

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des sciences Appliquées
Département de Génie des Procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Spécialité : Génie des procédés

Option : Génie de l'environnement

Présenté par :

Khaoua Rania

Zatout Amel

Thème :

**Elaboration des couches minces zns par la méthode
spin coating pour application en photocatalyse des
polluants organiques**

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Année universitaire : 2019/2020

Dédicace

Je dédie la présente thèse :

Ma mère:

Qui m'a donné la vie, le symbole de la tendresse qui a sacrifié pour mon bonheur et mon apprentissage, merci et mille remerciements.

Cher Père,

Tout le respect et l'appréciation et merci à mon père, qui n'a rien épargné en matière d'éducation, a toujours été une source de force et d'inspiration.

Mon mari cher:

Tous les remerciements et sa gratitude et sa reconnaissance à mon cher mari, qui était la source de ma confiance , à mon partenaire et compagnon de ma vie.

vous comme un signe d'amour profond, et je vous souhaite le succès et le bonheur dans votre professionnel vie.

À mes frères et À mes sœurs

Mon enfant faris

À tous les membres de ma grande famille : zatout et Auamer

Merci pour tout. J'espère que vous êtes tout simplement fiers de moi, et je vous dédie ce travail.

AMEL

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère mère qui n'a jamais cessé de prier pour moi

Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.

Le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher père pour ses encouragements

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel mon source de joie et bonheur, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes innombrables sacrifices que tu as consentis

Pour mon éducation et ma formation, que DIEU te garde dans son vaste paradis.

A mes chers frères : ACHRAF - MOHAMMED AKRAM

Ames chers sœurs : NOUR ELHODA - INTISSAR - RIHAB

A toute ma grande famille : KHADUA - ANNANOU

A mes oncles et tantes

A tous les amis à l'université de Kasdi Merbah

A mes camarades de 2^{ème} master génie d'environnement années promotion 2020.

A la fin Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mon cher binôme Amel toute sa famille Je suis très chanceuse de te connaître et de travailler avec toi, je te souhaite une vie plein de joie.

RANIA

Remerciements

Mes remerciements vont en premier lieu à Dieu, le tout puissant pour la volonté, la force, la santé et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces années d'études.

*J'exprime toute ma gratitude à monsieur directeur de recherche **Mr. Dr. Henni Abdallah** professeur à l'université Kasdi merbah - Ouargla, pour m'avoir proposé ce sujet de fin d'études en master d'environnement et m'avoir transmis son savoir dans le domaine des couches minces car il a été un excellent encadreur et pour m'avoir guidé et encouragé dans ce travail d'initiation à la recherche, Il a été toujours disponible et très ouvert à toutes les discussions. Je lui dois beaucoup pour la confiance et la considération qu'il m'a Toujours octroyées.*

Je tiens à remercier tous les membres du Jury d'avoir accepté de juger mon travail.

Je voudrais exprimer toute la reconnaissance que je dois à ma famille, pour leur Soutien moral très précieux et inestimable tout au long de ces années et de m'avoir toujours Soutenu durant mes études.

Je tiens à remercier toutes les personnes non citées qui ont contribué à ces résultats et je leur transmets ma sincère gratitude.

Enfin Je ne peux pas oublier de remercier tous mes amis et connaissances pour leurs encouragements et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des abréviations

Zns	Le Sulfure de Zinc
CBD	dépôt par bain chimique
MBE	Epitaxie par jet moléculaire
CVD	Chemical Vapeur Déposition
PVD	physical vapeur déposition
ALE	Atomic Layer Epitaxy
SC	Semi-conducteur
Eg	Energie de gap
ZnO	Dioxyde de Zinc
ZB	Zinc Blende
W	Wurtzite
Kp	la constante d'équilibre de la réaction
β	Largeur à la moitié de l'intensité maximale.
α	Un coefficient d'absorption

Liste des tableaux

Tableau 1: propriétés physico-chimiques des composés II-VI

Tableau: II-1 : Fiche technique de quelques propriétés physiques et chimiques de Sulfure de Zinc.

Liste des figures

- Figure 1** : Diagramme des étapes du procédé de déposition des couches minces
- Figure 2** : Schéma de la classification des procédés de dépôt de couches mince
- Figure 3** : *Schéma de dépôt par évaporation thermique.*
- Figure 4** : Schéma de principe d'ablation laser.
- Figure 5** : Schéma de principe d'un magnétron pour la pulvérisation cathodique.
- Figure 6** : schéma de principe de dépôt en phase vapeur chimique CVD
- Figure 7** : Les différentes étapes de dépôt chimique en phase vapeur
- Figure 8** : Schéma de la technique de pulvérisation spray
- Figure 9** : Schéma de principe de la synthèse sol-gel d'un oxyde cristallin.
- Figure 10** : Les différents types de mise en forme de matériaux obtenus par voie sol - gel.
- Figure 11** : (b) : Dépôt par de Spin-coating ;(a) : Dépôt par de dép. Coating
- Figure 12** : Structure cubique (Blende) des composées ZnS
- Figure 13** : Structure de wurtzite de ZnS
- Figure 14** : Schéma simplifié d'une photopile en couches minces de type CIGS.
- Figure 15** : Schéma illustratif du dépôt par spin coating
- Figure 16** : Dépôt de couches minces par centrifugation : les quatre étapes du dépôt (ω Représente la vitesse de rotation du substrat
- Figure A** : *Spectres de transmission at $(ah\nu)^2$ vs E_g des couches minces de ZnS*
- Figure B** : Spectre photoluminescence de ZnS
- Figure C** : *DRX de couches minces de ZnS*
- Figure D** : Images SEM et AFM de films minces ZnS

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01

Chapitre I: Techniques de dépôt des couches minces et propriété de zns

I-1 Introduction	02
I-2 Généralités sur les couches minces.....	02
I-3 Définition d'une couche mince.....	02
I-4 Principe de dépôt de couches minces	03
I-5 Étapes pour déposer une couche mince	04
I-5 -1 La source	05
I-5 -2 Le transport	05
I-5-3 Dépôt	06
I-5-4 Analyse	06
I-6 Méthodes d'élaboration des couches minces	06
I-6-1 Dépôt physique en phase vapeur (PVD)	06
I-6-1-1 Evaporation thermique sous vide.....	06
I-6-1-2 Ablation laser	07
I-6-1-3 Dépôt par pulvérisation cathodique.....	08
I-6-2 Dépôt chimique en phase vapeur (CVD)	09
I-6-2-1 Spray pyrolyse	11
I-6-2-2 Méthode de sol gel	12

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur Le sulfure de Zinc

Introduction	15
II-1 Les semi-conducteurs	15
II-1-1 Définition	15
II-1-2 Semi-conducteurs AIBVI	15
II-1-3 Les propriétés physiques et physico-chimique de composés II-VI.....	16
II-1-3-1 Les propriétés cristallographiques des composés II-VI	16
II-1-3-2 Structure de la blende.....	17
II-1-3-3 Structure de la wurtzite.....	17
II-2 Sulfure de Zinc(ZnS)	18
II-2-1 Le choix du ZnS	19
II-2-2 Les avantages principaux de ZnS	19
II-2-3 Applications de ZnS	19
II-2-3-1 Cellules solaires	19
II-2-3-2 Diodes électroluminescentes	20
II-2-3-3 Photocatalyseurs.....	21
II-2-4 Propriétés générales de sulfure de zinc(ZnS)	22
II-2-4-1 Propriétés physiques et chimiques de Sulfure de Zinc	22
II-2-4-2 Propriétés cristallographiques.....	22
II-2-4-3 Structure de bande d'énergie	23
II-2-4-4 Propriétés optiques de ZnS	24
II-2-4-5 Propriétés électriques	24
II-2-5 Polluants organiques.....	24

Chapitre III : Techniques d'élaboration et caractérisation de zns

Introduction.....	25
III -Techniques utilisées pour le dépôt des couches minces de Zns	25
III-1 Techniques de Spin coating	25
III-2 Les Avantages de spin coating	26
III-3 Les Applications de spin coating	26
III-4 Principe et étapes de la méthode Spin-Coating	26
III-5 Procédure expérimentale	27
III-5-1 Choix du substrat de dépôt	27
III-5-2 Préparation des substrats	27
III-5-3 Nettoyage des substrats	27
III-5-4 Procédure de Dépôt des couches minces par spin-coating	28
III-5-5 Conditions expérimentales.....	28

Chapitre VI : Résultat de l'analyse d'une bibliographie sur ZnS

VI -1 Propriétés optiques.....	29
VI -2 Propriétés structurales.....	30
VI -3 Morphologie.....	31
Conclusion.....	33



Introduction générale

Introduction générale

Le développement des matériaux sous forme des couches minces a contribué à l'expansion des Performances de l'électronique et de l'optoélectronique. Les couches minces peuvent être élaborées à partir d'une grande gamme de compositions telles que les matériaux conducteurs, isolants, semi-conducteurs et polymères [1-2].

