

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique**

**Centre Universitaire el oued**

**Institut de science et technologie**

N° Ordre:.....

Série:.....

**MEMOIRE**

Présenté Pour l'obtenir le diplôme de

**magister en physique**

**Option : rayonnement et optoélectronique**

**Par : GAHTAR ABD ELOUAHAB**

***Elaboration et caractérisation de couches minces ZnO  
dopées en aluminium déposées par spray ultrasonique***

Soutenu le 14/12/2010

Devant le jury composé de:

|                       |                                           |            |
|-----------------------|-------------------------------------------|------------|
| M. GEUDDA el habib:   | <i>M.C</i> : Centre Universitaire El oued | Président  |
| M. BEN HOUA boubaker: | <i>M.C</i> : Centre Universitaire El oued | Rapporteur |
| M. CHALA abdelouahad: | <i>PROF</i> : Université de Biskra        | Examineur  |
| M. RAHMANE saad:      | <i>M.C</i> : Université de Biskra         | Examineur  |

## ***Sommaire***

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Introduction générale.....    | 1 |
| Références/Bibliographie..... | 4 |

### ***Chapitre I : Contexte et bibliographie***

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| I : Introduction.....                                       | 6  |
| I.1 : Les oxydes transparents et conducteurs .....          | 6  |
| I.2 : Le choix du ZnO.....                                  | 6  |
| I.3. Intérêt technologique de ZnO .....                     | 7  |
| I.4 : Choix d'une technique de dépôt en couches minces..... | 7  |
| I.5 : L'oxyde de zinc : propriétés et applications.....     | 8  |
| I.5.1 : définition Oxyde de Zinc ZnO.....                   | 8  |
| I.5.2 : les propriétés de oxyde zinc ZnO.....               | 9  |
| I.5.2.1 : Propriétés cristallographiques ...                | 9  |
| I.5.2.1.1 : Structure cristalline .....                     | 9  |
| I.5.2.1.2 : L'énergie cristalline de cohésion.....          | 13 |
| I.5.2.1.3 : Structure électrique de bandes .....            | 14 |
| I.5.2.2 : Propriétés optiques et luminescence.....          | 15 |
| I.5.2.3 : Propriétés électriques.....                       | 17 |
| I.5.2.4 : Propriétés chimiques et catalytiques.....         | 18 |
| I.5.3 : Applications de l'oxyde de zinc.....                | 19 |
| I.5.3.1 : Utilisation de poudres de ZnO .....               | 19 |
| I.5.3.2: Utilisation de ZnO en couche mince .....           | 19 |
| I.5.4 : Différents types de défauts dans le ZnO ...         | 20 |
| I.6 : Modification de la structure en bandes d'énergie ...  | 21 |
| I.6.1: Les dopants du ZnO.....                              | 22 |
| I.6.1.1: Dopage n du ZnO .....                              | 22 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| I.6.1.2: Dopage p du ZnO..... | 22 |
| I.7 : Conclusion.....         | 23 |
| Références du chapitre I..... | 24 |

## ***Chapitre II : les techniques de dépôt des couches minces***

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| II : Introduction.....                                                    | 27 |
| II.1 : Nucléation et croissance d'une couche mince.....                   | 27 |
| II .2 : Méthodes de dépôt des couches minces.....                         | 29 |
| II.2.1 : Dépôt en phase vapeur physique ("PVD") .....                     | 31 |
| II.2.1.1 : Evaporation sous vide.....                                     | 31 |
| II.2.1.2 : Epitaxie par jets moléculaires.....                            | 33 |
| II.2.1.3 : Pulvérisation cathodique.....                                  | 33 |
| II.2.1.4 : Dépôt par laser pulsé .....                                    | 34 |
| II.2.1.5 : Comparaison des modes de déposition PVD.....                   | 35 |
| II.2.2 : Dépôt en phase vapeur chimique ("CVD").....                      | 37 |
| II.2.2.1 : procédé chimique CVD et PECVD en milieux de gaz réactif .....  | 37 |
| II.2.2.2 :Le procédé sol–gel.....                                         | 37 |
| II.2.2.3 : L'électrodéposition.....                                       | 38 |
| II.2.2.4 : le procédé Spray ultrasonique.....                             | 38 |
| II.2.2.4.1 : Principe général du procédé spray.....                       | 38 |
| II.2.2.4.1.a : Solutions de départ (source) .....                         | 39 |
| II.2.2.4.1.b : Génération des gouttelettes (transport) .....              | 39 |
| II.2.2.4.1.c : Réaction chimique sur le substrat (dépôt) .....            | 40 |
| II.2.2.4.2 : Principe du procédé Spray ultrasonique.....                  | 40 |
| II.2.2.4.3 : les avantages de la technique de spray ultrasonique... ..    | 41 |
| II.2.2.4.4 : les Inconvénients de la technique de spray ultrasonique..... | 41 |
| II.3 : Conclusion.....                                                    | 42 |
| Références du chapitre II.....                                            | 43 |

