

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LARECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم علوم المادة
DEPARTEMENT Sciences de la Matière



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Option : Chimie inorganique

Par :

DJEDDI rachda

THEME

Electrodéposition de quelques semi-conducteurs à base de soufre

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

| | | |
|---------------------------|-----|-----------|
| BATANA Fatima Zohra | MCB | Président |
| HAMDI Fatima Zohra Karima | MAA | Examineur |
| HAMDI Ahmed | MCA | Encadreur |

Année Universitaire : 2020- 2021

Remerciement

Dieu soit loué et merci pour la santé et le courage qu'il nous a donné.

- ❖ Je remercie tout particulièrement à notre encadreur Dr.**HAMDI. A**, pour la confiance et l'intérêt qu'il m'a témoignés tout au long l'élaboration de ce travail, pour son aide si précieuse, et ses conseils pertinents.

- ❖ Je remercie également le membre de jury : **BATANA.FZ** Maître de conférences A à l'université Laghouat d'avoir accepté de présider ce jury.

- ❖ Je remercie tout **HAMDIA.FZ** maître-assistante A à l'université de Laghouat pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail et pour sa participation au jury.

Enfin, Je remercie tous les enseignants qui nous ont étudiés à travers l'université, et tous les enseignants de sciences de la matière

Dédicaces

*A mes chers parents, qui m'ont toujours soutenu et
encouragé,*

A mes frères et ma soeur,

*A mes amis avec qui j'ai partagé tant de moments de
Vie, heureux ou difficiles,*

A mes camarades de classe,

Et à tous ceux qui m'ont soutenu



Sommaire

| | |
|-----------------------------|----|
| Liste figures | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des abréviations..... | |
| Introduction générale..... | 01 |

Partie I : Revue Bibliographique

| | |
|--|----|
| I. Généralités sur l'énergie photovoltaïque | 02 |
| I.1.2. L'énergie solaire reçue sur la terre..... | 02 |
| I.2.1. L'énergie photovoltaïque..... | 03 |
| I.2.2 Historique de l'effet photovoltaïque..... | 04 |
| I.2.3 Définition d'une cellule solaire PV et son fonction..... | 04 |
| I.2.4 Le principe de fonctionnement d'une CPV..... | 05 |
| I.2.5 Avantages et les inconvénients de l'énergie photovoltaïque | 06 |
| I.3.Synthèse bibliographique sur les semi-conducteurs et le matériau SnS | 06 |
| I.3.2 Définition d'un semi-conducteur..... | 07 |
| I.3.3 Sulfure d'étain..... | 07 |
| I.3.4 Définition d'une couche mince..... | 08 |
| I.3.5 Application des filme mince de sulfure d'étain..... | 08 |
| I.4 Les Méthodes de dépôt & Techniques de caractérisations..... | 08 |
| I.4.2 Définition L'électrodéposition et son protocole..... | 08 |
| I.4.3 Historique..... | 09 |
| I.4.4 Principe d'électrodéposition..... | 09 |
| I.4.5 Mécanismes d'électrodéposition..... | 10 |
| I.5 Méthodes d'électrodéposition..... | 11 |
| I.5.1 La voltampérométrie cyclique..... | 11 |
| I.5.2 Chronoampérométrie..... | 12 |
| I.6 Techniques de caractérisations..... | 13 |
| I.6.1Méthode de Mott-Schottky..... | 13 |
| I.6.2 Spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE)..... | 14 |

Partie II : Expérimental

| | |
|---|----|
| II.1 Conditions expérimentales..... | 15 |
| II.1.1 Préparation des électrodes de travail..... | 15 |
| II.1.2 Préparation la surface de substrat | 15 |
| II.1.2 Electrolytes..... | 16 |
| II.1.4 Montage et appareillage électrochimique | 16 |
| II.1.5 Cellule électrochimique | 17 |
| a) Électrode de référence(ER)..... | 17 |
| b) Electrode auxiliaire ou (contre électrode CE)..... | 17 |
| c) Electrode de travail..... | 18 |
| II.2 Techniques d'électrodépositions utilisées | 18 |
| II.2.1 Voltamètre cyclique..... | 18 |
| II.2.2 Chronoamperométrie..... | 19 |
| II.3 Les Techniques des Caractérisations..... | 20 |
| II.3.1 Caractérisation par mott –Schottky..... | 20 |
| a) Solution..... | 20 |
| b) Condition expérimental..... | 20 |
| II.3.2 Caractérisation par (SIE)..... | 22 |
| a) Solution..... | 22 |
| b) Condition expérimental..... | 23 |
| Conclusion générale..... | 25 |
| Références bibliographique..... | 26 |

Liste figures

| | | |
|--------------|---|----|
| Figure I.1 | Description de l'incidence sur la terre | 2 |
| Figure I.2 | Cellule de première génération, monocristalline (a) et poly cristalline (b) | 4 |
| Figure I.3 | Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque | 5 |
| Figure I.4 | présentation d'une couche mince | 8 |
| Figure I.5 | présentation Mécanismes d'électrodéposition | 10 |
| Figure I.6 | L'allure générale du courbe volt ampérométrique et ses grandeurs Caractéristiques | 11 |
| Figure I.7 | Allure d'une courbe de chronoampérométrie | 12 |
| Figure I.8 | Principe de balayage en potentiels à fréquence fixée | 13 |
| Figure II.1 | Électrode de travail | 15 |
| Figure II.2 | Dispositif expérimental (la cellule et le potentiostat) | 16 |
| Figure II.3 | La cellule électrochimique | 17 |
| Figure II.4 | Électrode de référence | 17 |
| Figure II.5 | Electrode d'auxiliaire | 17 |
| Figure II.6 | Electrode de travail | 18 |
| Figure II.7 | Voltampérogramme de Sn pur dans une solution de SnCl ₂ / Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O a la température ambiante 25°C avec une vitesse de balayage 50 mV/S | 18 |
| Figure II.8 | Voltampérogramme de Sn dopé par Sb dans une solution de (SnCl ₂ / Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O) avec (Sb 10%) a la température ambiante 25avec une vitesse de balayage 50 mV/S | 19 |
| Figure II.9 | Suivi chronoampérométrie a Sn pur et Sn dopé par 10% Sb | 19 |
| Figure II.10 | Diagrammes de Mott-Schottky de dépôt Sn pur en milieu (D). 1 = type n (en rouge), 2 = type p (en bleu). | 21 |
| Figure II.11 | Diagrammes de Mott-Schottky de dépôt Sn dopé par 10%Sb en milieu (D). 1 = type n (en rouge), 2 = type p (en bleu). | 21 |
| Figure II.12 | Diagrammes de Mott-Schottky de dépôt Sn dopé par 10%Sb en milieu (L). 1 = type n (en rouge), 2 = type p (en bleu). | 22 |
| Figure II.13 | Variation du potentiel libre avec le temps Sn pur ou milieu (D) et(L). | 23 |
| Figure II.14 | Variation du potentiel libre avec le temps Sn dopé par Sb 10 % ou milieu (D) et(l) | 23 |

Liste des tableaux

| | | |
|--------------|--|----|
| Tableau II.1 | Compositions de bain utilisé | 16 |
| Tableau II.2 | Valeurs de R1, R2 et CPE (capacité) du diagramme d'impédance | 24 |

Liste des abréviations

BC : Bonde de conduction

BV : Bonde de valence

CA : Chronoamperométrie

CPE : la capacité de la double couche.

CPV : une cellule photovoltaïque

D : l'obscurité

E : Différence du potentiel.

ECS : Electrode au calomel saturé

ER : Electrode de référence

Epa : Potentiel de pic anodique.

Epc : potentiel de pic cathodique

FTO : Oxyde d'étain dopé par le fluor (**Fdoped SnO₂**) C'est un Oxyde conducteur transparent

J : densité de courant

L : la lumière

(SIE) : Spectroscopie d'impédance électrochimique

SnS : Sulfure d'étain

Rs : la résistance de l'électrolyte,

Rct : la résistance de la réaction électrochimique et

ΔE_p : Différence de potentiel entre Epa et Epc.

Introduction générale

La forte consommation d'énergie dans le monde, l'épuisement des sources conventionnelles et les problèmes liés à la pollution de l'environnement ont forcé L'humanité à trouver des nouvelles sources énergétique.

Une des solutions les plus prometteuses pour soulever ces problèmes est le photovoltaïque. L'énergie photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité par L'intermédiaire des matériaux semi-conducteurs.