L'élaboration d'une couche mince est une étape décisive, car les propriétés physiques du matériau résultant en dépendent, il est donc important de choisir la méthode d'élaboration la plus appropriée à l'application recherchée. Il existe plusieurs méthodes d'élaboration des couches minces, ces dernières peuvent être classées en deux catégories, des méthodes physiques et des méthodes chimiques.


Ce travail est une étude bibliographique qui se porte sur la caractérisation de couches minces de ZnS déposées sur des substrats en verre par la technique de spin coating en utilisant des Solutions différente. Les couches élaborées ont subi des caractérisations morphologiques, structurales, optiques et électriques. Afin d'obtenir des films de ZnS de bonne qualité. Comme le Spin-coating est une méthode consiste à déposer par centrifugation une solution déposée en excès sur un substrat. Elle a l'avantage d'être facilement mise en œuvre, pour des investissements modérés. Elle donne d'excellents résultats.

Le sulfure de zinc appartenant au groupe $A_{II}B_{VI}$ est un semi-conducteur de type n de large gap par conséquent, transparent. Le ZnS présente un ensemble de propriétés qui permettent son utilisation dans un certain nombre d'applications : dans le domaine optique, ZnS peut être employé comme réflecteur, en raison de son indice de réfraction élevé, et filtre diélectrique en raison de son transmittance élevée dans la gamme visible.

L'objectif de ce travail est l'élaboration des couches minces de sulfure de zinc par spin coating pour application en photocatalyse des polluants organiques. Suite à la situation sanitaire de pays (COVID 19) juste une analyse bibliographique a été réalisée.

Ce manuscrit est organisé de la façon suivante :

- Le premier chapitre comporte en premier lieu quelques différents procédés de dépôt qui permettent à ce jour d'obtenir des couches minces. Après nous définit les couches minces et présenté les étapes de déposé des couches minces.
- Le deuxième chapitre est consacré aux caractérisations physiques, physico Chimiques et structurales des semi-conducteurs II-VI. Une présentation générale des propriétés optiques, structurales et électriques de sulfure de zinc a été aussi rappelée, enfin nous résumerons les principales applications technologiques de ZnS.
- Le troisième chapitre présente la méthode de dépôt utilisé pour l'élaboration des couches minces de sulfure de zinc, ainsi que les différentes techniques expérimentales utilisées pour la caractérisation des films.
- Le troisième quatre présente quelques résultats tirés de la bibliographie sur le ZnS
- Nous terminons ce travail par une conclusion générale.



***Chapitre I : Techniques de dépôt des couches
minces et propriété de ZnS***

I-1 Introduction

Les technologies basées sur l'exploitation des propriétés spécifiques des couches minces, des principales difficultés d'emploi des couches minces concernent la reproductibilité de leurs caractéristiques. Aussi il va falloir comprendre comment fabriquer, puis caractériser une couche mince.

I-2 Généralités sur les couches minces

On appelle couche mince un matériau dont l'une des dimensions, en général l'épaisseur, est très petite devant les deux autres dimensions. Cette faible distance entre les deux surfaces limites du matériau entraîne une perturbation des propriétés physique selon cette dimension. L'intérêt des couches minces provient de la particularité des propriétés physicochimiques acquise par le matériau selon cette direction. C'est pourquoi les couches minces jouent un rôle de plus en plus important en nanotechnologie. Pour ne rien gâcher, elles représentent un enjeu économique et cela est du au fait de la relative simplicité des techniques de leur mise en œuvre, donc du faible coût de leur élaboration. De nos jours, une grande variété de matériau est utilisée pour produire des couches minces. A titre d'exemples, nous pouvons citer : les métaux, les alliages métalliques, les composés réfractaires (oxydes, nitrures, carbures,...), les composés intermétallique et les polymères. Les applications des couches minces connaissent un développement de plus en plus accéléré, et notamment ces deux dernières décennies.

I-3 Définition d'une couche mince

Les films minces sont des couches minces de matériaux dont la taille varie du nanomètre à plusieurs micromètres d'épaisseur qui sont ajoutés à la surface des matériaux cibles afin d'ajouter des propriétés qui n'étaient pas présentes auparavant. Cette technique est utilisée dans la fabrication de semi-conducteurs et de revêtements optiques, ainsi que dans la préparation de revêtements antireflets. [3-4]

La différence essentielle entre le matériau à l'état massif et à l'état de couche mince est liée au fait que dans l'état massif on néglige généralement, avec raison, le rôle des limites dans les propriétés, tandis que dans une couche mince ce sont au contraire les effets liés aux surfaces limites qui sont prépondérants. Il est assez évident que plus l'épaisseur sera faible et plus cet effet de bidimensionnalité sera important. Inversement lorsque l'épaisseur d'une couche mince dépassera un certain seuil, l'effet d'épaisseur deviendra minime et le matériau retrouvera les propriétés bien connues du matériau massif. [5]

L'intérêt des couches minces provient essentiellement de l'utilisation économique des matériaux en rapport avec les propriétés physiques et de la simplicité des technologies mise en œuvre pour leur réalisation. Une grande variété de matériaux est utilisée pour produire ces couches minces. Citons les métaux, alliages, composés réfractaires (oxydes, nitrures, carbures), les composés intermétalliques et les polymères. La seconde caractéristique essentielle d'une couche mince est que, quelle que soit la procédure employée pour sa fabrication, une couche mince est toujours solidaire d'un support sur lequel elle est construite (même s'il arrive parfois que l'on sépare le film mince dudit support). [6]

En conséquence, il est impératif de tenir compte de ce fait majeur dans la conception, à savoir que le support influence très fortement les propriétés structurales de la couche qui y est déposée. Ainsi, une couche mince d'un même matériau, de même épaisseur, pourra avoir des propriétés physiques sensiblement différentes selon qu'elle sera déposée sur un substrat isolant amorphe tel le verre, ou un substrat monocristallin de silicium par exemple. Il résulte de ces deux caractéristiques essentielles d'une couche mince la conséquence suivante : une couche mince est anisotrope par construction [7].

I-4 Principe de dépôt de couches minces

Pour former une couche mince sur une surface solide (substrat) les particules du matériau du revêtement doivent traverser un milieu conducteur jusqu'à un contact intime avec le substrat.

A l'arriver du substrat une fraction de la particule de revêtement adhère (grâce aux forces de Van der Waals) ou réagissent chimiquement avec le substrat. Les particules peuvent être des atomes, molécules, ions ou fragment de molécules ionisées. Le milieu de transport peut être solide, liquide, gaz, ou le vide.

a) solide : dans cette situation le substrat est en contact avec le solide, seuls les particules qui diffusent du solide vers le substrat qui forment une couche. Souvent il est très difficile d'obtenir des films minces par contact entre solides exemple : la diffusion de l'oxygène ne de la silice pour former une couche mince SiO_2 sur un substrat de silicium.

b) milieu liquide : il est facilement utilisable que le premier cas, car le matériau est plus versatile dans cet état (épitaxie en phase liquide, et électrochimique, sol gel).

c) gaz ou vide : dépôt CVD la différence entre le milieu gazeux et le vide est le libre parcours moyen des particules. Il n'existe pas une méthode standard de dépôt de couche mince

qui peut être utilisée dans différentes situations. La préparation de substrat est souvent une étape très importante pour les dépôts de couche mince afin d'obtenir une bonne adhésion. [8]

I-5 Étapes pour déposer une couche mince

Dans la réalisation d'une couche quel que soit le procédé de déposition, on peut distinguer les quatre étapes suivantes :

- la création de la ou des espèces à déposer, sous forme de paquets d'atomes ou de molécules : clusters (groupes d'atomes ou de molécules),
- le transport de ces espèces de la source vers le substrat,
- la condensation sur le substrat et la croissance de la couche,
- l'analyse et le contrôle du revêtement obtenu.

Ces principales étapes de la fabrication de couches minces sont décrites brièvement dans la figure 1.

