

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Université Hassiba Benbouali Chlef



*Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur*

***Département d'électronique***

Spécialité : *Electronique*

Option : *Nanotechnologie*

## **Mémoire de Magister**

Intitulé

"Modélisation et optimisation des lasers à puits  
quantiques à base de nitrures et de matériaux II- VI  
utilisant des hétérostructures de l'ordre  
de l'Angstrom "

Présenté par : *SELMANE Djamel*

Le : 26/04/2009

**Devant le jury composé de :**

Dr A. Ali Benamara	M.C.A	U.H.B.Chlef	Président
Dr S. Kouadri Moustefai	M.C.A	U.H.B.Chlef	Examineur
Mr B. Benichou	M.C.B	U.H.B.Chlef	Examineur
Dr Y. Bourezig	Professeur	U.D.L.Sidi Bel Abbès	Rapporteur
Dr B. Bouabdallah	M.C.A	U.D.L.Sidi Bel Abbès	Co-Rapporteur

# SOMMAIRE

## **INTRODUCTION GENERALE**

1

## **CHAPITRE I: PROPRIETES DES NITRURES D'ELEMENTS III ET DES MATERIAUX II-VI**

I.1 Introduction.....	3
I.2 Caractéristiques des nitrures d'éléments III et des matériaux II-VI .....	3
I.2.1 Nitrures d'éléments III .....	4
I.2.1.1 Structure cristallographique .....	4
I.2.1.2 Propriétés des nitrures binaires.....	5
I.2.1.2.1 Diagramme de bandes.....	5
I.2.1.2.2 Paramètres de maille.....	7
I.2.1.2.3 Coefficients de dilatation thermique.....	7
I.2.1.2.4 Masse effective des porteurs.....	7
I.2.1.3 Propriétés des nitrures ternaires.....	8
I.2.1.3.1 Energie de bande interdite.....	8
I.2.1.3.2 Variation du gap en fonction de la température .....	10
I.2.1.3.3 Indice de réfraction .....	12
I.2.2 Matériaux II-VI.....	13
I.2.2.1 Structure cristalline.....	14
I.2.2.2 Structure de bande.....	15
I.2.2.3 Paramètres de maille et énergies de gap .....	15
I.2.2.4 Indice de réfraction.....	17
I.3 Propriétés optiques.....	19
I.4 Propriétés de transport électronique.....	20
I.5 Conclusion.....	21
Bibliographie.....	22

## **CHAPITRE II: PHYSIQUE DU LASER**

II.1 Introduction.....	24
II.2 Définition.....	24
II.3 Emissions spontanée et stimulée.....	24
II.4 Le puits quantique.....	25
II.4.1. Puits quantiques de type-I.....	26
II.4.2. Puits quantiques de type-II.....	27
II.4.3. Puits quantiques de type-III.....	27
II.5 Dispositifs de puits.....	28
II.6 Effet laser.....	29
II.6.1 Le pompage optique.....	29
II.6.2 Le pompage par injection électrique.....	29
II.6.2 Le pompage électronique.....	29

II.7 Effets de taille quantique .....	30
II.8 Inversion de population.....	31
II.9 Energies et fonctions d'onde dans un puits quantique.....	33
II.10 Amplification optique.....	35
II.11 Effets excitoniques.....	36
II.12 Effet Wannier Stark dans un puits quantique.....	37
II.13 Les règles de sélection .....	38
II.14 La probabilité de transition .....	38
II.15 Les pertes optiques internes .....	39
II.16 Conclusion.....	40
Bibliographie.....	41

### **CHAPITRE III: TECHNOLOGIE DE FABRICATION**

III.1 Introduction.....	42
III.2 Croissance des puits .....	42
III.2.1 Épitaxie par jets moléculaires (EJM).....	42
III.2.2 Epitaxie en phase vapeur d'organo-métallique (EPVOM).....	44
III.2.3 Pourquoi l'Epitaxie par Jet Moléculaire (EJM)?.....	45
III.3 Epitaxie des matériaux nitrures.....	45
III.3.1 Epitaxie par jets moléculaires assistée par plasma.....	45
III.3.2 Source ammoniac.....	46
III.4 Défauts dans les semiconducteurs nitrurés.....	47
III.4.1 Dislocations.....	47
III.4.2 Défauts ponctuels.....	47
III.5 Les substrats lasers pour les nitrures d'éléments III.....	48
III.5.1 Substrat GaN massif pour l'homoépitaxie.....	48
III.5.2 Substrat Saphir ( $Al_2O_3$ ).....	48
III.5.3 Substrat Carbure de Silicium (SiC).....	49
III.5.4 Pseudosubstrats GaN et AlN.....	49
III.6 Diagramme de croissance de GaN .....	49
III.7 Elaboration d'alliages ternaires.....	51
III.7.1 Principe.....	51
III.7.2 Croissance du ternaire AlGaIn.....	52
III.7.3 Difficultés spécifiques.....	52
III.7.4 Diagramme de croissance classique d' $Al_xGa_{1-x}N$ en MBE.....	53
III.7.5 Utilisation de l'indium comme surfactant.....	53
III.8 Epitaxie des matériaux II-VI.....	54
III.9 Conclusion.....	54
Bibliographie.....	55

### **CHAPITRE IV: PARAMETRES DE CALCUL, MODELISATION ET OPTIMISATION**

IV.1 Introduction.....	57
IV.2 Pseudo niveau de Fermi .....	57
IV.3 Coefficients de gain optique .....	59
IV.4 Facteur de confinement optique.....	61
IV.5 Gain modal.....	62
IV.6 Condition de seuil laser en amplitude.....	62

IV.7 Modélisation d'un laser à puits quantiques- Résultats et discussions . . . . .	63
IV.7.1 Longueur d'onde d'émission en fonction de la largeur du puits... . . . . .	63
IV.7.2 Variation de la longueur d'onde d'émission en fonction de la fraction molaire pour différentes largeurs de puits.....	65 -
IV.7.3 Variation de la longueur d'onde en fonction de la température.....	66
IV.8 Spectre du gain d'émission . . . . .	70
IV.9 Gain maximal.....	71
IV.9.1 Variation du gain en fonction de la température.....	72
IV.9.2 Influence du dopage sur le gain.....	72
IV.9.2.1 Dopage de type n.....	73
IV.9.2.2 Dopage de type p.....	74
IV.10 Optimisation du facteur de confinement . . . . .	75
IV.10.1 Variation du facteur de confinement optique dans les systèmes à base de matériaux III- Nitrures en fonction de la largeur de puits . . . . .	76 -
IV.10.2 Variation du facteur de confinement optique en fonction de la concentration d'aluminium dans les couches de confinement.....	77 -
IV.10.3 Facteur de confinement en fonction du nombre de puits.....	78
IV.11 Gain modal en fonction de la largeur de puits et de la densité de porteurs injectés.....	79 -
IV.12 Facteur de confinement optique dans les systèmes à base de matériaux II-VI....	80
IV.12.1 Variation du facteur de confinement en fonction de la largeur de puits...	81
IV.12.2 Variation du facteur de confinement optique en fonction de la concentration de zinc dans les couches de confinement.....	82 -
IV.13 Comparaison du facteur de confinement dans une structure III- Nitrures et une structure II-VI.....	83 -
IV.14 Conclusion.....	84
Bibliographie.....	85
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	86