Une des solutions proposées pour la diminution du coût par watt d'électricité produite par le photovoltaïque est de réduire la quantité de la matière entrant dans la fabrication de la cellule solaire. Dans cette optique des efforts ont été employés pour développer la filière des cellules solaire en couches minces. Le binaire SnS est un nouveau matériau fortement recommandé pour la fabrication des cellules solaires à base de couches minces.

Les cellules solaires à base de ce matériau atteint des rendements très élevée 19 %, elles sont très stables et leur durée de vie est très élevée .Ce matériau peut être aussi déposé par les différentes techniques de dépôt des couches minces et sur les différents types de substrats [1].

Dans notre travail, une couche mince de SnS (pur et dopé par le Sb) a été déposée sur un substrat FTO par la technique d'électrodéposition.

Le manuscrit de ce mémoire se présente en deux parties :

La première partie est organisée en trois idées. La première sera consacrée aux des généralités sur l'énergie photovoltaïque, seconde portera sur la présentation d'une synthèse bibliographique de la technique d'électrodéposition. Nous présentons ensuite le principe des techniques expérimentales de caractérisation utilisées au long de ce travail à savoir la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) et le Mott- Schottky.

Le deuxième partie est consacré pour la présentation de la procédure expérimentale suivie pour la préparation et l'élaboration de la couche SnS (préparation des substrats, préparation des solutions de départ, l'élaboration). Ainsi nous présentons les résultats expérimentaux obtenus.

On termine ce mémoire par une conclusion générale, qui met en relief les principaux résultats obtenus, ainsi que nos perspectives pour l'avenir.

Partie 1 : Revue bibliographique

I. Généralités sur l'énergie photovoltaïque :

I.1.1. Introduction :

L'énergie qui nous vient du soleil représente la quasi-totalité de l'énergie disponible sur terre. Elle est à l'origine de la biomasse, du cycle de l'eau, des vents, des courants océaniques, et sous forme stockée durant des millions d'années, de nos réserves de gaz, de pétrole et de charbon, mis à part les énergies nucléaire et géothermique. La nature transforme donc l'énergie solaire en bien autres sources, mais jamais en électricité. Pour arriver jusqu'à ce stade, l'homme est obligé d'appliquer à ces sources des transformations supplémentaires qui vont diminuer le rendement global de conversion d'énergie.

I.1.2. L'énergie solaire reçue sur la terre :

Le spectre du soleil c'est sa décomposition en longueurs d'onde ou couleur. La lumière solaire est en effet composée de toutes sortes de rayonnements de couleurs différentes, caractérisées par leur gamme de longueur d'onde. Les photons, grains de lumière qui composent ce rayonnement électromagnétique, sont porteurs d'une énergie qui est reliée à leur longueur d'onde par la relation [2]. :

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} [2].$$

- **h** est la constante de Planck
- **ν** la fréquence
- **c** la vitesse de la lumière dans le vide et **λ** la longueur d'onde.

Le spectre solaire diffère entre l'espace et la surface du globe, il diffère également à la surface de la terre en fonction du lieu et de l'heure. On le caractérise d'une façon globale par un coefficient Air Mass, AM ($1/\cos \alpha$) où α correspond à l'angle entre la verticale et le rayonnement solaire.

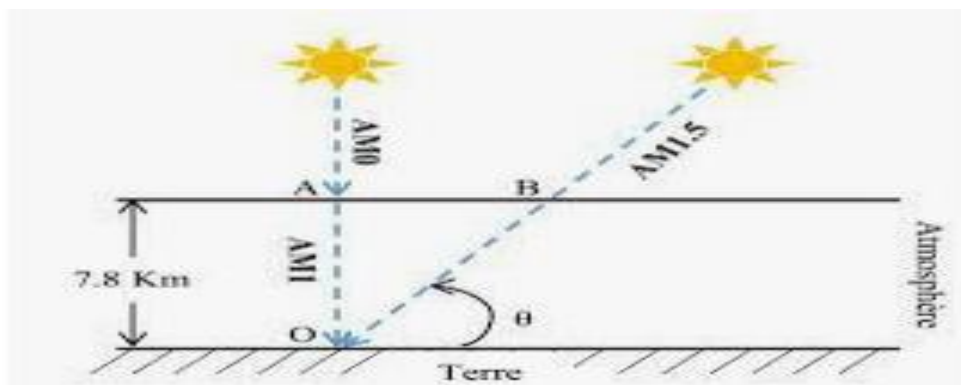


Figure I.1 : Description de l'incidence sur la terre

Par définition, AM1.5 correspond au spectre sous un angle d'environ 45° du spectre utilisé (voir Figure I.1) pour caractériser l'ensemble des applications terrestres indépendamment du lieu d'exploitation [2].

Ce spectre de ciel clair, sert de référence pour la mesure de cellules photovoltaïques, sa distribution en énergie est répartie comme suit.

ultraviolet UV $0.20 \leq \lambda \leq 0.38 \mu\text{m}$ 6.4 %

Visible $0.38 \leq \lambda \leq 0.78 \mu\text{m}$ 48.0 %

Infrarouge IR $0.78 \leq \lambda \leq 10 \mu\text{m}$ 45.6%

Il existe également deux autres types d'illumination simulée, décrits dans la bibliographie, les illuminations AM1 et AM0, correspondant respectivement à une irradiation sous incidence normale à travers l'atmosphère et sans passer au travers de l'atmosphère [3].

- **Le solaire thermique :**

Qui produit de la chaleur à partir de la conversion du rayonnement visible en rayonnement infrarouge afin de chauffer un fluide ou un matériau à changement de phase. On utilise pour cela des capteurs thermiques qui relèvent d'une technologie spécifique à la grandeur de la température désirée.

- **Le solaire photovoltaïque :**

Qui converti directement le rayonnement lumineux en électricité. Il utilise pour se faire des modules photovoltaïques composés de cellules solaires à base de semi-conducteurs [4].

I.2.1. L'énergie photovoltaïque :

L'énergie photovoltaïque est collectée par la transformation d'une partie du rayonnement solaire en énergie électrique. Cette conversion d'énergie s'effectue par le biais d'une cellule photovoltaïque. Le principe de cette cellule, né dans les années 1950, est basé sur les propriétés des semi-conducteurs formant une jonction p-n : les électrons présents sur

La bande de valence sont excités dans la bande de conduction par les photons d'énergie supérieure à la bande interdite. Ils sont ensuite collectés sous forme de photo courant, et sous une tension non nulle, dans le circuit extérieur grâce à l'effet de la jonction p-n conduisant à la production d'énergie électrique [5].

I.2.2 Historique de l'effet photovoltaïque :

La conversion de la lumière en électricité, appelée effet photo voltaïque, a été découverte par **E. Becquerel** en **1839**, mais il faudra attendre près d'un siècle pour que les scientifiques approfondissent et exploitent ce phénomène de la physique.

Quelques dates importantes dans l'histoire du photovoltaïque :

- **1839** : Le physicien français Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque.
- **1875** : Werner Von Siemens expose devant l'académie des sciences de Berlin un article sur L'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs.
- **1954** : Trois chercheurs américains Chapin, Peason et Prince fabriquent une cellule photovoltaïque.
- **1958** : Une cellule avec un rendement de 9 % ; les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.
- **1973** : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'université de Delaware.

La première cellule photovoltaïque (ou photopile) a été développée aux États-Unis en **1954** par les chercheurs des laboratoires Bell, qui ont découvert que la photosensibilité du silicium pouvait être augmentée en ajoutant des "impuretés"[6].

I.2.3 Définition d'une cellule solaire PV et son fonction :

Les cellules photovoltaïques sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité, c'est l'effet photovoltaïque qui est à l'origine de ce phénomène, Elles sont réalisées à l'aide des matériaux semi -conducteurs.

Notons que :

- les cellules monocristallines se distinguent à leurs coins cassés et à leur aspect uniforme.
- Les cellules poly cristallines ont un aspect plus irisé provenant de l'orientation des différents grains du réseau cristallin par rapport au plan de coupe [7].



Figure I.2 : Cellule de première génération, monocristalline (a) et poly cristalline (b).

Cette transformation est basée sur les trois mécanismes suivants :

- Absorption des photons par le matériau constituant le dispositif.
- Conversion de l'énergie du photon en énergie électrique, ce qui correspond à la création des paires électron/trou dans le matériau semi-conducteur.
- Collection des particules générées dans le dispositif.

I.2.4 Le principe de fonctionnement d'une CPV :

L'effet photovoltaïque utilisé dans les cellules solaires permet de convertir directement l'énergie lumineuse des rayons solaires en électricité par le biais de la production et du transport dans un matériau semi-conducteur de charges électriques positives et négatives sous l'effet de la lumière.