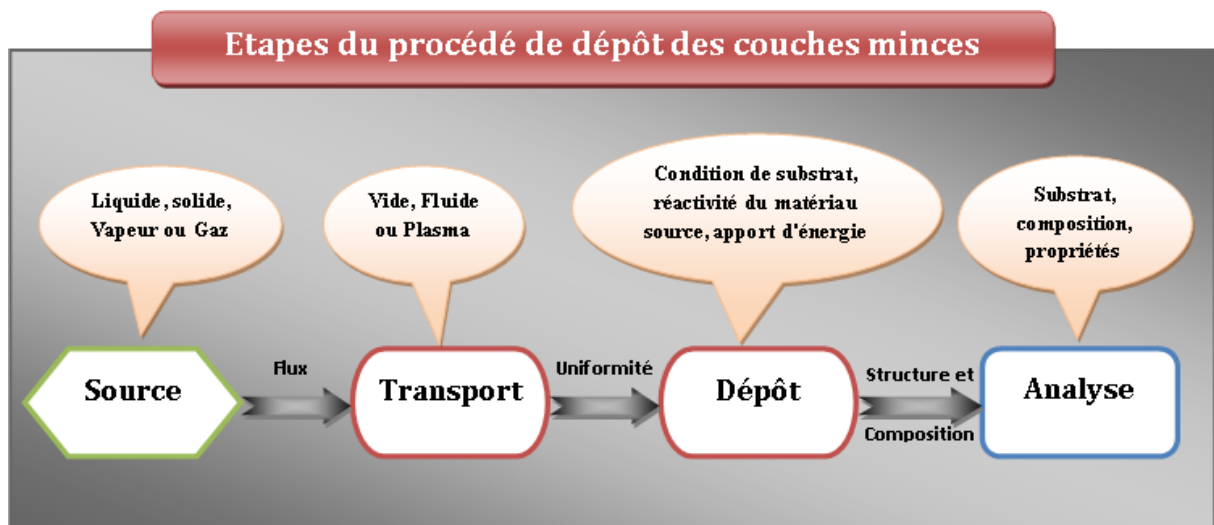


Figure 1 : Diagramme des étapes du procédé de déposition des couches minces [9].

I-5 -1 La source :

Qui constitue le matériau de base du film mince à élaborer il peut être un solide, un liquide, une vapeur ou un gaz. Lorsque le matériau est solide son transport vers le substrat s'effectue par vaporisation. Ce qui peut être réalisé par évaporation thermique, canon à électrons, ablation laser

ou par des ions positifs "pulvérisation". L'ensemble de ces méthodes est classé sous le nom de dépôt physique en phase vapeur PVD "physical vapor deposition".

La source solide est occasionnellement transformée en vapeur par voie chimique. Dans d'autres cas, le matériau de base est sous forme d'un gaz ou d'un liquide ayant une pression de vapeur suffisante pour qu'il soit transporté à des températures modérées.

Les procédés qui utilisent, comme matériau de base, les gaz, les liquides évaporés ou solides évaporés par voie chimique sont connus sous le nom de dépôts chimiques en phase vapeur, CVD "Chemical vapor deposition" .[10]

I-5 -2 Le transport

Dans l'étape de transport, l'uniformité du flux des espèces qui arrivent sur la surface du substrat est un élément important, plusieurs facteurs peuvent affecter cette uniformité et dépendent du milieu dans lequel s'effectue le transport, un vide poussé ou un fluide "principalement des gaz ". Dans le cas d'un vide poussé, les molécules, provenant de la source et allant vers le substrat, traversent le milieu selon des lignes droites, tandis que dans un milieu fluide. Elles subissent plusieurs collisions au cours de leurs transports. Dans le vide, l'uniformité du flux qui arrive sur le substrat est déterminée par la géométrie, tandis que dans un fluide il est déterminé par le débit du gaz et par la diffusion des molécules de la source dans les autres gaz présents. Souvent, les procédés qui utilisent un vide poussé sont équivalents aux procédés PVD alors que ceux qui utilisent un débit fluide sont des procédés CVD. Cette définition n'est pas toujours confirmée.

Il existe plusieurs procédés de dépôt physique en phase vapeur qui opèrent dans un vide poussé, d'autres, comme l'ablation laser et la pulvérisation opèrent souvent à des grandes pressions caractéristiques du fluide. De la même manière on trouve que la majorité des procédés de dépôts par CVD opèrent à des pressions modérées.

Plusieurs procédés de dépôt de couches minces utilisent un milieu plasma. En effet, la grande quantité d'énergie contenue dans ce milieu permet, à faible température, l'activation de la formation des couches. La pression de travail d'un plasma peut être celle d'un fluide. [11]

I-5-3 Dépôt

La troisième étape dans les procédés d'élaboration des films minces est le dépôt du film sur la surface du substrat. Cette phase passe par les étapes de nucléation et

de coalescence. Le comportement de déposition est déterminé par les facteurs source, transport et aussi par les trois principales conditions de la surface du substrat. Ces dernières sont l'état de surface "Rugosité, niveau de contamination, potentiel chimique avec le matériau qui arrive", la réactivité du matériau arrivant sur cette surface coefficient de collage et l'énergie déposée sur la surface température de substrat, photons, ions positifs.

I-5-4 Analyse

La dernière étape dans le processus de fabrication est la nécessité de l'analyse du film obtenu. Le premier niveau de contrôle du matériau consiste à effectuer des mesures directes de ses propriétés importantes. Si les résultats de l'analyse sont insuffisants, il est indispensable de recourir à des expériences particulières qui permettent de lever les éventuelles ambiguïtés d'un processus donné. [12]

I-6 Méthodes d'élaboration des couches minces

Les techniques utilisées pour le dépôt des couches minces peuvent être divisées en deux groupes basés sur la nature du processus physique ou chimique du dépôt. Les méthodes physiques incluent le dépôt à vapeur physique dite "PVD" (Physical Vapor Déposition), l'ablation laser, épitaxie par jet moléculaire "MBE", et la pulvérisation Cathodique "Sputtering". Les méthodes chimiques incluent, les méthodes à dépôt en phase gazeuse et les techniques à solution (figure 2).

Les méthodes en phase gazeuse sont le dépôt à vapeur chimique (Chemical Vapor Déposition CVD) et l'épitaxie à couche atomique (Atomic Layer Epitaxy ALE), tandis que les méthodes de spray pyrolyse, sol-gel, spin-coating et dipcoating emploient des solutions comme précurseurs. [13]

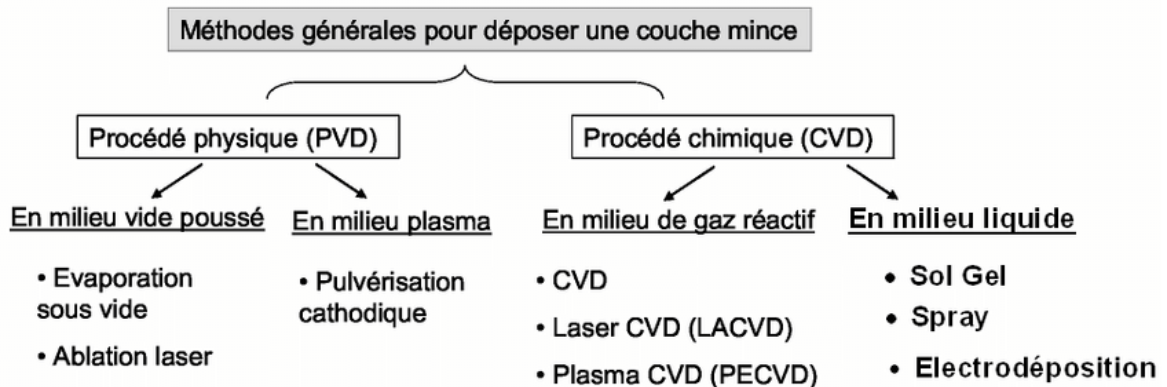


Figure 2 : Schéma de la classification des procédés de dépôt de couches mince.

I-6-1 Dépôt physique en phase vapeur (PVD)

Les dépôts physiques en phase vapeur (PVD) présentent beaucoup d'avantages par rapport au dépôt chimique en phase vapeur (CVD). Par exemple, les films obtenus par PVD sont denses et leur processus de dépôt est facile à contrôler [14]. Ils ne provoquent pas de pollution atmosphérique comme les techniques CVD.

La technique PVD consiste simplement à évaporer ou à sublimer le matériau à déposer. Ce dernier étant dans un creuset sous vide est chauffé à haute température à l'aide d'un filament ou avec un faisceau d'électrons intense et énergétique ou bien en utilisant un laser. Une fois évaporé, le matériau se dépose par condensation sur le substrat formant ainsi la couche mince recherchée. [15]

I-6-1-1 Evaporation thermique sous vide

Cette technique repose sur le principe de l'évaporation d'un matériau source initialement sous forme solide, après son échauffement grâce à un élément chauffant (résistance, faisceaux d'électrons). Cette opération peut être effectuée dans une enceinte sous un vide dans le domaine entre 10^{-6} et 10^{-4} Torr. La différence entre la température des vapeurs du matériau à évaporer et le substrat, permet la condensation des molécules du matériau source sur le substrat et de former par conséquent une couche mince. [16].

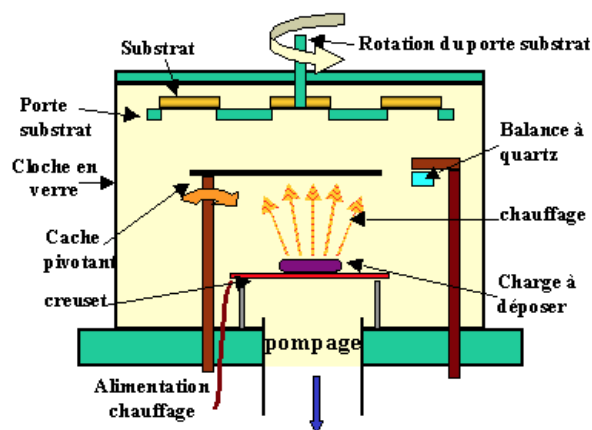


Figure 3 : Schéma de dépôt par évaporation thermique.

