



Université Hadj Lakhder - Batna
Faculté des Technologies
Département Génie Electrique



THESE

Pour obtenir le grade de
DOCTEUR EN SCIENCES
Discipline : Electronique
Option : **MICRO-ELECTRONIQUE**

Présentée par :

Mr. MESSAI Zitouni

(Magister en Microélectronique de l'Université de Batna, 2003)

Thème

« ELABORATION SUR WAFER Si (100) ET (111) DE
COUCHES SENSIBLES DE (ZnO) PAR
ELECTROCRISTALLISATION EN VUE D'APPLICATION
DANS LES DOMAINES DE L'OPTOELECTRONIQUE ET
DES CAPTEURS »

Soutenu le : 04 / 07/ 2011

Devant le jury:

Dr N. BOUGUECHAL
Dr Z. OUENNOUGHI
Dr T. DEVERS
Dr Z. DIBI
Dr A. AZIZI
Dr A. BENHAYA

Prof. Univ. Batna
Prof. Univ. Sétif
M.C. HDR. Univ. Orléans
M.C.A. Univ. Batna
Prof. Univ. Sétif
Prof. Univ. Batna.

Président.
Rapporteur.
Co-Rapporteur.
Examineur.
Examineur.
Examineur.

Dédicaces

Je dédie cette thèse:

- ❖ A la mémoire de mes très chers parents.
- ❖ A ma femme.
- ❖ A mes enfants (Rayene, Aya et Rabeh).
- ❖ A mes frères et mes sœurs, et à tous mes neveux et nièces, sans oublier mes beaux parents et ma grande famille.
- ❖ A mes amis.

Remerciements

Ce travail de thèse a été effectué au sein de l'Institut de recherche PRISME/IUT de Chartres/ Université d'Orléans (France) pendant mon séjour comme doctorant durant dix huit mois et au sein du Laboratoire optoélectronique et composants, UFAS 19000.

- J'adresse mes remerciements les plus sincères à Monsieur Zahir OUENNOUGHI, Professeur à l'Université de Sétif, pour m'avoir reçu au sein de son laboratoire et pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail en acceptant d'être mon directeur de thèse.
- Je tiens à remercier aussi Monsieur Thierry DEVERS, Co-directeur de ma thèse, Maître de Conférences – HDR de l'Université d'Orléans, je suis également reconnaissant envers lui, de m'avoir bien accueilli dans son laboratoire. et m'avoir transmis son savoir dans le domaine des nanomatériaux et nanotechnologie. Je le remercie également de sa participation au jury de ma soutenance.
- Je tiens également à remercier Monsieur Noureddine BOUGUECHAL, Professeur à l'Université de Batna, qui m'a fait l'honneur de faire partie de ce jury et l'avoir présidé.
- J'adresse mes respectueux remerciements à : Zohir DIBI , Abdelhamid BENHAYA et Amor AZIZI pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail de thèse en acceptant d'être examinateurs, C'est un réel honneur pour moi de les avoir parmi mon jury de thèse.
- Je tiens à en remercier : Lévi ALLAM, Nadine SAGOT, Jean Philippe BLONDEAU, Minh-Tri Ta, Ziad DAHER, Olivier VERON, Toufik MOUET, Aomar GAMOURA, Laurianne TRUFFAULT, Cyriaque SIMMONARD, Valérie HAREL, Ouafae BENNIS, Thierry LeGrives, Florence CATHERIN pour m'avoir fourni les moyens nécessaires pour mener à bien mes travaux de thèse.
- Je remercie enfin ma petite famille, sans qui rien de cela n'aurait été possible

MESSAI - Zitouni

Table des matières

| | |
|---|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I. Généralités sur les matériaux nanostructurés | 5 |
| I.1.Introduction..... | 6 |
| I.2.Nanomatériaux et Nanotechnologies..... | 7 |
| I.2.1 Nanomatériaux..... | 9 |
| I.2.2 Nanotechnologies et nanosystèmes..... | 22 |
| I.3.Les techniques d'élaboration des nanomatériaux..... | 28 |
| I.3.1. Elaboration par voie physique..... | 28 |
| I.3.2. Elaboration par voie chimique..... | 31 |
| I.3.3. Les techniques sol-gel..... | 32 |
| I.3.4. Elaboration par voie électrolytique..... | 32 |
| I.4. Conclusion | 33 |
| Chapitre II. Présentation de l'oxyde métallique semiconducteur (ZnO) | 34 |
| II.1.Introduction..... | 35 |
| II.2. les différentes propriétés du ZnO..... | 36 |
| II.2.1. Propriétés structurales du ZnO..... | 36 |
| II.2.2. Les propriétés électromécaniques du cristal de ZnO..... | 39 |
| II.2.3. Propriétés chimiques et catalytiques..... | 39 |
| II.2.4. Les propriétés optoélectroniques de ZnO..... | 39 |
| II.2.5. Propriétés électriques..... | 41 |
| II.3. Intérêts d'étude et applications de ZnO..... | 44 |
| II.4.Conclusion..... | 48 |
| Chapitre III. Techniques d'électrodéposition et de caractérisation | 49 |
| III.1.Introduction..... | 50 |
| III.2. Technique d'élaboration : L'électrodéposition..... | 50 |
| III.2.1.Principe de l'électrodéposition..... | 51 |
| III.2.2.La cellule d'électrolyse..... | 52 |
| III.2.3.Préparation du substrat..... | 55 |
| III.3.Techniques d'analyses expérimentales..... | 56 |
| III.3.1.Microscopie électronique à balayage..... | 56 |
| III.3.2.Microscopie à Force Atomique..... | 59 |
| III.3.3.Microscopie Electronique à Transmission..... | 61 |

| | |
|---|-----|
| III.3.4. Diffraction des rayons X en incidence rasante..... | 61 |
| III.4. Conclusion | 68 |
| Chapitre IV. Elaboration et caractérisation des nanoagrégats de zinc | |
| électrocristallisés..... | 69 |
| IV.1. Introduction..... | 70 |
| IV.2. Le Modèle de Chazalviel..... | 71 |
| IV.2.1. Solution le long d'une interface plane..... | 72 |
| IV.2.2. Solution le long d'une aiguille qui avance..... | 75 |
| IV.2.3. Solution le long d'une ligne de grains qui avancent..... | 78 |
| IV.2.4. Mécanismes de croissances..... | 81 |
| IV.3. Application à l'élaboration de nanostructures de zinc..... | 84 |
| IV.3.1. Dépôt à densité de courant constante sur un substrat Si(111)-p..... | 89 |
| IV.3.2. Dépôt à densité de courant constante sur un substrat de verre..... | 99 |
| IV.4. Analyse structurale et morphologique des nanoagrégats de zinc oxydés..... | 112 |
| IV.4.1. Analyse morphologique par le MEB..... | 113 |
| IV.4.2. Analyse morphologique par AFM..... | 113 |
| IV.4.3. Analyse nanostructurale..... | 114 |
| IV.5. Conclusion..... | 116 |
| Conclusion Générale | 118 |
| Bibliographie..... | 121 |