La conversion photovoltaïque repose donc sur trois principes :

- Les "grains de lumière"- les photons - heurtent la surface du matériau photovoltaïque disposé en cellules ou en couche mince (L'absorption de photons).
- Ils transfèrent leur énergie aux électrons présents dans la matière, qui se mettent alors en mouvement dans une direction particulière.
- Le courant électrique continu qui se crée est alors recueilli par des fils métalliques très fins connectés les uns aux autres et acheminé à la cellule suivante [8].

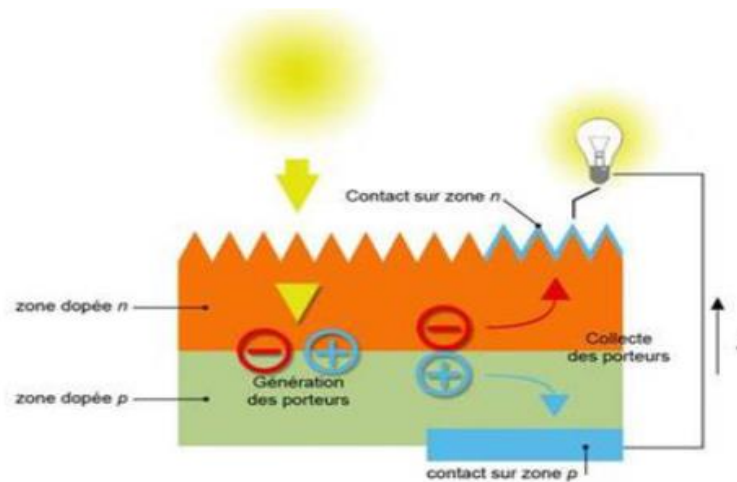


Figure I. 3 : Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.

I.2.5 Avantages et les inconvénients de l'énergie photovoltaïque :

La technologie photovoltaïque présente un grand nombre d'avantages, sont cités ci-dessous :

a) Les Avantages :

- ✓ D'abord, une haute fiabilité ; elle ne comporte pas de pièces mobiles -qui la rendent particulièrement appropriée aux régions isolées. C'est la raison de son utilisation sur les engins spatiaux.
- ✓ Ensuite, le caractère modulaire des panneaux photovoltaïques permet un montage simple et adaptable à des besoins énergétiques divers. Les systèmes peuvent être dimensionnés pour des applications de puissances allant du milli Watt au Méga Watt
- ✓ Leurs coûts de fonctionnement sont très faibles vu les entretiens réduits et ils ne nécessitent ni combustible, ni transport, ni personnel hautement spécialisé.
- ✓ Enfin, la technologie photovoltaïque présente des qualités sur le plan écologique car le produit fini est non polluant, silencieux et n'entraîne aucune perturbation du milieu, si ce n'est par l'occupation de l'espace pour les installations de grandes dimensions.

b) Les inconvénients :

Le système photovoltaïque présent toutefois des inconvénients, sont cités ci-dessous :

- La fabrication du module photovoltaïque relève de la haute technologie et requiert des investissements d'un coût élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible (la limite théorique pour une cellule au silicium cristallin est de 28%).
- Les générateurs photovoltaïques ne sont compétitifs par rapport aux générateurs Diesel que pour des faibles demandes d'énergie en région isolée.
 - Enfin, lorsque le stockage de l'énergie électrique sous forme chimique (batterie) est nécessaire, le coût du générateur photovoltaïque est accru [9].

I.3.Synthèse bibliographique sur les semi-conducteurs et le matériau SnS :

I.3.1 Introduction :

Les semi-conducteurs à large bande interdite et singulièrement leurs nanostructures sont au cœur de nombreux développements actuels.

Dans ce cas, nous proposons de présenter une brève revue des semi-conducteurs, en particulier des semi-conducteurs (n et p), puis nous prenons la sulfure d'étain et application de son des filme mince.

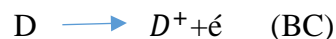
I.3.2 Définition d'un semi-conducteur :

Un semi-conducteur est un solide cristallin dont les propriétés de conduction électrique sont Déterminées par deux bandes d'énergie particulières : d'une part, la bande de valence, qui correspond aux électrons impliqués dans les liaisons covalentes ; d'autre part, la bande de conduction, comprenant les électrons dans un état excité, qui peuvent se déplacer dans le Cristal et existe a deux type [10] :

- **Semi- conducteur type n (donneur) :**

Dans le cas d'un semi-conducteur de type n, les atomes dopants sont en substitution des

Atomes du réseau et fournissent un électron à la bande de conduction selon le mécanisme :



D : l'élément donneur.

(BC) : bande de conduction.

L'augmentation de la concentration en électrons libres engendre un déplacement du niveau de Fermi du matériau vers la bande de conduction

- **Semi-conducteur type P (accepteur) :**

Dans le cas d'un semi-conducteur de type p, les éléments dopants présentent un défaut d'électron par rapport à la matrice et captent un électron de la bande de valence selon le mécanisme :



(BV) : bande de valence

Ils augmentent le nombre de charges positives dans la bande de valence et déplacent le niveau de Fermi vers la bande de valence.

I.3.3 Sulfure d'étain :

Nommé aussi sulfure d'étain, le SnS est un composant du groupe IV-VI des semi-conducteurs constitué, par l'association d'atome d'étain de la colonne IV et l'atome soufre de la colonne VI de la table périodique des éléments chimiques.

Le matériau SnS attire beaucoup d'attention ces dernières années pour ses propriétés optiques, électriques...etc. [10].

I.3.4 Définition d'une couche mince :

par principe ,une couche mince d'un matériau donné est un élément de ce matériau dont l'une des dimensions qu'on appelle l'épaisseur a été fortement réduite de telle sorte que cette faible distance entre les deux surfaces limites reste de l'ordre du nm, ce qui confère à la couche la quasi-bi dimensionnalité d'une part, et qui entraîne une perturbation de la majorité des propriétés physiques d'autre part [11].

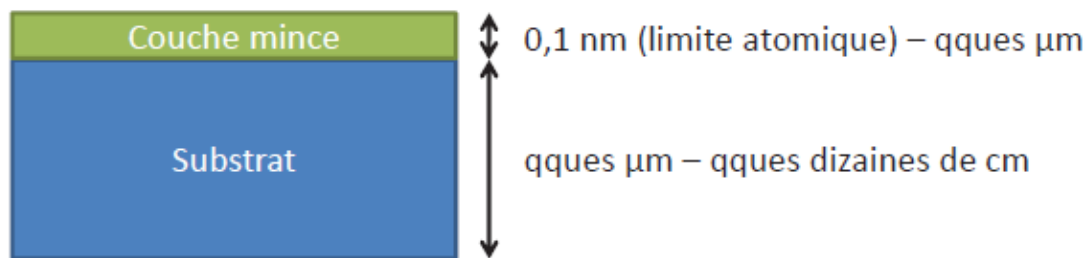


Figure I. 4 : présentation d'une couche mince

I.3.5 Application des films mince de sulfure d'étain :

Le sulfure d'étain (SnS) est utilisé dans diverses applications telles que les systèmes d'enregistrement holographiques, et les cellules solaires photovoltaïques car ses éléments constitutifs sont peu coûteux, respectueux de l'environnement et facilement disponibles dans la nature [10].

I.4 Les Méthodes de dépôt & Techniques de caractérisations :

I.4.1 Introduction :

Dans ce cas nous rappelons les principales méthodes de dépôt des couches minces du semi-conducteur transparent conducteur et nous présentons les critères de choix du semi-conducteur : Sb dopé en Sn.

Nous décrivons également les notions techniques de déposition des couches minces, en particulier la méthode de l'électrodéposition.

I.4.2 Définition L'électrodéposition et son protocole :

L'électrodéposition est un procédé pour l'application des dépôts métalliques sur des surfaces conductrices se basant sur des processus électrochimiques.

C'est une technique peu coûteuse utilisée aussi pour déposer des différents films de semi-conducteur avec ce protocole suivant :

Deux électrodes sont nécessaires :

- une électrode de travail
- substrat sur lequel est réalisé le dépôt
- une contre-électrode pour le passage du courant.

Un montage à trois électrodes, avec une électrode de référence, est typiquement utilisé, de façon à contrôler le potentiel appliqué au substrat. Un dépôt est réalisé à potentiel constant (dépôt potentiostatique) ou à courant constant (dépôt galvanostatique). Des dépôts par impulsions de courant ou de tension peuvent être réalisés [12].