I-6-1-2 Ablation laser

Cette technique est proche de l'Épitaxie par Jets Moléculaires (MBE) puisqu'elle ne diffère de cette dernière que par le moyen d'évaporer le matériau à déposer. On utilise en effet

un faisceau laser de forte intensité envoyé sur une cible constituée du matériau que l'on veut déposer sur le substrat. La différence avec la MBE est qu'on évapore alors des amas d'atomes. L'avantage de cette technique réside a priori dans sa capacité à conserver la stœchiométrie d'un alliage constituant la cible. Ce problème est particulièrement critique dans le cas des supraconducteurs à haut TC, c'est pourquoi cette technique est surtout utilisée dans ce domaine. En outre, il existe une autre différence importante avec la MBE : dans cette dernière l'énergie des atomes se déposant sur le substrat est uniquement thermique et donc très faible (0,17 eV pour 1000°C) alors qu'elle peut être beaucoup plus importante en ablation laser. La thermalisation des atomes arrivant sur le substrat est donc très différente en MBE qu'en ablation laser, ce qui peut avoir des répercussions importantes sur les mécanismes de croissance [17].

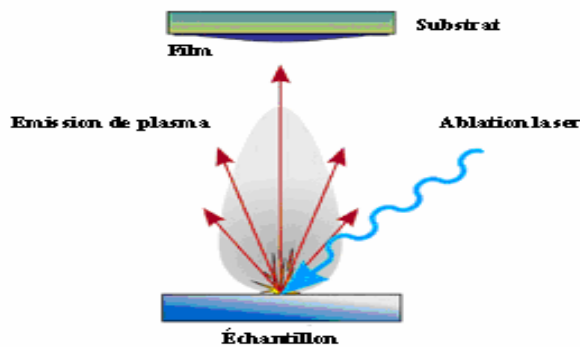


Figure 4 : Schéma de principe d'ablation laser.

I-6-1-3 Dépôt par pulvérisation cathodique

Dans cette méthode, le substrat est mis dans une enceinte contenant un gaz (en général de l'Argon) à basse pression, dans lequel on provoque une décharge électrique. Cette décharge a pour rôle d'ioniser les atomes de gaz. Les ions ainsi obtenus sont accélérés par une différence de potentiel et viennent bombarder une cathode constituée du matériau à déposer (cible). Sous l'impact des ions accélérés, des atomes sont arrachés à la cathode et sont déposés sur le substrat. Dans certains cas, on introduit dans l'enceinte en plus de l'argon un gaz qui va réagir chimiquement avec les atomes pulvérisés pour former le matériau que l'on désire obtenir. Alors, on a une pulvérisation cathodique réactive. Cette méthode permet d'avoir des dépôts de faible résistivité et des couches de bonne stœchiométrie ayant une transmission moyenne dans le visible [18].

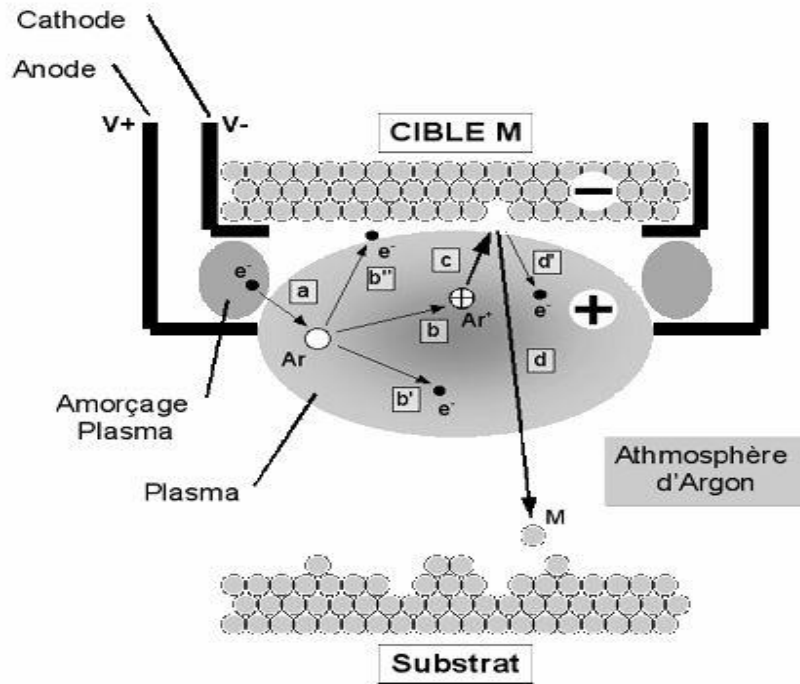


Figure 5 : Schéma de principe d'un magnétron pour la pulvérisation cathodique.

I-6-2 Dépôt chimique en phase vapeur (CVD)

Le dépôt en phase vapeur chimique (CVD) est une méthode dans laquelle le ou les constituants d'une phase gazeuse réagissent pour former un film solide déposé sur un substrat chauffé. Les composés volatils du matériau à déposer sont éventuellement dilués dans un gaz porteur et introduit dans une enceinte où sont placés les substrats. La réaction chimique des composés à la surface génère le produit solide. Cette réaction chimique demande un apport de chaleur du substrat réalisé : soit par effet joule, induction, radiation thermique, ou laser.

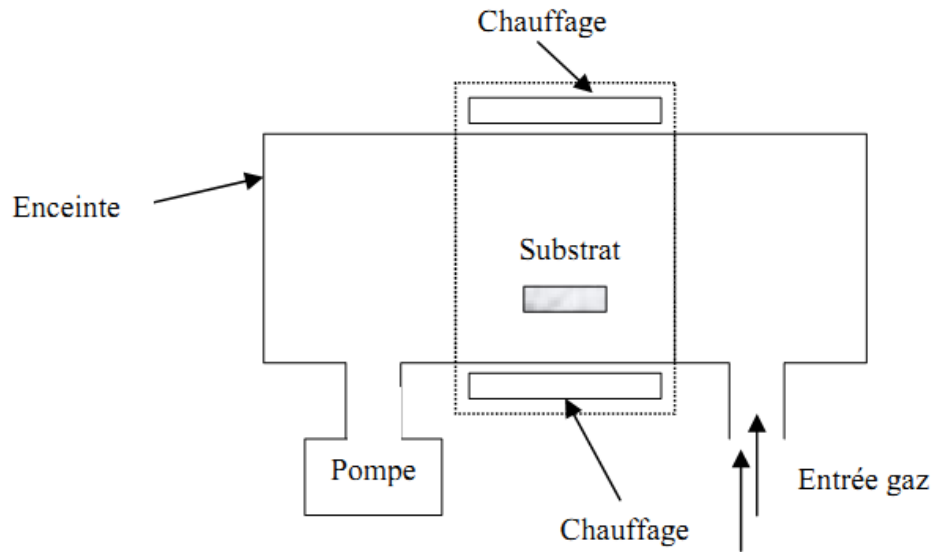


Figure 6 : schéma de principe de dépôt en phase vapeur chimique CVD.

Le dépôt chimique en phase vapeur (CVD) activée thermiquement se passe en plusieurs étapes comme il montre la figure 7 [19].

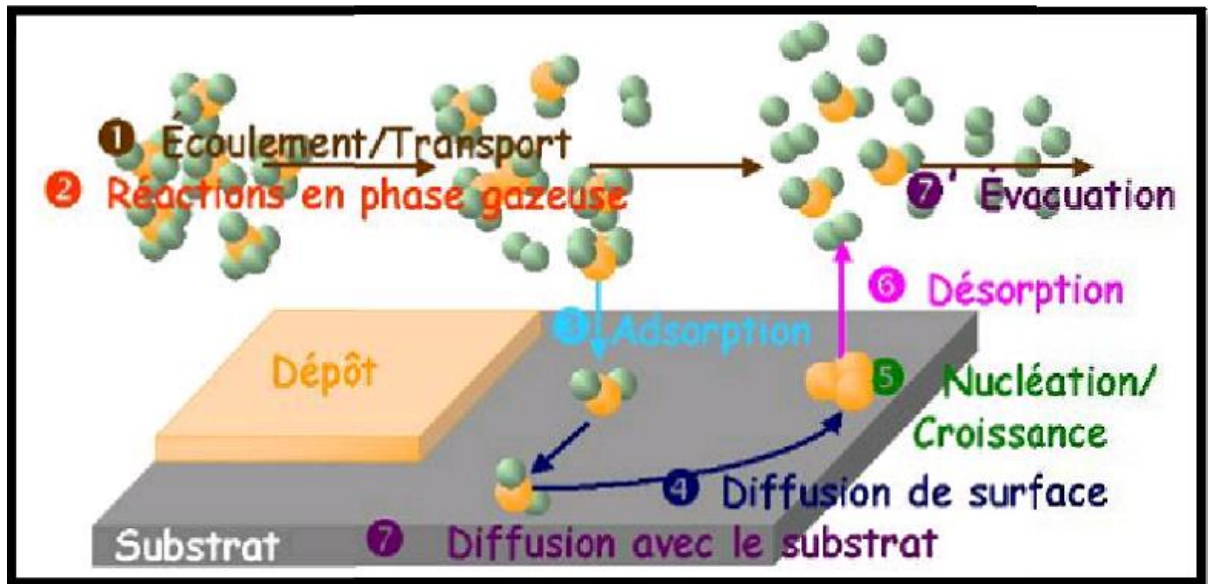


Figure 7 : Les différentes étapes de dépôt chimique en phase vapeur

Cette technique à plusieurs avantages dont les plus importants sont:
 - L'obtention des couches minces de bonne qualité et la possibilité de réaliser des dépôts

multicouches.

