



AVIS DE SOUTENANCE D'UNE THESE DE DOCTORAT

Le Doyen de la Faculté des Sciences a le plaisir d'informer le public qu'une soutenance de
thèse de Doctorat en

«Physique et application»

aura lieu le 16/12/2023 à la Faculté des Sciences, Kénitra

La Thèse sera présentée par Mr HAYTHAM EL FARRI

Sous le thème :

**Elaboration et caractérisation des couches minces de ZnS par la technique SILAR pour
des Applications Photovoltaïques**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement
LHRACH MOUHAMED	Président	Faculté des sciences, Université Ibn Tofail Kénitra
TAIBI MHAMED	Rapporteur	Ecole Normale Supérieure, Université Mohammed V Rabat
LAHOUCINE BAHMAD	Rapporteur	Faculté des sciences, Université Mohammed V Rabat
ABDERRAHIM RAIDOU	Rapporteur	Faculté des sciences, Université Ibn Tofail Kénitra
FAÏÇAL BENNANI	Examineur	Faculté des sciences, Université Ibn Tofail Kénitra
ATIKA FAHMI	Examineur	Faculté des sciences, Université Ibn Tofail Kénitra
NOUNEH KHALID	Co-Directeur de thèse	Faculté des sciences, Université Ibn Tofail Kénitra
FAHOUME MOUNIR	Directeur de thèse	Faculté des sciences, Université Ibn Tofail Kénitra



Nom et Prénom : HAYTHAM EL FARRI
Date de soutenance : 16/12/2023
Directeur de Thèse : FAHOUM MOUNIR

Sujet de these

Elaboration et caractérisation des couches minces de ZnS par la technique SILAR pour des Applications Photovoltaïques

Résumé:

Le sujet de la thèse a traité l'élaboration et la caractérisation des films de ZnS par la technique SILAR. Pour préparer les solutions, nous avons utilisé des précurseurs cationiques comme Acétate ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou Chlorure de Zinc (ZnCl_2), et des précurseurs anioniques comme Sulfure de Sodium (Na_2S). L'effet de quatre paramètres de dépôt des couches minces, à savoir la sulfuration, le nombre de cycles, la molarité et les valeurs de Ph des solutions, sont étudiés. La caractérisation structurale des films a révélé que les films de ZnS déposés sur des substrats en verre, ont une structure cubique avec une orientation privilégiée selon la direction (111). La caractérisation optique montre que les films de ZnS sont transparents dans le visible, ce qui le rend un candidat alternatif pour remplacer le CdS dans la fabrication des cellules solaires. Les micrographes obtenus des échantillons de ZnS ont montré des surfaces homogènes, rigoureuses et compactes. Pour les analyses élémentaires de EDX, nous avons montré l'existence des éléments principaux constituants notre matériau, à savoir le soufre et le zinc. Au niveau de la spectrophotométrie de nos échantillons, nous avons montré que les valeurs de l'énergie de Gap, sont proches de 3.67eV. L'analyse des modes de vibrations de nos échantillons à base de ZnS, a montré des fréquences de vibration qui reflètent l'apparition des films de ZnS. Quant à la caractérisation électrique des films de ZnS, nous avons obtenus des valeurs globales de conductivités, comprises entre $0.4478 \cdot 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ et $10^{-5} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$.

Mots clefs : Couches minces, Sulfure de zinc, SILAR, Cellules solaires, SEM-EDX, Sulfurisation.

Abstract:

The subject of the thesis is elaboration and characterization of ZnS films by SILAR technique for photovoltaic applications. To prepare solutions, we used Acetate ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and Zinc Chloride (ZnCl_2) as cationic precursors I and Sodium Sulfide (Na_2S) as anionic precursors. The effect of four factors, namely sulfurization, number of cycles, concentration of precursors and pH values of solutions, are studied. The structural characterization of the films revealed that the ZnS films deposited on glass substrates have a cubic structure with a preferred orientation according to the (111) direction. The optical characterization shows that ZnS films are transparent in the visible range, making it a good alternative material to replace CdS in solar cell manufacturing. The micrographs obtained from the ZnS samples showed homogeneous, rigorous and compact surfaces. For elemental analyzes, we used EDX spectra, which showed the existence of the main elements constituting our material ZnS, namely sulfur and zinc. In terms of spectrophotometry of our samples, we have shown that the values of the optical Gap energy for all of the samples obtained are close to the value of the band gap width given in the bibliography which is 3.67eV. The analysis of the vibration modes of our ZnS-based samples showed vibration frequencies which reflect the appearance of ZnS films. As for the electrical characterization of the ZnS films, we obtained overall conductivity values, between $0.4478 \cdot 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ and $10 \cdot 10^{-5} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$.

Key words: Thin film, Zinc Sulfide, SILAR, Solar cells, Sulfurization, SEM-EDX.

خلاصة الاطروحة

تناول موضوع الرسالة تطوير أفلام ZnS باستخدام تقنية SILAR. لتحضير المحاليل، استخدمنا محاليل كاثيونية مثل الأسيتات ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) و كلوريد الزنك ($ZnCl_2$)، محاليل أنيونية مثل كبريتيد الصوديوم Na_2S . تمت دراسة تأثير أربعة عوامل ترسيب للأغشية الرقيقة وهي الكبريتة وعدد الدورات وتركيز المواد الكيميائية وقيم قاعدية المحاليل. أظهرت الدراسة البنوية للأغشية أن أفلام ZnS المترسبة على رقائق زجاجية لها بنية مكعبة ذات اتجاه مفضل على طول المحور (111). تظهر الدراسة البصريه أن أفلام ZnS شفافه في النطاق المرئي، مما يجعلها مرشحاً بديلاً لتحل محل CdS في تصنيع الخلايا الشمسية. أظهرت الصور المجهرية التي تم الحصول عليها من عينات ZnS أسطحاً متجانسة وصارمة ومضغوطة. والنسبة للتحليلات العنصرية لـ EDX، أظهرنا وجود العناصر الرئيسية التي تشكل مادتنا، وهي الكبريت والزنك. ومن حيث القياس الطيفي للعينة، فقد أظهرنا أن قيم فجوة الطاقة تقترب من 3.67 eV. أظهر تحليل أوضاع الاهتزاز لعينائنا المعتمدة على ZnS ترددات اهتزاز تعكس مظهر أفلام ZnS. أما بالنسبة للتوصيف الكهربائي لأغشية ZnS، فقد حصلنا على

قيم الموصلية الإجمالية، بين $0.4478 \cdot 10^{-6} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ و $10^{-5} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$

الكلمات المفتاحية: الأغشية الرقيقة، كبريتيد الزنك، السيلار، الخلايا الشمسية، SEM-EDX، الكبريت.