I.4.3 Historique :

L'électrodéposition est une technique de dépôt en phase liquide des métaux, des semi-conducteurs et aussi des couches minces d'oxydes conducteurs. Dès la découverte des processus électriques par Galvani et Volta, à la fin du XVIIIème siècle.

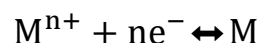
L'étude des phénomènes d'électrodéposition n'a pas cessé.

- Les premiers dépôts ont été réellement développés à la fin XIXème siècle, en utilisant des batteries comme source de courant.
- Les principes théoriques des phénomènes d'électrodéposition ont été mis en évidence en 1897 par Nernst, puis par Kerman en 1914 et Foster en 1915[13].

I.4.4 Principe d'électrodéposition :

Le but de l'électrodéposition est d'appliquer une couche superficielle sur un métal pour conférer à cette surface les propriétés désirées : esthétique, magnétique et ou électrique. Le principe de l'électrodéposition est très simple :

C'est une électrolyse. Il s'agit de réactions redox (oxydoréduction), qui sont déclenchées par une source de courant. Cette méthode électrochimique est opérée souvent à partir des bains de galvanoplastie traditionnels. Le bain d'électrolyse constitue la plupart du temps, l'élément critique de la cellule. Il contient le sel métallique approprié (des sulfates, des chlorures ou d'autres sels). Le substrat (électrode de travail) sur lequel doit s'effectuer le dépôt constitue la cathode d'un montage électrolytique. L'électrolyte dans lequel il baigne contenant des ions métalliques M^{n+} de charge positive. La polarisation des électrodes va provoquer une migration de ces ions vers la cathode, c'est-à-dire le substrat. L'ion métallique est neutralisé par les électrons fournis par la cathode et se dépose sur celle-ci sous forme de métal M suivant la réaction [14] :



I.4.5 Mécanismes d'électrodéposition :

L'électrolyte contient un sel de l'électrode métallique, il est alors envisageable à un potentiel donné de déposer ce métal. Le processus d'électro-cristallisation peut être décrit de manière simplifiée par les étapes suivantes [15] :

❖ Transfert de masse

Le transport de masse vers l'électrode joue un rôle essentiel dans le processus de dépôt puisque le réactif présent à l'interface métal/électrolyte est continuellement

- **La migration :**

On appelle migration le déplacement des espèces sous l'effet du champ électrique. Au sein de la solution électrolytique la migration assure le passage du courant électrique pendant l'électrolyse c'est pour cela qu'il est important d'avoir en solution des espèces de grande conductibilité électrique si on veut augmenter ce courant

- **La diffusion :**

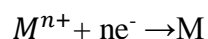
Les ions se meuvent également en raison du gradient de concentration entre l'interface électrode-électrolyte et le sein de la solution. Ce gradient résulte de la consommation de l'espèce ionique métallique, dite espèce électro active à la cathode

- **La convection :**

Elle provient du mouvement hydrodynamique du fluide engendré par une agitation mécanique, thermique....

❖ Transfert de charge :

Le transfert de charge dans le cas d'un dépôt métallique réalisé par voie électrochimique se produit de la manière suivante : Le métal se dépose sur la cathode selon la réaction simplifiée :



M^{n+} : Ion métallique.

M : Atome métallique.

n : Charge de l'ion métallique.

e^{-} : Électron

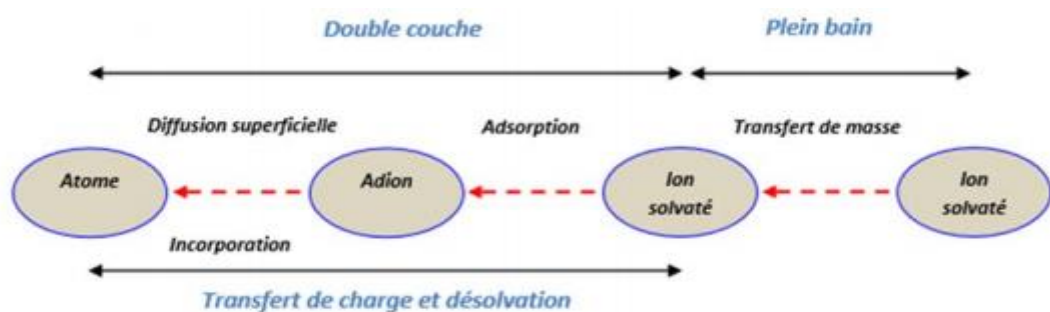


Figure I.5 : présentation Mécanismes d'électrodéposition

❖ Cristallisation (formation de dépôt) :

L'ad atomes vont, au cours de cette étape, soit venir consolider l'édifice cristallin en construction (ad- M cristal), favorisant, les cristaux existants grossissent par addition des nouveaux atomes de métal en respectant la structure cristalline c'est-à-dire en prenant place Dans des sites définis (croissance), soit donner naissance à de nouvelles cristallites, à partir Des germes produits spontanément sur la surface. Si la vitesse de croissance des germes est Inférieure à celle de germination, le dépôt se sera constitué de petits cristaux [15].

I.5 Méthodes d'électrodéposition :

I.5.1 La voltampérométrie cyclique

La voltamétrie cyclique est une technique électrochimique potentiodynamique. Elle permet de situer qualitativement, les différents processus électrochimiques qui peuvent avoir lieu à l'interface dans la zone de potentiel balayé.

L'objectif principal de cette méthode est d'obtenir une réponse en courant $I(t)$ du système étudié lors d'une variation progressive de potentiel $E(t)$. La courbe obtenue s'appelle un voltamogramme et permet de tirer des conclusions sur la réversibilité des réactions mises en oeuvre et sur leur cinétique.

Le potentiel est mesuré entre l'électrode de référence et l'électrode de travail. Le courant est mesuré entre l'électrode de travail et la contre électrode [16].

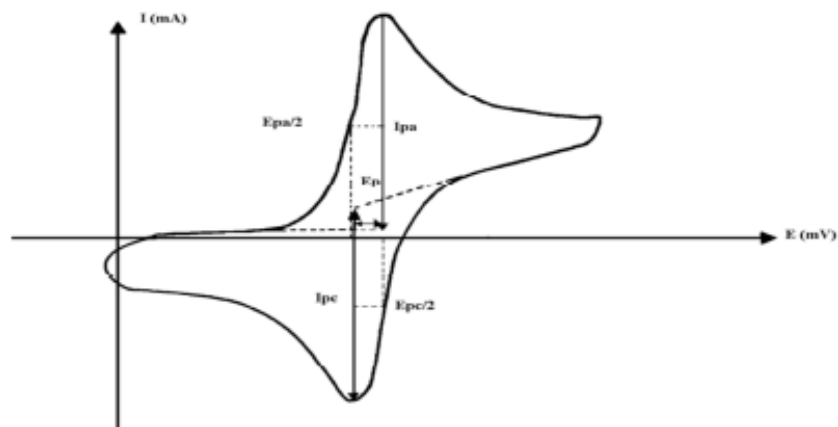


Figure I.6 : L'allure générale du courbe volt ampérométrique et ses grandeurs Caractéristiques

E_{pa} , E_{pc} : Potentiels de pic anodique et cathodique

$E_{pa/2}$, $E_{pc/2}$: Les potentiels à mi-hauteur des pics anodiques et cathodiques

. ΔE_p : Différence de potentiel entre E_{pa} et E_{pc} .

I.5.2 Chronoampérométrie :

- La chronoampérométrie est une technique électrochimique dans laquelle le potentiel de l'électrode de travail est soudainement intensifié d'un potentiel initial à un potentiel final. Le courant résultant, provenant d'un processus faradique et se produisant à l'électrode, est relevé en fonction du temps.
- Cette méthode électrochimique permet d'obtenir des informations sur les propriétés de diffusion des espèces électrochimiques et sur la cinétique des réactions transitoires.
- Principe de Cette méthode consiste à imposer une perturbation de potentiel et à enregistrer l'évolution du courant en réponse à cette perturbation. La courbe ainsi obtenue est appelée courbe transitoire de courant [17].