- L'obtention de films minces de matériaux conducteurs, semi-conducteurs ou magnétiques. -
- Ainsi, l'obtention des dépôts de métaux, borures, oxydes, nitrures, siliciures.
- D'autre part cette technique possède des inconvénients tels que :
- La température d'élaboration élevée (1000 °C) qui peuvent déformer les pièces.
- La taille des équipements, ce qui rend la synthèse des couches minces assez onéreuse. De plus, on ne peut traiter que des petites surfaces de l'ordre du centimètre carré [20-21]

I-6-2-1 Spray pyrolyse

La technique de pulvérisation chimique réactive spray est un processus technique de traitement et est utilisée dans la recherche pour préparer des couches minces et épaisses. A la différence de beaucoup d'autres techniques de dépôt de couches, la technique de spray représente une méthode de transformation très simple et relativement rentable (particulièrement en ce qui concerne les coûts d'équipement). C'est une technique extrêmement facile pour préparer des films de n'importe quelle composition. La technique de spray n'exige pas des substrats ou des produits chimiques de haute qualité. La méthode a été utilisée pour le dépôt de films denses, films poreux et pour la production de poudre. Même des multicouches peuvent être facilement préparées en utilisant cette technique souple. La méthode spray a été employée pendant plusieurs décennies dans l'industrie du verre [22] et dans la Production de pile solaire [23].

L'équipement typique de la méthode du spray pyrolyses se compose d'un atomiseur, d'une résistance de chauffage du substrat, d'un contrôleur de température et d'un générateur à ultrasons (figure 8).

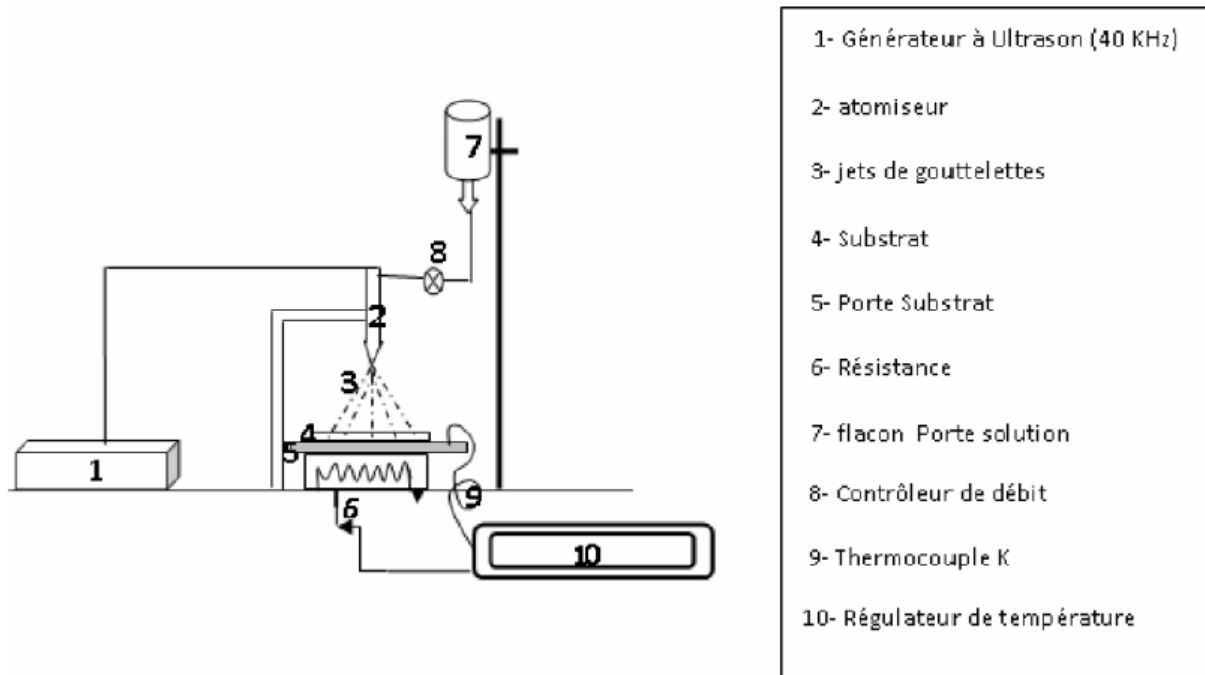


Figure 8 : Schéma de la technique de pulvérisation spray [24].

I-6-2-2 Méthode de sol gel

Lors d'une synthèse par voie sol-gel, les précurseurs moléculaires contenus dans la solution de départ (« le sol ») polymérisent suivant divers mécanismes et forment un réseau d'oxydes (« le gel »). Une étape de séchage suivie de traitements thermiques permet d'éliminer les composés organiques pour former le matériau oxyde inorganique. Le procédé sol-gel est particulièrement bien adapté à la fabrication de matériaux homogènes, sous forme de poudres et de films, avec des performances optiques élevées [25]. Le dépôt proprement dit peut-être réalisé de deux manières différentes :

- Le " spin-coating " ou centrifugation consiste à verser le sol ou le gel sur un substrat mis en rotation par une tournette. Le liquide en excès est éjecté sous l'action de la force centrifuge, et l'épaisseur du dépôt est alors fonction de la vitesse de rotation du Substrat et du temps de dépôt [26].
- Le " dip-coating " ou trempé est le procédé qui consiste à tremper le substrat dans la solution à déposer et à le retirer ensuite avec une vitesse constante qui conditionne l'épaisseur du dépôt.

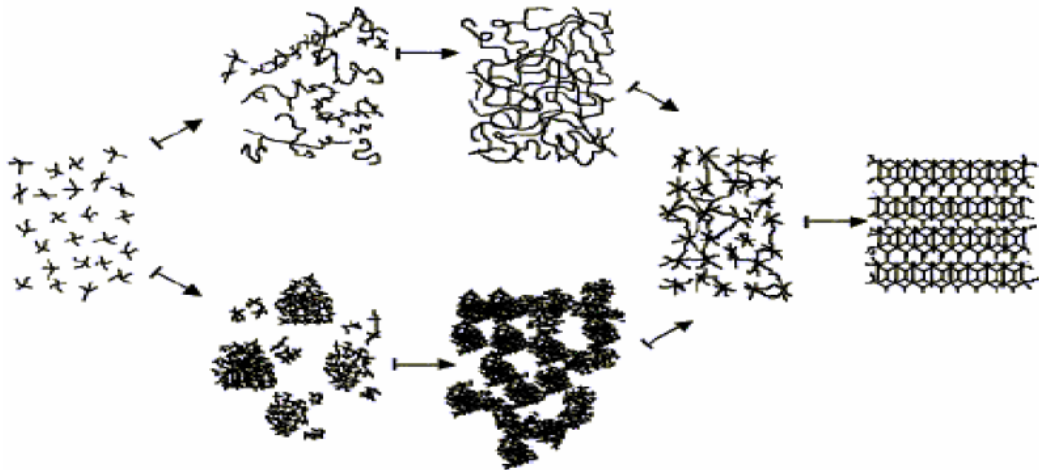


Figure 9 : Schéma de principe de la synthèse sol-gel d'un oxyde cristallin.

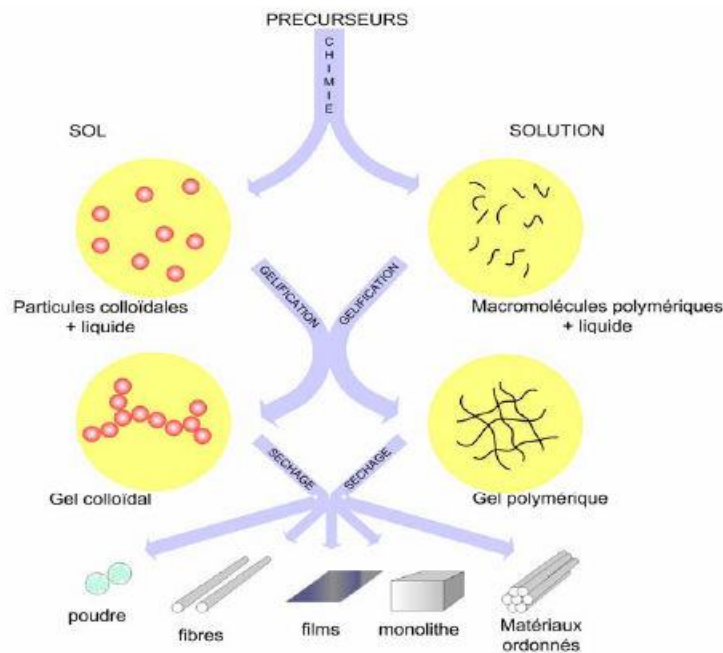


Figure 10 : Les différents types de mise en forme de matériaux obtenus par voie sol-gel.