## ***Chapitre III : procédures expérimentales***

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| III: Introduction .....                                                           | 45 |
| III.1: Choix du précurseur .....                                                  | 46 |
| III.3: choix de dopant .....                                                      | 47 |
| III.4: choix des conditions d'élaboration.....                                    | 47 |
| III.5: La technique de spray ultrasonique.....                                    | 48 |
| III.5.1: Pulvérisation ultrasonique des liquides.....                             | 48 |
| III.5.2: Montage expérimental utilise.....                                        | 48 |
| III.5.2.1: Description du rôle des éléments du montage .....                      | 49 |
| III.5.3: Préparation des substrats .....                                          | 50 |
| III.5.3.1: Choix du substrat de dépôt.....                                        | 50 |
| III.5.3.1.a: Substrats en verre (solide glass).....                               | 50 |
| III.5.3.1.b: Substrats en silicium monocristallin.....                            | 50 |
| III.5.3.2: Nettoyage des substrats .....                                          | 51 |
| III.5.4: Préparation des solutions .....                                          | 51 |
| III.5.4.a: Propriétés physiques de l' acétate de zinc.....                        | 52 |
| III.5.4.b : Propriétés physiques de sources des dopages ( $AlCl_3, 6H_2O$ ) ..... | 53 |
| III.6: Dépôt des couches .....                                                    | 53 |
| III.7: Les paramètres modulables.....                                             | 54 |
| III.8: Les méthodes des caractérisations .....                                    | 54 |
| III.8.1: Diffraction des rayons X.....                                            | 55 |
| III.8.1.1: Appareillage.....                                                      | 56 |
| III.8.1.2: Principe .....                                                         | 57 |
| III.8.2: La spectroscopie UV visible.....                                         | 58 |
| III.8.3: La technique des deux pointes.....                                       | 59 |
| III.9: Conclusion.....                                                            | 61 |
| Références du chapitre III.....                                                   | 62 |

## ***Chapitre IV : résultat et discussion***

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| IV: Introduction.....                                                     | 64  |
| IV.1: Propriétés structurales.....                                        | 64  |
| IV.1.1: spectre Diffraction des rayons -X .....                           | 64  |
| IV.1.2: la taille de grain .....                                          | 70  |
| IV.2: Propriétés Optiques .....                                           | 73  |
| IV.2.1: comportement dans l'ultra violet et visible.....                  | 73  |
| IV.2.2:Détermination de l'indice de réfraction et l'épaisseur.....        | 76  |
| IV.2.3: gap optique.....                                                  | 78  |
| IV.2.4: Détermination des coefficients d'absorption et d'extinction... .. | 80  |
| IV.2.5: désordre (énergie d'urbach)... ..                                 | 82  |
| IV.3: Les propriétés électriques.....                                     | 84  |
| IV.3.1: Conductivité électrique.....                                      | 89  |
| IV.4: conclusion.....                                                     | 94  |
| Références du chapitre IV.....                                            | 96  |
| Conclusion générale.....                                                  | 98  |
| Résumer en français .....                                                 | 100 |
| Résumer en arabe .....                                                    | 101 |
| Résumer en anglais.....                                                   | 102 |