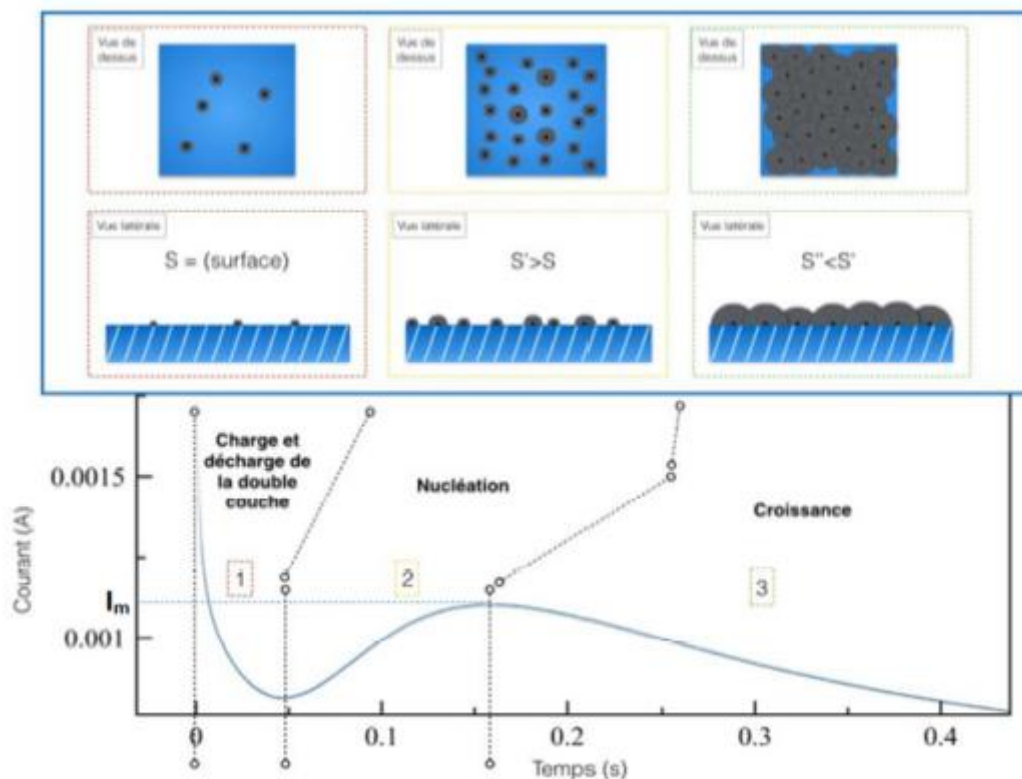


Figure I.7 : Allure d'une courbe de chronoampérométrie

La première partie de la courbe se rapporte à la charge de la double couche en un temps extrêmement court (<1 ms), suivi immédiatement de sa décharge. Durant la décharge de la double couche, la nucléation a déjà commencé, ce qui correspond à la légère inflexion de la courbe à la toute fin de l'étape.

- L'augmentation du courant observé en seconde partie est liée à la formation de nouveaux germes ainsi qu'à la croissance de ceux déjà existants. Cette augmentation s'explique par l'augmentation de la surface active résultant de la formation de clusters éloignés les uns des autres.

- Le courant atteint son maximum I_m avant de diminuer durant la phase de croissance (partie 3). La diminution du courant se justifie par une réduction de la surface active après coalescence des germes pendant leur croissance.

Le nombre de germes initiaux, le coefficient de diffusion des espèces électro-actives, le taux de nucléation ou le substrat sont autant de paramètres influant l'allure de la courbe [17].

I.6 Techniques de caractérisations :

I.6.1 Méthode de Mott-Schottky :

Pour caractériser la nature semi-conductrice des films passifs étudiés, nous avons utilisé la méthode de Mott-Schottky. Cette dernière consiste à suivre l'évolution de la capacité de charge d'espace des échantillons en fonction du potentiel appliqué. La version du logiciel de traitement Volta master est équipée d'une option de balayage en potentiels à fréquence fixée.

Cette option nous a servi de base pour les mesures de capacité sans passer par la spectroscopie d'impédance classique²⁶. Après immersion en solution, l'échantillon est placé en circuit ouvert pendant 5 minutes afin d'obtenir un régime stationnaire indispensable aux mesures de la capacité. Une fois le régime stationnaire établi, l'échantillon est polarisé à -1 V/ECS pendant 4 minutes²⁶.

Cette polarisation permet d'obtenir une quasi-stationnarité du courant global. S'agissant des mesures de capacité, le balayage en potentiel se fait dans le sens cathodique-anodique avec un pas de 20 mV.

Une perturbation sinusoïdale de 5 mV est appliquée pendant 1 minute à chaque point de mesure à partir de -1000 mV/ECS jusqu'à 200 mV/ECS. Cette dernière valeur est choisie de façon à avoir à la fois un intervalle de mesure significatif et une marge de sécurité suffisante par rapport aux potentiels de piqûre des différents échantillons [18].

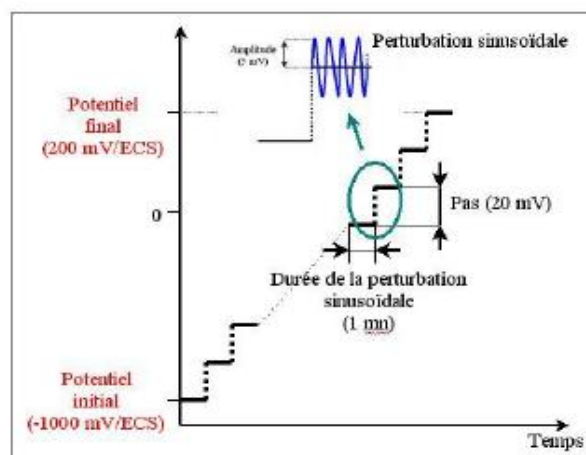
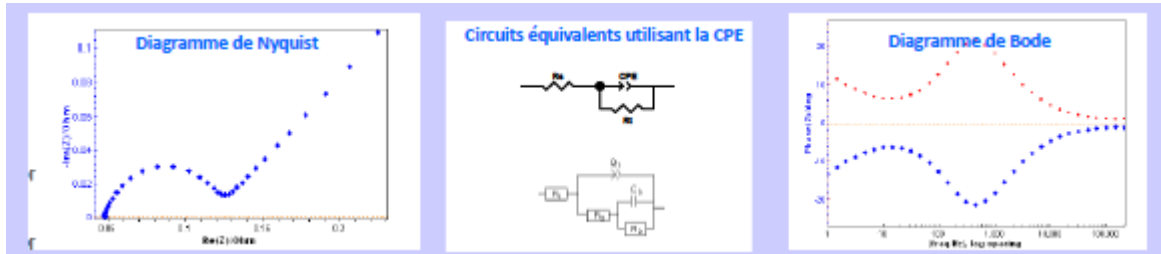


Figure I.8 : Principe de balayage en potentiels à fréquence fixée

I.6.2 Spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) :

- La méthode d'impédancétrie consiste à mesurer la réponse de l'électrode face à une modulation sinusoïdale de faible amplitude du potentiel en fonction de la fréquence. Les résultats de cette méthode sont obtenus sous forme de diagrammes de Nyquist et de Bode.



- La SIE est la technique électrochimique la plus utilisée pour l'étude des processus de corrosion et de protection contre la corrosion (inhibiteurs ou revêtements). C'est une méthode non destructive qui permet de suivre l'évolution d'un système au cours du temps. Elle permet d'identifier les mécanismes se déroulant à l'interface métal/solution et de proposer des modèles cinétiques [17].

Partie II : Expérimentale

Dans cette partie nous exposons la description des matériaux, des dispositifs et des différentes techniques utilisés au cours de ce travail, pour l'élaboration et la caractérisation électrochimique **SIM** et **MOTT SHOTTKY** des dépôts de Sb. En fin nous allons expose les résultats expérimentaux obtenus et leurs interprétations.

II.1. Conditions expérimentales :

II.1.1 Préparation des électrodes de travail (substrat) :

Lors de ce travail, nous avons utilisé un substrat de verres à une Surface de FTO, les échantillons ont des surfaces (01.5 cm²) reliés Par un fil conducteur couvert par une matière isolante.

