الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية وزارة
التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة سطيف 1 فرحات عباس
Sétif 1 University- Ferhat ABBAS
كلية العلوم
Faculty of Sciences
قسم الكيمياء
Department of chemistry

Setif 1 University - Ferhat ABBAS

Faculty of Sciences

MASTER'S Memory

DOMAIN: Matter Sciences

FIELD: Chemistry

SPECIALTY: Chemistry-Physics

Theme

Growth and characterization of high-quality nanostructures based on Al doped tin oxide (SnO_2) prepared by electrochemical deposition method

Presented by:

KHEMAMIL Ikram

NEHAR Ibtissem

Supervised by:

Dr. KARA Rania

Date de soutenance : 30/06/2025

Examination jury

President	Dehchar Charif	MCA	University- Ferhat ABBAS Sétif 1
Examinat	Moussaoui Naima	MCB	University- Ferhat ABBAS Sétif 1
Supervisor	Kara Rania	MCB	University- Ferhat ABBAS Sétif 1

Promotion: 2024/2025

Abstract

In this work, we studied tin oxide (SnO_2) nanostructures grown by electrodeposition on ITO substrates. We chose this technique because it is simple and easy to prepare. First, we studied the mechanisms of SnO_2 electrodeposition using cyclic voltammetry and chronoamperometry. Mott-Schottky measurements showed that the deposits exhibit n-type conductivity with an increase in charge carrier concentration as Al doping increases, UV-Vis spectroscopy indicated the increase of the transmission and the gap energy using Al doping approach. Structural analysis by X-ray diffraction showed a tetragonal polycrystalline structure with preferential orientation along the (110) plane. Morphological characterization showed a noticeable change in topography with an increase in the roughness for doped films. Current-voltages plots of $Au/Cu_2O/SnO_2/ITO$ heterojunctions showed the improvement of the electrical properties with Al doping.

Keywords: Nanostructures, SnO_2, Semiconductor, ITO, Electrodeposition, doping.

Résumé

Dans ce travail nous avons étudié des nanostructures d'oxyde d'étain (SnO_2) ont été élaborés par électrodéposition sur des substrats ITO. Tout d'abord, nous avons étudié les mécanismes de l'électrodéposition du SnO_2 en utilisant la voltamétrie cyclique et la chronoampérométrie. Les mesures de Mott-Schottky ont montré que les dépôts présentent une conductivité de type n avec une augmentation de la concentration des porteurs de charges avec l'augmentation du dopage Al. La spectroscopie UV-Vis indique l'augmentation de la transmission et l'énergie de gap en utilisant le dopage Al. L'analyse structurale par la diffraction de rayons X a montré une structure polycristalline tétragonale avec orientation préférentielle selon le plan (110). La caractérisation morphologique montre une modification notable de la topographie avec une augmentation de la rugosité pour les films dopés. Les tracés courant-voltage des hétérojonctions $Au/Cu_2O/SnO_2/ITO$ ont montré une amélioration des propriétés électriques avec le dopage Al.

Mots-clés : nanostructures, SnO_2, Semiconducteur, ITO, électrodéposition, dopage.

الملخص

درسنا في هذا العمل البنى النانوية لأكسيد القصدير (SnO_2) التي نمت عن طريق الترسيب الكهربائي على ركائز ITO. أولًا، قمنا بدراسة آليات الترسيب الكهربائي ل SnO_2 باستخدام القياس الفولتامي الدوري والقياس الزمني. أظهرت قياسات Mott-Schottky أن الرواسب تُظهر موصلية من النوع n مع زيادة في تركيز الشحنة الحاملة مع زيادة المنشطات الالومنيومية، وقد اثبت التحليل الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية تحسن الشفافية وطاقة الفجوة بعد التطعيم. أظهر التحليل الهيكلي بواسطة حيود الأشعة السينية بنية متعددة البلورات رباعية الزوايا للأفلام التي تم الحصول عليها مع اتجاه تفضيلي على طول المستوى (111). يُظهر التوصيف المورفولوجي تغيرًا ملحوظًا في الطبوغرافيا مع زيادة في الخشونة أثناء التطعيم. أظهرت مخططات الفولتية الحالية (I-V) للوصلات غير المتجانسة $Au/Cu_2O/SnO_2/ITO$ تحسن الخصائص الكهربائية مع التطعيم.

الكلمات المفتاحية: الهياكل النانوية، SnO_2، أشباه الموصلات، ITO، الترسيب الكهربائي، المنشطات.

Contents

List of Figures I
List of Tables III
Abbreviation list IV
General Introduction 1
References 3

Chapter *I*: *Literature Review*

I.1. Generalities on Photovoltaics 4
I.2. Tin Oxide (SnO_2) 5
I.3. Properties of Tin Oxide 5
I.3.1. Crystallographic Properties of Tin Oxide 5
I.3.2. Electrical and Electronic Properties 6
I.3.3. Optical Properties of Tin Oxide 7
I.4. Tin Oxide Doping 8
I.5. Fields of Application of SnO_2 9
I.5.1. Gas Detection 10
I.5.2. Lithium Batteries 10
I.5.3. Gas Sensors 10
I.5.4. Photovoltaic Solar Cell 11
I.5.5. Photocatalysis Application 11
I.6. Tin Oxide (SnO_2) Production Methods 12
I.7. Electrodeposition Technique 12
I.7.1. Principle of Electrodeposition 12
I.7.2. Electrodeposition Mechanism 13
References 15

Chapter II :Experimental Conditions and Characterization Methods

II.1. Experimental Setup 20
II.1.1. Assembly and Electrochemical Cell 20
II.1.2. Potentiostat/Galvanostat 20
II.1.3. Electrodes 21
II.2. Substrates Preparation 21
II.3. Solutions Preparation 22
II.4. Preparation Conditions 23
II.5. Characterization Techniques 24

II.5.1. Cyclic Voltammetry 24
II.5.2. Mott-Schottky Measurements (M-S) 25
II.5.3. X-Ray Diffraction (DRX) 26
II.5.4. UV-visible Spectrophotometry 28
II.5.5. Atomic Force Microscope (AFM) 28
II.5.8. Current-Voltage Measurement 30
References 32

Chapter III: *Results and Discussion*

III.1. Electrodeposition Mechanism of Tin Oxide (SnO_2) **35**
III.2. Chronoamperometric Study **35**
III.3. Cyclic Voltammetry Study **36**
III.3.1. Cyclic Voltammetry of ITO in the Supporting Electrolyte **36**
III.3.2. Cyclic Voltammetry of ITO in the Presence of Sn Precursor **38**
III.4. Mott-Schottky Analysis **39**
III.5. UV-Vis Analysis **41**
III.6. Structural (XRD) Analysis **44**
III.7. Morphological (AFM) Analysis **47**
III.8. Electrical (I-V) Analysis **48**
References 50
General Conclusion 52