Le principe de base du procédé sol gel (correspondant à l'abréviation de «solution gélification») est le suivant : une solution à base de précurseurs en phase liquide, se transforme en un solide par un ensemble de réactions chimiques de type polymérisation à température ambiante [27]. Les techniques de spin-coating et de dip-coating sont les plus connues et les plus utilisées. Pour le dip-coating, ou trempé : moins utilisé, il consiste à tremper le substrat dans la solution à déposer et à le retirer ensuite avec une vitesse constante qui conditionne l'épaisseur du dépôt [28]

Le procédé de spin-coating ou centrifugation consiste à verser le sol ou le gel par centrifugation sur un substrat mis en rotation par une tournette à vitesse élevée (plusieurs milliers de tours par

minute). Généralement, ce procédé est décrit par quatre étapes. Tout d'abord, un excès de sol est déposé sur le substrat immobile. Puis le substrat est mis en rotation et le liquide s'étale. L'excès de liquide déposé est éjecté par la force centrifuge et l'épaisseur du dépôt est en fonction de la vitesse de rotation du substrat et du temps du dépôt. Enfin, les solvants s'évaporent et le gel se forme [29].

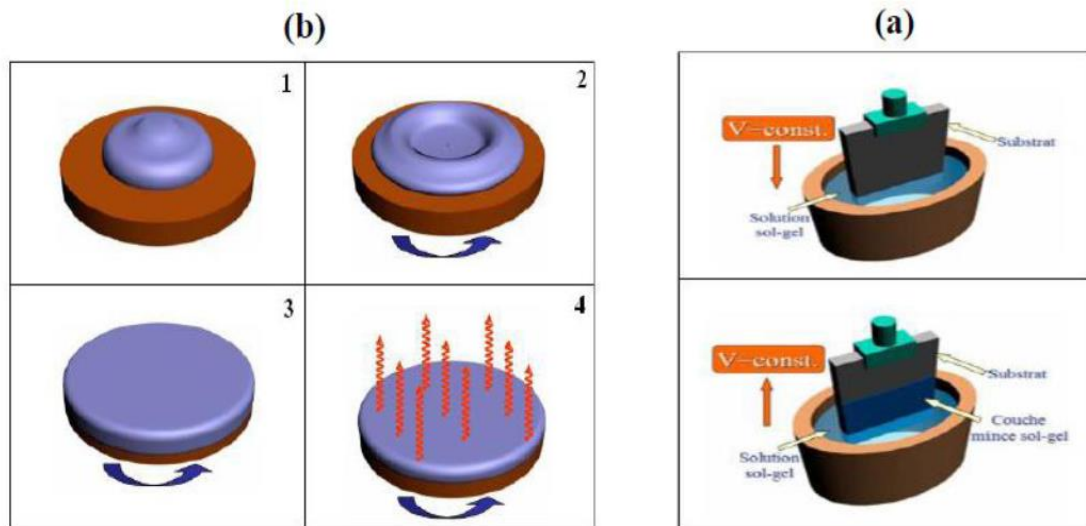


Figure 11 : (b) Dépôt par de Spin-coating et (a) : Dépôt par de dip-Coating.



Chapitre II : Synthèse bibliographique sur le ZnS

Introduction

Nous présentons dans ce chapitre les propriétés générales des semi-conducteurs II-VI, et le sulfure de Zinc (structure cristallographique, structure électronique des bandes,...) et enfin nous résumerons les principales applications technologiques de ZnS).

II-1 Les semi-conducteur

II-1-1 Définition

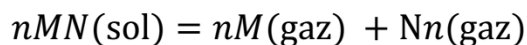
Les semi-conducteurs sont des matériaux dont la conductivité électrique, intermédiaire entre celle des conducteurs ($\sim 10^6 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) et des isolants ($\sim 10^{-22}$ à $\sim 10^{-14} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$), varie dans une grande proportion sous l'effet de la température, l'éclairement et la présence d'impuretés (dopage, défauts du réseau). Les semi-conducteurs sont principalement les éléments de la colonne IV du tableau de classification des éléments (Si, Ge) mais aussi des composés III-V (GaAs, GaN) ou II-VI (ZnS, CdTe) .[30]

II-1-2 Semi-conducteurs AIBVI :

Les semi-conducteurs AIBVI sont des composés constitués de deux éléments, dont A est un élément du groupe II du système périodique tels que : Zinc (Zn), Cadmium (Cd) et Mercure (Hg) et B est un élément du groupe VI : Oxygène (O), Soufre (S), Sélénium (Se) et Tellure (Te). Tous ces éléments des groupes II et VI peuvent former entre eux des composés : Oxydes (ZnO, CdO), Sulfures (ZnS, CdS), Séléniures (ZnSe, CdSe), Tellurures (ZnTe, CdTe). [31]

II-1-3 Les propriétés physiques et physico-chimique de composés II-VI:

A la différence de leurs éléments constituants, les composés II-VI se caractérisent par des points de fusion relativement élevés et des pressions de vapeur plus petites. Ces matériaux se dissocient par élévation de température selon l'équation d'équilibre générale :



Les recherches ont permis d'établir que la phase gazeuse est composée d'atome et de molécules des éléments constituants et que la vapeur des éléments du groupe VI est essentiellement composée de molécules diatomiques. [32]

Les pressions de vapeur partielles des constituants M (II) et N (VI) sont reliées entre elles par l'équation :

$$Kp = P_{Mn}P_{Nqn}$$

Kp est la constante d'équilibre de la réaction

Certaines propriétés physico-chimiques de composés MN ont répertoriées dans le tableau 1.

Tableau 1 : propriétés physico-chimiques des composés II-VI [33]

Composé	Poids moléculaire	Densité (g\cm ³)	Température de fusion
ZnS- α	97.45	4.102	Transformation allotropique
ZnS- β	97.43	4.087	1800-1900
ZnSe	144.34	5.42	1400
ZnTe	192.99	6.34	1239
CdS- α	144.46	4.82	1750
CdSe- α	191.36	5.81	1350
CdTe	240	6.20	1040
ZnO	81.389	5.642	1975

II-1-3-1 Les propriétés cristallographiques des composés II-VI

La cristallographie des composés $A_{II}B_{VI}$ pose quelques problèmes du fait du polymorphisme de ces composés. Ces derniers peuvent être formés par des cristaux de deux principaux types de structures :

Structure hexagonale de la wurtzite et structure cubique du zinc blende. Toutes les deux se caractérisent par une disposition tétraédrique des atomes, analogue à celle que l'on observe dans les semi-conducteurs du groupe IV. En outre, les poly types étroitement liés peuvent aussi exister car il y a une corrélation étroite entre les structures de la blende et de la wurtzite. Ces poly-types ont la même coordinance tétraédrique que celles de la blende ou la wurtzite et ils ont des structures essentiellement dérivées du zinc blende et de la wurtzite. Certains composés $A_{II}B_{VI}$ sont transformés sous l'action de fortes pressions extérieures en structure du sel gemme (NaCl), caractérisée par une disposition octaédrique des atomes, et bien que ces phases soient instables dans des conditions normales elles peuvent parfois subsister aux basses températures. [34]

II-1-3-2 Structure de la blend

Tous les composés II-VI peuvent former des cristaux de la même structure que la blende ZnS. Chaque maille élémentaire comporte quatre molécules de ZnS, dont les atomes occupent des positions bien déterminées, définies par les coordonnées suivantes : Quatre atomes de S dans les positions :

$(0, 0, 0)$; $(0, 1/2, 1/2)$; $(1/2, 0, 1/2)$; $(1/2, 1/2, 0)$, et quatre atomes de Zn dans les positions: $(1/4, 1/4, 1/4)$; $(1/4, 3/4, 3/4)$; $(3/4, 1/4, 3/4)$; $(3/4, 3/4, 1/4)$. Tout atome d'une espèce possède un entourage de 4 atomes de l'autre espèce placés aux sommets d'un tétraèdre régulier, se trouvent à une distance $\frac{\sqrt{3}}{4}a$. Tout atome à un entourage de 12 atomes de la même espèce dans la deuxième sphère de coordination ; ces derniers sont à une distance de $\frac{1}{\sqrt{2}}a$ de l'atome considéré.