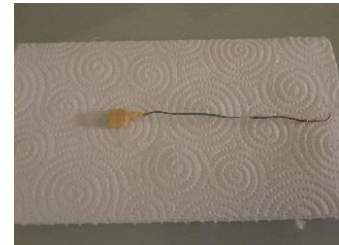


Figure II.1 Électrode de travail

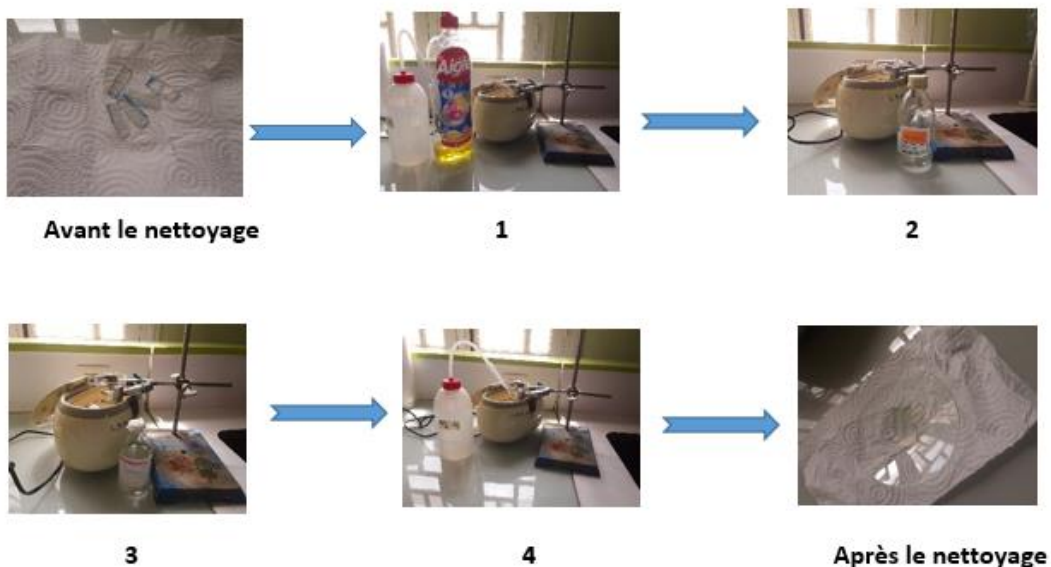
II.1.2 Préparation la surface de substrat :

Pour obtenir une bonne expérience, il faut faire un nettoyage des verres est consisté à ce protocole suivant :

Avec un appareil à ultrasons remplier d'eau de robinier et un bécher on :

1. On laisser les verres dont eau distilles +des goutte de savon liquide pondant 15 min.
2. On laisser les verres dont méthanol pondant 5 min.
3. On laisser les verres dont l'acétone pondant 5 min.
4. On laisser les verres dont l'eau distiller seulement pondant 15 min.

* On remarque que les verres besoin d'un rinçage avec l'eau distiller pour passer à nouveaux point de nettoyage.



Avant le commencer les manipulations, les surface sont dégraissés et nettoyées de leurs impuretés dans l'acétone, en fin les échantillons sont laver à l'eau distillée.

II.1.3 Électrolytes.

Bain d'électrodéposition de Sb :

La solution électrolytique que nous avons utilisée dans notre travail le bain est composée dans l'eau distillée à pH = 3 comme suite :

Tableau II.1 : Compositions de bain utilisé.

| Les Compositions | Chlorure d'étain | Thiosulfate de sodium | Acide oxalique |
|--------------------------|------------------|---|----------------------------------|
| Les formules chimiques | SnCl_2 | $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ |
| La masse molaire (g/mol) | 189.62 | 158.11 | 126 |
| Les concentrations [M] | 0.002 | 0.01 | 0.002 |

II.1.4 Montage et appareillage électrochimique :

L'ensemble de nos expérimentations électrochimiques ont été réalisées à l'aide d'un potentiostat / galvanostat de marque Voltalab PGZ 402 piloté par un micro-ordinateur doté d'un logiciel Volta Master qui enregistre les données expérimentales. La cellule et les électrodes sont reliées directement au potentiostat.

Le montage du potentiostat est représenté sur la figure suivant :

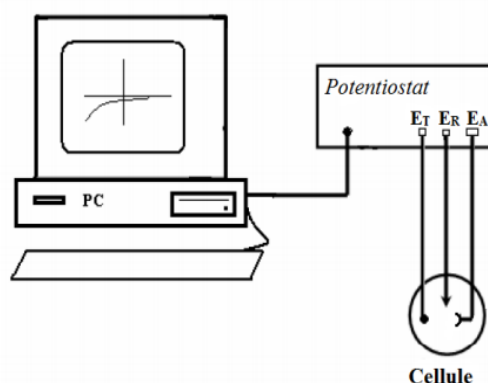


Figure II.2 : Dispositif expérimental.

II.1.5 Cellule électrochimique

Une cellule électrochimique est composée de trois type d'électrodes immergées dans la solution à analyser est représentée sur la figure suivant :



Figure II.3 : La cellule électrochimique

a) Électrode de référence(ER) :

C'est l'électrode qui nous permet de mesurer les potentiels appliqués à l'électrode de travail. L'électrode normale à hydrogène (ENH), en électrochimie choisi comme l'origine de potentiels thermodynamiques à toutes températures. Ce type d'électrode de référence n'est pas aisé à utiliser, on lui préfère souvent les électrodes de référence dites secondaires, telles que :

- l'électrode au calomel saturé (ECS) :
 $\text{Hg} / \text{Hg}^2\text{Cl}_2 / \text{KCl}$ à 25° (+0.244 V/ENH).

Pour nos essais électrochimiques on a utilisé
L'électrode (ECS).



Figure II.4 : Électrode de référence.

b) Electrode auxiliaire ou (contre électrode CE) :

C'est un fil platine ou en carbone, mais nous utilisons électrode de platine.

Ce type d'électrode utilisé tout au long des essais électrochimiques est un file de platine de d'une aire de 0.52 cm². La file de platine est maintenue parallèle à l'électrode de travail pour assurer une bonne répartition des lignes de courant. Le contact électrique est assuré par une pince métallique.



Figure II.5 : Electrode d'auxiliaire.

c) Electrode de travail :

C'est un semi-conducteur ou verre avec une surface de FTO, De surface 1.5 cm². Elle représente la surface d'étude ou les dépôts dont on veut connaître les caractéristiques sont effectués.



Figure II.6 : Electrode de travail.

II.2 Techniques d'électrodépositions utilisées :

Les principales techniques électrochimiques utilisées pour l'élaboration des dépôts Sb sur le substrat sont le voltamètre cyclique et chronoampérométrie.

II.2.1 Voltamètre cyclique :

Pour obtenir le dépôt de SnS sur un substrat de FTO à partir du bain de solution, par voltamètre cyclique tracé avec une vitesse de balayage est égale 50 mV/S dans un domaine de potentiel compris entre (E free → -2000 mV) pour illustrer uniquement la partie cathodique.

a) Sn pur

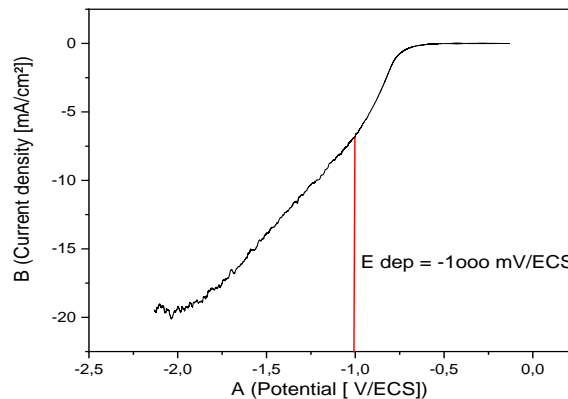


Figure II.7 : Voltampérogramme de Sn pur dans une solution de **SnCl₂/ Na₂S₂O₃.5H₂O** et Acide oxalique H₂C₂O₄

A la température ambiante 25°C avec une vitesse de balayage 50 mV/S.

b) Sn dopé par Sb

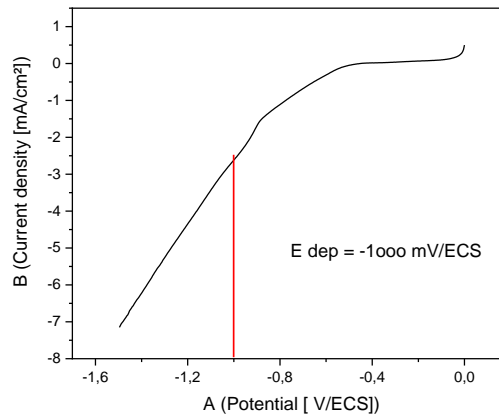


Figure II.8 : Voltampéromogramme de Sn dopé par Sb dans une solution de $(\text{SnCl}_2 / \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$ avec (Sb 10%) à la température ambiante 25 avec une vitesse de balayage 50 mV/S.

Les figures II.7 et II.8 représentent les voltamogrammes cyclique lors de l'électrodéposition de Sn pur et Sn dopé par Sb sur une électrode de FTO, vitesse de balayage 50 mV/S.

Ces voltamogrammes ont été réalisés dans un domaine de potentiel qui varié de potentiel D'abondant E_{Free} à -1.5 V/ESC avec une vitesse de balayage de 50 mV/s, la déposition de SnS est observée un pic cathodique (de réduction de Sn^{2+} en Sn) $E_{pc} = -1 \text{ V/ECS}$, et densité de courant $j_{pc} = -2.86 \text{ mA/cm}^2$.

