

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire d'El-oued
Institut des Sciences et Technologie

N° d'ordre :

Série :

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

Magister en physique

Option : **Rayonnement et Optoélectronique**

Par

MEHELLOU SAID

THEME

**DETERMINATION DU PROFIL D'INDICE D'UN GUIDE
OPTIQUE PLANAIRE**

Soutenu le : 04 / 11 / 2010

Devant le jury composé de :

M. MEFTAH Med Tayeb
M. FERHAT Rehouma
M. AIADI Kamel Eddine
M. GUEDDA Elhabib

Pr. Université de Ouargla
Pr. C.U d'El-oued
M.C. Université de Ouargla
M.C. C.U d'El-oued

Président
Rapporteur
Examineur
Examineur

TABLE DES MATIERES

Remerciements	I
Dédicace	II
Table des matières	III
Introduction générale	1

Chapitre : 0 L'optique guidée planaire

0.1 Introduction	3
0.2 Théorie des guides d'ondes optiques	3
0.2.1 Description d'un guide d'onde optique plan	4
0.2.2 Guide d'onde optique plan à saut d'indice	4
0.2.3 Guide d'onde optique plan à gradient d'indice	5
0.3 Propagation de la lumière dans un guide d'onde optique plan	6
0.3.1 Approche d'optique géométrique	6
0.3.1.1 Confinement de la lumière	6
0.3.1.2 Types de modes dans un guide d'onde optique plan	7
0.3.1.2.1 Modes de radiation	7
0.3.1.2.2 Modes de substrat	7
0.3.1.2.3 Modes guidés	7
0.3.1.3 Propagation guidée de la lumière	7
0.3.1.4 Equation de dispersion	8
0.3.2 Approche électromagnétique	10
0.3.2.1 Equations de Maxwell	11
0.3.2.2 Guide plan à saut d'indice	11
0.3.2.2.1 Equation de dispersion	12
0.3.2.2.2 Les différents modes dans un guide optique plan	15
* Modes rayonnés	15
* Modes à fuite	16
0.3.2.2.3 Longueur d'onde de coupure	16
0.3.2.2.4 Epaisseur de coupure	17
0.3.2.2.5 Nombre de modes guidés	18
0.3.2.3 Guide plan à gradient d'indice	18
0.3.2.3.1 Equation de dispersion	18
0.3.2.3.2 Résolution de l'équation de propagation	18
* Approximation WKB	19
0.4 Les pertes en optique guidée	21
0.5 Conclusion	23

Chapitre : 1

L'optique intégrée

1.1 Introduction	24
1.2 Exemples de fonctions en optique intégrée.....	24
1.3 Principales technologies utilisées en optique intégrée	25
1.3.1 Technologie à base de semi-conducteurs III-V.....	25
1.3.2 Technologie à base de silicium	25
1.3.3 Technologie à base de LiNbO_3	26
1.3.4 Les polymères	27
1.3.5 Technologie à base de substrat de verre.....	28
1.4 Conclusion.....	28

Chapitre : 2

Les verres

2.1 Introduction	29
2.2 Définition	30
2.3 La transition vitreuse	30
2.4 Familles de verres.....	31
2.4.1 Verres d'oxydes	32
2.4.1.1 Verres de silice	32
2.4.1.2 Verres sodocalciques.....	32
2.4.1.3 Verres borosilicates	32
2.4.2 Verres de phosphate et de borate.....	32
2.4.3 Verres chalcogènes.....	33
2.4.4 Verres halogènes	33
2.4.5 Verres métalliques.....	33
2.4.6 Verres fluorés	33
2.4.7 Verres chlorés.....	34
2.4.8 Autres verres minéraux	34
2.4.9 Verres organiques.....	34
2.5 Structure du verre	34
2.5.1 Structure des verres simples	34
2.5.2 Structure des verres composés	37
2.5.2.1 Les oxydes formateurs de réseau	37
2.5.2.2 Les oxydes modificateurs de réseau	38
2.5.2.3 Les oxydes intermédiaires	40
2.6 Propriétés des verres.....	41
2.6.1 Indice de réfraction	41
2.6.2 La viscosité	43
2.6.2.1 Définition	43
2.6.3 Dilatation thermique.....	45
2.6.4 Durabilité chimique.....	46
2.6.5 Conductivité électrique	47
2.6.6 Effet des constituants du verre	48
2.6.6.1 Effet d'alcalin mixte.....	49
2.6.6.2 Effet de formateur mixte	49
2.6.7 La transparence	49
2.7 Affinage et homogénéisation du verre	50
2.8 Critères de choix d'un verre	52
2.9 Conclusion.....	54

