gamst, A., ... & Toher, C. (2015). *Sci. Data* 2, 150009 (2015).
- [13] S. P. Ong, L. Wang, B. Kang, G. Ceder Li-Fe-P-O₂ Phase Diagram from First Principles Calculations. *Chemistry of Materials*, 2008 20(5), 1798–1807.
- [14] A. Jain, G. Hautier, S. P. Ong, C. Moore, C. Fischer, K. Persson, G. Ceder. Formation enthalpies by mixing GGA and GGA + U calculations. *Physical Review B*, 2011, 84(4), 045115.
- [15] K. A. Persson, B. Walldwick, P. Lazic, G. Ceder Prediction of solid-aqueous equilibria: Scheme to combine first-principles calculations of solids with experimental aqueous states. *Physical Review B*, 2012, 85(23).
- [16] A. K. Singh, L. Zhou, A. Shinde, S. K. Suram, J. H. Montoya, D. Winston, J. M. Gregoire, K. A. Persson Electrochemical Stability of Metastable Materials. *Chemistry of Materials*, 2017, 29(23).
- [17] F. Zhou, M. Cococcioni, C. Marianetti, D. Morgan, G. Ceder First-principles prediction of redox potentials in transition-metal compounds with LDA+U. *Physical Review B*, 2004, 70, 235121.
- [18] L. Wang, T. Maxisch, G. Ceder A First-Principles Approach to Studying the Thermal Stability of Oxide Cathode Materials *Chemistry of Materials*, 2007, 19(3), 543–552.
- [19] S. P. Ong, A. Jain, G. Hautier, B. Wang, G. Ceder Thermal stabilities of delithiated olivine MPO_4 ($\text{M}=\text{Fe}, \text{Mn}$) cathodes investigated using first principles calculations. *Electrochemistry Communications*, 2010, 12(3), 427–430.
- [20] S. P. Ong, S. Cholia, A. Jain, M. Brafman, D. Gunter, G. Ceder, and K. A. Persson The Materials Application Programming Interface (API): A simple, flexible and efficient API for materials data based on REpresentational State Transfer (REST) principles. *Computational Materials Science*, 2015, 97, 209–215.
- [21] A. Jain, S. P. Ong, W. Chen, B. Medasani, X. Qu, M. Kocher, M. Brafman, G. Petretto, G.- M. Rignanese, G. Hautier, D. Gunter, and K. A. Persson FireWorks: a dynamic workflow system designed for high-throughput applications *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 2015, 27, 5037–5059.

- [22] Voon, L. C. L. Y., &Willatzen, M. (2009). *The kp method: electronic properties of semiconductors*. Springer Science & Business Media.
- [23] Tsuchiya, T., & Ando, T. (1994). Effect of electronic-state modulation on mobility in quantum wells. *Surface science*, 305(1), 312-316.
- [24] Oh, I. K., & Singh, J. (2001). Acoustic phonon generation from quasi-2D hole gas in quantum wells. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 13(48), 10851

Abstract

We study the main characteristics of lasers; we calculate the electron density in the crystallographic planes of GaAs and AlAs materials. We solve Schrodinger equation to determine the energy levels of holes in a symmetric quantum well for quantum well widths 25 Å and 30 Å. Based on the effective mass approximation and the k.p method we calculate the electronic valence band structure in GaAs/Al_{0,25}Ga_{0,75}As quantum well. Using Fermi's golden rule, we calculate the scattering rates of heavy and light holes. Our results show that the scattering rates for heavy holes are greater than that for light holes.

Keywords : laser, quantum well, phonon, holes.

ملخص

ندرس الخصائص الرئيسية لليزر ، ونحسب كثافة الإلكترون في المستويات البلورية للمواد GaAs و AlAs. قمنا بحل معادلة شرودنجر لتحديد مستويات الطاقة للثقوب في بئر كمي متناظر من أجل عرض بئر كمي 25 Å و 30 Å. بالاستناد على تقريب الكتلة الفعالة وطريقة k.p ، نحسب البنية الإلكترونية لنطاق التكافؤ في البئر الكمي GaAs/Al_{0,25}Ga_{0,75}As. باستعمال قاعدة فيرمي الذهبية ، نحسب معدلات انتشار الثقوب الثقيلة والخفيفة. تظهر نتائجنا أن معدلات انتشار الثقوب الثقيلة أكبر من تلك الخاصة بالثقوب الخفيفة. كلمات مفتاحية : ليزر، بئر كمي، فونون، ثقوب

Résumé

Nous étudions les principales caractéristiques des lasers, nous calculons la densité électronique dans les plans cristallographiques des matériaux GaAs et AlAs. Nous résolvons l'équation de Schrodinger pour déterminer les niveaux d'énergies des trous dans un puits quantique symétrique pour des largeurs de puits quantiques 25 Å et 30 Å.

En basant sur l'approximation de la masse effective et la méthode k.p nous calculons la structure électronique de la bande de valence dans un puits quantique GaAs/Al_{0,25}Ga_{0,75}As. En utilisant la règle d'or de Fermi nous calculons les taux de diffusions des trous lourds et légers. Nos résultats montrent que les taux de diffusions pour les trous lourds sont plus importants que celui des trous légers.

Mots clés : laser, puits quantique, phonon, trous.