II.2.2 Chronoamperométrie :

Nous avons choisir les meilleurs paramètres à partir les résultats des courbes des voltammétrie (le potentiel à appliquer et le temps nécessaire) qui nous permettent la formation de dépôt de bonne qualité.

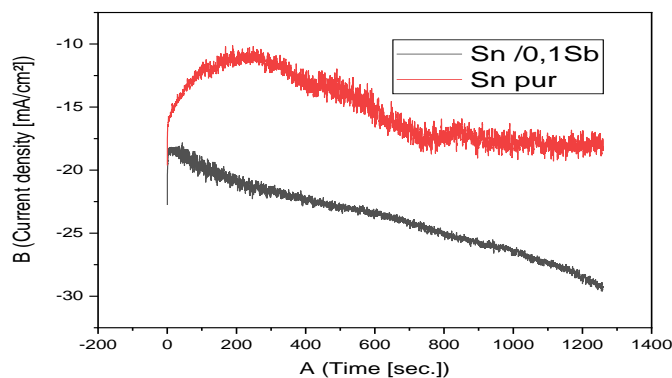


Figure II.9 : Suivi chronoampérométrie à Sn pur et Sn dopé par 10% Sb.

La figure II.9 rassemble les deux courbes transitoires $i(t)$ obtenus à un potentiel appliqué (-1 V/ECS) pour un dépôt SnS pur et SnS dopé par 10% Sb. Chaque courbe débute par une chute de densité de courant jusqu'à qu'il atteigne un maximum i_{\max} pendant un t égale à t_{\max} . Correspond à la croissance des germes donc à l'augmentation de la surface active sur l'électrode. Le courant augmente rapidement au moment où des zones de diffusion sont développées, ces zones demeurent responsables de l'étape suivante où un régime de diffusion pur s'établit.

II.3 Les Techniques des Caractérisations :

II.3.1 Caractérisation par mott -Schottky :

a) Solution :

Des électrolytes dans lesquels nous avons choisis de travailler sont une solution de chlorure de sodium NaCl, sans agitation, il s'agit d'une solution de chlorure de sodium NaCl (0.1 g/l). Préparée au laboratoire par la dissolution de (0.1) g de NaCl en poudre cristallisé dans un 100 ml d'eau distillée, puis agité la solution pour obtenir solution homogène. Le pH=7 et la température ambiante.

b) Condition expérimental :

Dans la réalisation des essais de cette recherche, un certain nombre des conditions ont été pris pour l'étude mott- Schottky, il s'agit de :

- La température des essais est celle du milieu ambiant.
- pH= 7.
- Le rinçage avec l'acétone et à l'eau distillée avant chaque essai.
- Le volume de la solution étudiée est de 100 ml (introduit ce volume dans un bécher).

Les essais mott Schottky ont été effectués avec l'obscurité (D) et la lumière (L), est appliquée pendant 1 minute à chaque point de mesure à partir de -1000 mV/ECS jusqu'à 200 mV/ECS. Temps d'immersion de 60 minutes,

a) Sn pur en milieu (D) :

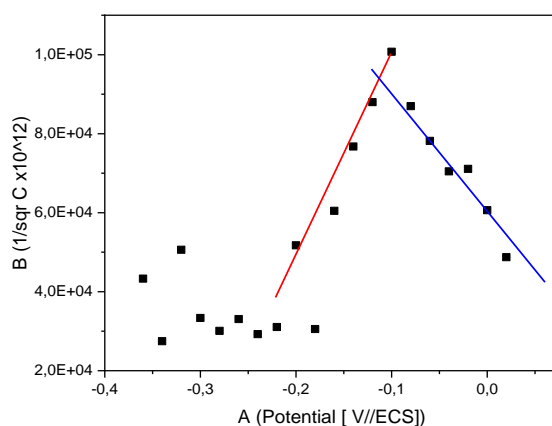


Figure II.10 : Diagrammes de Mott-Schottky de dépôt Sn pur en milieu (D).

1 = type n (en rouge), 2 = type p (en bleu).

La figure II-10 représente les diagrammes de Mott-Schottky de dépôt Sn pur en milieu (D). La représentation de $1/C^2$ en fonction du potentiel appliqué révèle l'existence de deux régions caractéristiques du comportement capacitif de film étudié. Dans les deux régions 1 et 2, le film manifeste un comportement semi-conducteur de type Mott-Schottky. Cela prouve que leur comportement capacitif est contrôlé par une courbure des bandes et peut être ainsi décrit par une variation de la capacité de charge d'espace. Dans la zone cathodique le film Sn pur en milieu **D** a un comportement semi-conducteur type n et par contre dans la zone du potentiel anodique le diagramme de mott-schottky indique que le film Sn pur en milieu **D** a un comportement semi-conducteur type p.

a) Sn dopé par 10% Sb ou milieu (D) et (I) :

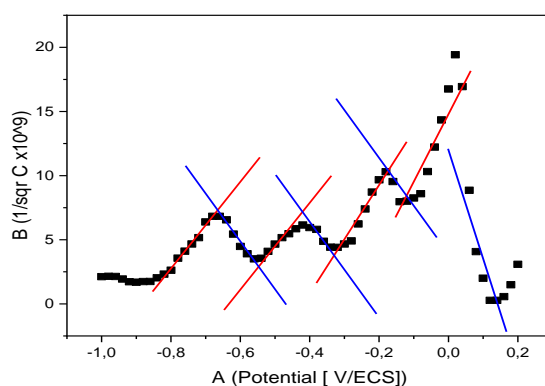


Figure II.11 : Diagrammes de Mott-Schottky de dépôt Sn dopé par 10%Sb en milieu (D).

1 = type n (en rouge), 2 = type p (en bleu).

La figure II.11 indique que le film de SnS dope par 10 %Sb en absence de la lumière a un comportement semi-conducteur quel que soit le potentiel appliqué, nous remarquons une dispersion des points dans la zone négative donc le film élaboré dans ce cas joue le rôle d'un semi-conducteur de type **n** et **p** d'une manière alternée , par contre dans la zone où le potentiel positif le film est un semi-conducteur de type **p**.

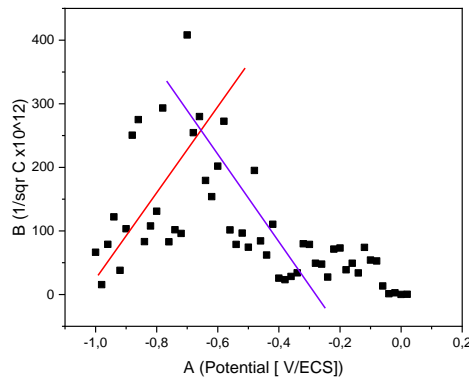


Figure II.12 : Diagrammes de Mott-Schottky de dépôt Sn dopé par 10%Sb en milieu (L).

1 = type n (en rouge), 2 = type p (en bleu).

En présence de la lumière le film de SnS dope par 10 %Sb a le même comportement que le film de SnS pur c'est à dire dans la zone cathodique le film SnS / 10 %Sb a un comportement semi-conducteur type **n** et dans la zone anodique a un comportement semi-conducteur type **p**

II.3.2 Caractérisation par (SIE) :

a) Solution :

Des électrolytes dans lesquels nous avons choisis de travailler sont une solution de chlorure de sodium NaCl, sans agitation, il s'agit d'une solution de chlorure de sodium NaCl (0.1 g/l).

Préparée au laboratoire par la dissolution de (0.1) g de NaCl en poudre cristallisé dans un 100 ml d'eau distillée, puis agité la solution pour obtenir solution homogène.

Le pH=6 et la température ambiante.

b) Condition expérimental :

Dans la réalisation des essais de cette recherche, un certain nombre des conditions ont été pris pour l'étude Spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE), il s'agit de :

- La température des essais est celle du milieu ambiant.
- pH= 7.
- Le rinçage avec l'acétone et à l'eau distillée avant chaque essai.
- Le volume de la solution étudiée est de 100 ml (introduit ce volume dans un bécher).

Les essais d'impédances électrochimiques ont été effectués après un temps d'immersion de 30 minutes. Le temps nécessaire de stabilité du système la figure (II.10) montre la variation du potentiel libre en fonction du temps.