Chapitre : 3

L'échange d'ions

3.1	Introduction	55
3.2	Historique de l'échange d'ions	55
3.3	Principe de l'échange d'ions	55
3.4	Les ions dopants et le choix du verre	56
3.4.1	L'échange Argent / Sodium ($\text{Ag}^+ / \text{Na}^+$)	57
3.4.2	L'échange Potassium / Sodium (K^+ / Na^+).....	58
3.4.3	L'échange Thallium / Potassium (Tl^+ / K^+).....	58
3.4.4	L'échange Lithium / Sodium ($\text{Li}^+ / \text{Na}^+$).....	58
3.4.5	L'échange Césium / Potassium (Cs^+ / K^+)	58
3.4.6	L'échange Rubidium / Sodium, Potassium ($\text{Rb}^+ / \text{Na}^+, \text{K}^+$)	58
3.5	Théorie de l'échange d'ions	59
3.5.1	Les lois de la diffusion ionique	59
3.6	Résolution de L'équation du profil de concentration par la méthode aux différences finies	64
3.7	Détermination des paramètres caractéristiques de l'échange	65
3.7.1	Variation d'indice de surface	66
3.7.2	Le coefficient de diffusion D et la mobilité μ	66
3.8	Réalisation des guides d'ondes par échange d'ions sur verre	67
3.8.1	Étapes de réalisation	67
3.9	Dispositifs réalisés par échange d'ions	68
3.9.1	Dispositifs passifs	68
3.9.2	Dispositifs actifs.....	69
3.9.3	Hybridation de fonctions actives et passives.....	69
3.10	Conclusion.....	70

Chapitre : 4

Caractérisation des structures guidantes

4.1	Introduction	71
4.2	Caractérisation de l'indice de surface	71
	* Principe de la méthode de Brewster	71
4.3	Caractérisation de l'indice du guide.....	72
4.3.1	Les différentes techniques de couplage.....	73
4.3.1.1	L'injection par tranche.....	73
4.3.1.2	Le couplage par biseau.....	73
4.3.1.3	Le couplage par réseau.....	73
4.3.1.4	Le couplage prisme	73
4.3.2	Mesures des indices effectifs.....	73
4.3.2.1	Spectroscopie en champ proche	74
4.3.2.2	Spectroscopie des m-lines	74
4.3.2.2.1	Principe du couplage par prisme	75
4.3.2.2.2	Rôle de l'épaisseur du gap d'air.....	76
4.3.2.2.3	Observation des lignes noires.....	76
4.3.2.2.4	Condition d'excitation des modes guidés.....	77
4.3.2.2.5	Choix du prisme	78
4.3.2.2.6	Numérotation des modes.....	78

4.4 Reconstruction du profil d'indice.....	79
4.4.1 La méthode WKB inverse	79
* Principe.....	79
4.5 Reconstruction du profil du champ électromagnétique.....	81
4.5.1 La méthode de Runge Kutta.....	82
4.5.1.1 Principe.....	82
* Intégration d'un système de deux équations différentielles du premier degré	82
* Application de la méthode de RK à l'intégration d'une équation différentielle du second ordre	83
* Application de la méthode de RK au tracé du champ électromagnétique .. dans un guide d'onde plan	84
4.6 Conclusion.....	85

Résultats et discussion

5.1 Tracé du profil d'indice.....	86
5.2 Tracé du profil du champ électromagnétique.....	86
5.3 Programme de simulation.....	86
5.4 Exemple d'application n° 1	86
5.4.1 Tracé du profil d'indice.....	86
5.4.2 Tracé du profil du champ électromagnétique (modes TE)	87
5.5 Exemple d'application n° 2	88
5.5.1 Tracé du profil d'indice.....	88
5.5.2 Tracé du profil du champ électromagnétique (modes TE)	88
5.6 Exemple d'application n° 2	89
5.6.1 Tracé du profil d'indice.....	89
5.6.2 Tracé du profil du champ électromagnétique (modes TE)	89
5.7 Conclusion.....	90
Conclusion générale	91
Bibliographie	92
Annexe	95
Résumé	109