[35]

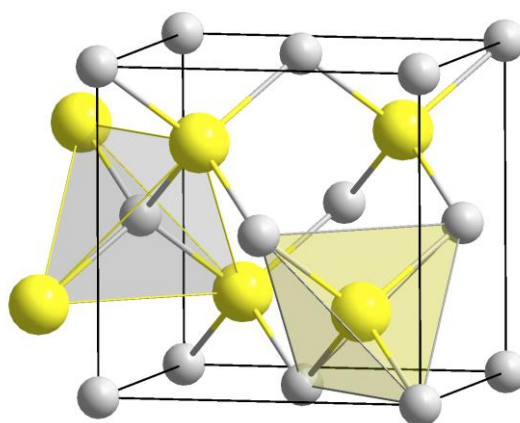


Figure 12 : Structure cubique (Blende) des composés ZnS. [36]

II-1-3 -3 Structure de la wurtzite

Les composés II-VI peuvent former des cristaux ayant la structure de la wurtzite qui est la variété hexagonale de ZnS ou du zincate (ZnO). La figure 2 illustre la répartition des atomes métalliques (M) et non-métalliques (N) dans la structure de la wurtzite. Le groupe spatial de cette structure est P63mc. Chaque maille élémentaire comporte deux molécules de ZnS, les deux atomes de Zn occupent les positions $(2/3, 1/3, 1/8)$ et $(0, 0, 5/8)$; et les deux atomes de S occupent les positions $(0, 0, 0)$ et $(2/3, 1/3, 1/2)$ avec $u = a/c$ $u=3/8$. Chaque atome Zn est lié à quatre atomes S disposés aux sommets d'un tétraèdre. [37]

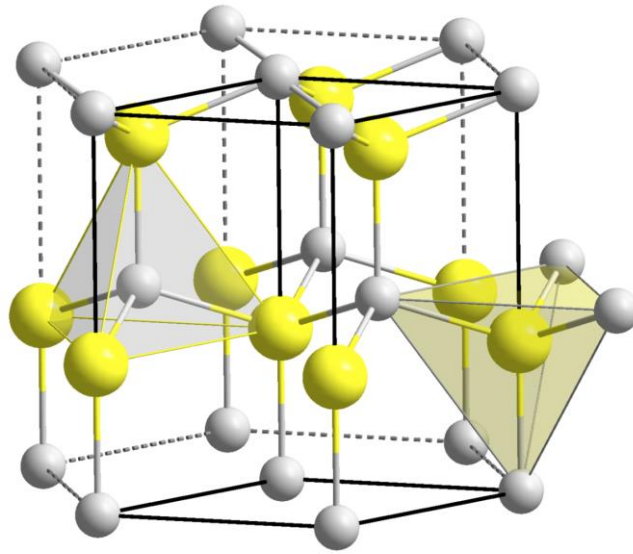


Figure 13 : Structure de wurtzite de ZnS .[38]

II-2 Sulfure de Zinc(ZnS)

Le Sulfure de Zinc appartient au groupe II-VI des matériaux composés semi-conducteurs. La structure cristalline du ZnS peut être cubique ou/et hexagonal, généralement les films de ZnS obtenus par la déposition chimique ont une structure cristalline qui est le mélange de deux phases cubique et hexagonal.

Le gap optique d'une couche mince de ZnS est entre 3,6 et 4 eV. La résistivité électrique est de l'ordre de $10^4 \Omega \times \text{cm}$ la conductivité électrique est de type-n. Le ZnS est un matériau semi-conducteur très important avec un grand gap optique ($>3,5 \text{ eV}$), dont une grande utilité dans les dispositifs en couches minces (*thin film devices*), comme les dispositifs photoluminescents et diodes électroluminescentes. En outre, le ZnS est un matériau important dans les diodes émettrices en petite longueur d'onde (*short wavelength emitting diode (blue-light-emitting)*) et dans les cellules solaires à base des couches mince en hétérojonctions comme couche tampon.

II-2-1 Le choix du ZnS

Le ZnS appartenant au groupe II-VI est un semi-conducteur important de type n qui a, à température ambiante, une résistivité électrique assez élevée permettant de l'utiliser comme une couche tampon très mince dans les cellules solaires photovoltaïques. La structure de la cellule solaire basée sur le ZnS montre une meilleure captivité optique et des rendements élevés. [39]

II-2-2 Les avantages principaux de ZnS

Les principaux avantages de ZnS sont les suivants :

- Non toxique pour l'environnement.
- Le gap du ZnS est plus large ce qui permet au photon d'énergie plus élevée d'être transmis et augmente l'absorption de la lumière au niveau de la couche absorbante. [40]
- Le gap du ZnS est plus large ce qui permet au photon d'énergie plus élevés d'être transmis et augmente l'absorption de la lumière au niveau de la couche absorbante [41]
- Une énergie de liaison d'exciton relativement élevée (34 meV).
- Module de cisaillement très grand ~ 45.5 GPa (indique la stabilité de cristal), par exemples : 18.35 GPa pour ZnSe, 32.60 GPa pour la GaAs, 51.37 GPa pour le silicium.
- Indice de réfraction élevée (2.35) [42].
- Produit un meilleur accord de réseau avec des absorbeurs ayant des bandes d'énergie dans la gamme (1,3-1,5 eV). [43]

II-2-3 Applications de ZnS

II-2-3-1 Cellules solaires

Les cellules solaires sont des systèmes constitués de matériaux semi-conducteurs qui possèdent la faculté de transformer l'énergie solaire en énergie électrique. Cette transformation est due à l'effet photovoltaïque du matériau utilisé qui permet de capter l'énergie des photons reçus pour libérer des porteurs de charge de la bande de valence à la bande de conduction. Actuellement, la plupart des cellules solaires sont réalisées à partir de silicium. Dans cette application, l'oxyde de zinc peut servir d'électrode transparente sur la couche supérieure "front contact" pour permettre le passage du courant électrique à travers le composant tout en laissant passer la lumière.

Le ZnS peut faire apparaître une surface plus ou moins rugueuse. La rugosité est un élément important pour la réalisation de cellules solaires. En effet plus la surface de la cellule est rugueuse, plus la lumière peut se diffuser dans le matériau. Ceci a pour conséquence d'allonger le parcours des photons et d'augmenter les chances d'absorber la lumière pour libérer des porteurs de charge. La rugosité de ZnS dépend de ses paramètres de dépôt et il est dans ce cas important de les contrôler.

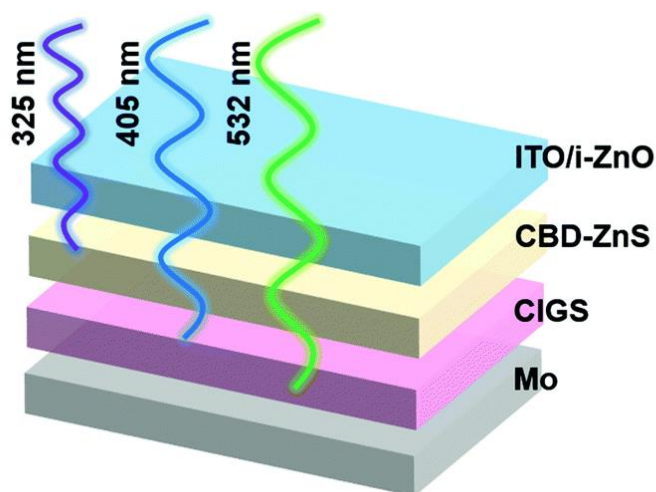


Figure 14 : Schéma simplifié d'une photopile en couches minces de type CIGS à base de ZnS.

II-2-3-2 Diodes électroluminescentes :

A l'inverse de la cellule solaire, le principe de la diode électroluminescente (LED) consiste à convertir l'énergie électrique en énergie lumineuse. Comme le nitrure de gallium et grâce à sa large bande interdite (3,67 eV), le sulfure de zinc trouve également sa place dans la réalisation de diodes électroluminescentes émettant en particulier dans le bleu [44 - 46 -45]. Ces deux matériaux ont des propriétés similaires, mais le ZnS a quelques avantages par rapport au GaN.

On peut citer par exemple sa grande énergie de liaison de l'exciton (60 MEV contre 21 MEV pour le GaN), lui conférant potentiellement de bonnes capacités d'émission lumineuse à température ambiante. Cependant, contrairement au GaN, le ZnS présente des difficultés pour la réalisation de couches stables de type p , qui sont nécessaires à la réalisation des LED. Ainsi les études portent actuellement sur des hétéro structures ZnS/GaN pour profiter des avantages du ZnS et du GaN.