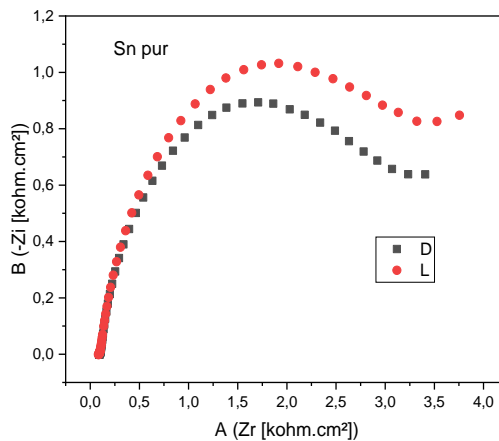


Figure II.13 : Variation du potentiel libre avec le temps Sn pur ou milieu (D) et(L).

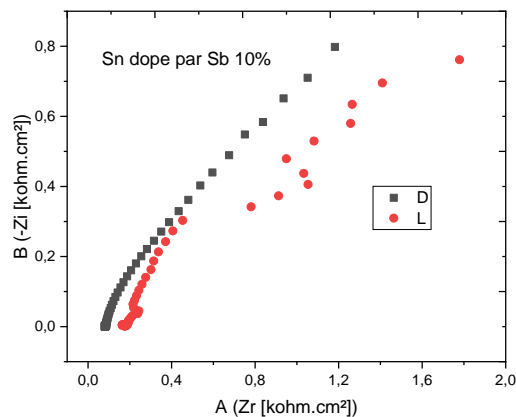


Figure II.14 : Variation du potentiel libre avec le temps Sn dopé par Sb 10 % ou milieu (D) et(L).

Tableau II.2 : Valeurs de R1, R2 et CPE (capacité) du diagramme d'impédance.

| | Rs ($\Omega \cdot \text{cm}^2$) (la résistance de l'électrolyte) | Rct ($\Omega \cdot \text{cm}^2$) (la résistance de la réaction électrochimique) | CPE ($\mu\text{F}/\text{cm}^2$) (la capacité de la double couche) |
|-----------------------------|--|---|---|
| Sn pur .D | 89.65 | 3212 | 396.3 |
| Sn pur .L | 80.45 | 3585 | 443.9 |
| Sn dopé par Sb 10%.D | 82.22 | 553.6 | 454.1 |
| Sn dopé par Sb 10%.L | 182.7 | 2235 | 2.249 |

- ✓ Les essais de la SIE montrent l'influence de dopage par l'élément d'arsenic Sb sur les films élaborés, les diagrammes de Nyquist dans le cas d'un film de Sn pur forment une boucle capacitive très claire à haute fréquences avec des résistances de transfert des charges Rct importantes et varient en présence et en absence de la lumière ;
- ✓ dans le cas d'un film Sn dopé par Sb10% la boucle capacitive est moins claire avec une droite a basse fréquences montre le caractère diffusionnaire du film dopé et les résistances de transfert des charges sont très élevées.

Conclusion générale

Le travail effectué dans le cadre de ce mémoire de master, consiste à étudier les conditions expérimentales permettant l'élaboration des couches minces de SnS.

L'objectif principal de notre travail est la recherche de meilleure méthode électrochimiques pour déposer le composé SnS sur un substrat FTO. Après une mesure VC, les films SnS (Pur et dopé) ont été électro déposés à -1 V par la méthode chrono ampérométrique pendant 20 minutes. D'apparence visuelle, un revêtement gris foncé et uniforme a été obtenu.

Les méthodes de caractérisation électrochimiques la SIE et le Mott-Schottky montrent le comportement semi-conducteur des films SnS et SnS dopé par Sb et en plus l'influence de lumière sur ce comportement. Nous notons que les films obtenus par un tel procédé d'électrodéposition par impulsions économiques sans aucune température élevée pendant le dépôt et / ou le traitement à haute température. Le reste à faire est la caractérisation morphologique des dépôts par la DRX et le MEB et le plus important les caractérisations optiques telles que la transmittance et les mesures de l'énergie de gap caractéristique au Semi-conducteurs.

Références

- [1]. J. Muller, J. Nowoczin, H. Schmitt, Thin Solid Films 496 (2006) 364-370.
- [2]. M.E. Calixto, P.J. Sebastian, R.N. Bhattacharya, R. Noufi, Sol. Energy Mater. Sol. Cells (1999) 59-75.
- [3]. C. Boulord, « Développement de techniques de métallisation innovantes pour cellules photovoltaïques à haut rendement », Thèse Doct., Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (2011).
- [4].
- [5]. I. Lahreche, « Mesure des Propriétés Externes d'une Cellule Photovoltaïque », Mémoire de Master, Univ. Med Khider Biskra, (2013)
- [6]. D. M. Trung, « Elaboration de cellules solaires photovoltaïques à base de polymères conjugués, études [des systèmes reticulables », Thèse Doctorat, Univ. Bordeaux 1, (2009).
- [7]. A. Luque, Practical Handbook of Photovoltaics (Second Edition) (2012).
- [8]. M. Paunovic, M. Schlesinger, « Fundamentals of electrochemical deposition », Ed. 2, John Wiley & Sons, Inc. (2005).
- [9]. O. Daranf, « Elaboration et caractérisation de couches absorbantes des cellules solaires en couches minces à base de Cu_2ZnSnS_4 », Thèse Doctorat, Univ. Mentouri Constantine 1, (2013).
- [10]. M. Messaoudi « Elaboration et caractérisation de couches minces SnS », mémoire de doctorat LMD, université des freresmentouri-constantine, 2016.
- [11]. I. Bouhafkherkhachi « Etude des couches minces de sulfure d'étain (SnS) élaborée par moyens chimiques pour applications technologiques », mémoire de doctorat, université Md khider de biskra, 2016-2017.
- [12]. S. Derbal « Electrodeposition et caractérisation de couches minces métalliques ternaires CuZnSn » Université Ferhat abbas- Setif1/10 / 11 /2014.
- [14]. D. Reyter. 2008. « v Développement d'électro-catalyseurs à base de cuivre et de cuivre-palladium appliqués à la réduction des nitrates. » Thèse, INRS, Université du Quebec.
- [15]. S. Derbal « Electrodeposition et caractérisation de couches minces métalliques ternaires CuZnSn » Université Ferhat abbas - Setif1/10 / 11 /2014
- [16]. A. Samia. Thèse de doctorat. Département de Chimie, Université badji mokhtar - Annaba, 2012.
- [17]. H.Tebani « élaboration caractérisation d'alliages Ni-Fe par électrodeposition », Mémoire de Master Université 8 mai 1945 Guelma 2019.
- [18]. L. Antoni, Thèse INPG (1996).

ملخص:

الهدف من هذه الأطروحة هو تحضير وتوصيف كبريتيدات القصدير SnS مطعم بالأنثيمون As بطريقة كهروكيميائية كمواد للتصنيع النهائي للمركب الضوئي المستخدم في تصنيع الخلايا الشمسية. تم تحسين الظروف التجريبية وتم دراسة الرواسب بطريقتين كهروكيميائية: مطيافية الممانعة الكهروكيميائية و Mott Schottky. لقد لوحظ أن خصائص وتكوين الرواسب ترتبط ارتباطاً وثيقاً بظروف التركيب: الإمكانيات المطبقة ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة وتكوين الإلكتروليت, كما ان هناك تأثير واضح للضوء على طبقات كبريتيدات القصدير. الكلمات الرئيسية: SnS مطعم، Electrodeposition، SIE، Mott-schottky.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire était de préparer par voie électrochimiques et caractériser des sulfures d'étain SnS dopé par l'antimoine As précurseurs à la fabrication finale du composé photo-actif utilisé dans la fabrication des cellules solaires. Les conditions expérimentales ont été optimisées et les dépôts caractérisés par deux méthodes électrochimique la spectroscopie d'impédance électrochimique et le Mott schottky.

Il a été constaté que les propriétés et la composition des dépôts sont étroitement liées aux conditions de synthèse: potentiel appliqué, température, pH et composition de l'électrolyte, Il y a aussi un effet clair de la lumière sur les couches de sulfure d'étain.

Mots clefs: SnS dopé, Electrodeposition, SIE, Mott schottky.

Abstract:

The objective of this thesis was to electrochemically prepare and characterize SnS tin sulfides doped with antimony as precursors to the final manufacture of the photoactive compound used in the manufacture of solar cells. The experimental conditions were optimized and the deposits characterized by two electrochemical methods: electrochemical impedance spectroscopy and Mott Schottky.

It has been observed that the properties and the composition of the deposits are closely linked to the synthesis conditions: applied potential, temperature, pH and composition of the electrolyte, there is also a clear effect of light on the tin sulfide layers.

Keywords: Doped SnS, Electrodeposition, SIE, Mott schottky.