II-2-3-3 Photo catalyseurs [47]

La photo catalyse est utilisée en général pour la purification de l'air et le traitement de l'eau. Elle est aussi utilisée dans la décoloration d'effluents aqueux colorés (industries textiles), l'élimination des odeurs et le revêtement autonettoyant de surfaces (verre, métaux, bétons, ciments). La photocatalyse repose sur un processus électronique qui se produit à la surface d'un catalyseur. Son principe inclut trois étapes :

a) Production de paires-électron/lacune positive. Lorsque le photocatalyseur est soumis à un rayonnement de photons d'énergie au moins égale à celle de la bande interdite, un électron peut passer de la bande de valence à une orbitale vacante de la bande de conduction. Il y a alors la création d'un trou dans la bande de valence et la libération d'un électron dans la bande de conduction.

b) Séparation des électrons et des lacunes. La durée de vie des paires électrons-lacunes est courte et leur recombinaison s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Pour que la photocatalyse soit efficace, il faut que la recombinaison soit évitée. Ceci est rendu possible par le transfert et le piégeage des charges libres vers des niveaux d'énergie intermédiaires.

c) Réactions d'oxydation et de réduction. Les charges créées migrent à la surface du catalyseur et réagissent avec des substances adsorbées susceptibles d'accepter ou de donner des électrons. Ces sont les réactions d'oxydation ou de réduction qui sont intéressantes pour la dépollution. Le photocatalyseur est au coeur du processus. Plusieurs semi-conducteurs ont une largeur de la bande interdite suffisante pour permettre la photocatalyse comme par exemple TiO_2 , ZnO , ZnS et SnO_2 .

II-2-4 Propriétés générales de sulfure de zinc (ZnS)

II-2-4-1 Propriétés physiques et chimiques de Sulfure de Zinc

Le tableau 2 montre quelques propriétés physiques et chimiques de sulfure de zinc.

Tableau 2: Fiche technique de quelques propriétés physiques et chimiques de ZnS.

Les propriétés physiques et chimiques de Sulfure de Zinc [48]

Nom IUPAC : Sulfure de zinc.

Apparence : Cristaux légèrement blanc ou poudre blanc.

Formule moléculaire : ZnS

État physique : Solide cristallisé

Masse moléculaire : 97,475 g.mole⁻¹

Densité relative (eau = 1) : 4,090 g. cm⁻³

Point de sublimation : 2100 K

Point de fusion : change : 1973 K, 2103 K

Solubilité dans l'eau : nulle

L'évaporation à 20°C : est négligeable

Stabilité du produit et réactivité : Ce produit est stable

II-2-4-2 Propriétés cristallographiques

Les propriétés de sulfure de zinc sont très importantes tant que matériau transparent dans la région visible. Les principaux types de structure de ZnS se présentent sous deux formes, α -phase (structure hexagonale de wurtzite) et β -phase (structure cubique de sphalérite) [49].

La bande interdite est de l'ordre de 3.72 eV pour forme cubique et 3.77eV pour forme hexagonale [50].

Le réseau de la blende ZnS (sphalérite, structure cubique) est constitué de deux réseaux cubiques faces centrés, l'un de Zn et l'autre de S, décalés du quart de la diagonale principale. Le réseau de la wurtzite de ZnS (structure hexagonale) est constitué de l'alternance de plans de Zn et S, chacun présentant un arrangement hexagonal des atomes correspondants.[51]

II-2-4-3 La bande d'énergie

L'atome de zinc étant de type II, il possède deux électrons de valence sur la dernière orbitale s ($Zn = 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2$). L'atome de soufre étant de type VI, sa couche électronique périphérique renferme six électrons dont deux sur l'orbitale s et quatre sur l'orbitale p ($S = 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^4$). La bande de valence du ZnS est essentiellement constituée d'orbitales p du soufre et la bande de conduction d'orbitales s du zinc [52].

Le ZnS est un semi-conducteur à gap directe comme ZnS (figure 4), le minimum de la bande de conduction et le maximum de la bande de valence est situé au point de la zone de brillouin. La bande interdite est de l'ordre de 3.65eV, lui permet des transitions verticales entre la bande de valence et la bande de conduction, et aussi d'avoir des transitions radiatives. [53]

II-2-4-4 Propriétés optiques de ZnS

La transparence optique du ZnS dans les régions visibles du spectre solaire est une conséquence de son large gap ($E_g = 3.65$ eV), le seuil fondamental d'absorption de ZnS se situant dans l'ultraviolet. ZnS est transparent au-dessous du niveau de l'absorption à presque 340 nm, bien qu'il soit possible de trouver quelques absorptions qui commencent entre 400 et 440 nm ceci est dû aux déviations de la stœchiométrie. La forme du spectre d'absorption intrinsèque peut être observée seulement sur les couches minces à cause de leur grand coefficient d'absorption [54]. Le Sulfure de Zinc (ZnS) est un matériau à gap direct [55]. Il y a une certaine anomalie dans la littérature concernant l'énergie du gap ; Vamage et Yshokawa réclament que le gap d'énergie à la température ambiante de ZnS est de 3.6eV, tandis qu'une bande de valence à la transition de niveau de donneur à 3.3eV explique le fait qu'une plus petite valeur (typiquement 3.4 eV) est souvent rapportée. Ainsi, le gap à la température ambiante de ZnS peut être placé dans la gamme 3.6 à 3.7 eV [56]. L'indice de réfraction de rang ZnS de 2,41 à 0,5 μm a 2,29 à 1.1 μm . Ces indices s'étalent avec sa transparence élevée, ce qui rend proche de l'idéal comme un antireflet.

II-2-4-5 Propriétés électriques :

En général, le ZnS est un semi-conducteur de type n, avec une grande conductivité des couches de sulfure est due à la forte concentration en porteurs (électrons). Etant donné que la mobilité dans ces couches est considérablement plus faible que celle en volume du matériau correspondant. La forte concentration en électrons est attribuée à la déviation par rapport à la stœchiométrie (ou défauts dans la structure). La déviation à la stœchiométrie peut être due aux vacances d'anions ou à un excès de cations en position interstitielle. La nature exacte des défauts de structure dans la plupart des cas est encore incertaine. [57-58]

II-2-5-Polluants organiques:

La variété des polluants pouvant être minéralisés est très grande car elle porte sur l'ensemble des produits organiques de synthèse, des solvants, des pesticides, des colorants, etc. En général, la partie hydrocarbonée est totalement oxydée et minéralisée en $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, ce qui participe à la purification de l'eau. Chaque hétéroatome conduit dans le meilleur des cas à un produit minéral final (produits soufrés en sulfate, dérivés halogénés en halogénures, dérivés phosphorés en phosphates...). La situation de l'azote est plus complexe. Les produits contenant un groupement amino sont majoritairement hydrolysés en ammonium dont l'oxydation est inhibée par les protons. Il faut cependant considérer la molécule dans sa globalité. En effet, le groupe amino de l'amélide ($\text{C}_3\text{N}_3(\text{OH})_2\text{NH}_2$) est transformé

pratiquement à 100 % en NO_3^- , alors que celui de l'aminophénol est transformé en majorité en ammonium [59]. L'augmentation de la densité électronique sur le cycle aromatique est a priori à l'origine de la plus grande dégradabilité des composés organiques porteurs de groupements donneurs [60]. Ces hypothèses sont en accord avec l'étude du mécanisme de dégradation de cycles triazolidine et triazole [61]. Les groupements azoïques $-\text{N}=\text{N}-$ sont sélectivement transformés en N_2 . Ce résultat est très intéressant car plus de 50 % des colorants sont de type azoïque. Cependant, lorsque la formation de la forme isomère hydrazone est présente (figure 9), l'azote est transformé en NH_4^+ . La photocatalyse, comme tous les autres procédés d'oxydation poussées, ne peut ouvrir les cycles triaziniques. En revanche, elle peut les convertir en acide cyanurique $\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_3$, composé inoffensif. Bien que la photocatalyse permette d'éliminer efficacement la quasi totalité des molécules organiques, il est parfois intéressant, pour des raisons économiques, de la coupler à d'autres procédés, notamment pour le traitement de lixiviats de décharge.

A decorative border in a dark blue color, shaped like a scroll. It starts with a vertical line on the left, curves at the top, runs horizontally across the top, curves at the right, runs vertically down the right side, and curves at the bottom to meet the left side again.

Chapitre III : Techniques d'élaboration et caractérisation de ZnS

Introduction

Nous décrivons les conditions expérimentales. Nous aborderons dans la première partie de ce chapitre le système de dépôt utilisé pour la fabrication des couches de ZnS par spin coating.

III-1 Techniques utilisées pour le dépôt des couches minces de ZnS

Il existe plusieurs types de dépôts de couches minces à partir d'une solution. Dans ce travail nous avons opté pour la technique spin coating.

III-2 Techniques de Spin coating

L'enduction centrifuge ou enduction par centrifugation ou dépôt à la tournette (plus connue sous son nom anglais de **spin coating**).

Dans cette technique, quelques gouttes de la solution se répandent de façon uniforme sur la surface du substrat grâce à l'application d'une rotation. Lorsque la vitesse de rotation devient constante l'excès de liquide est éjecté et la couche déposée devient homogène

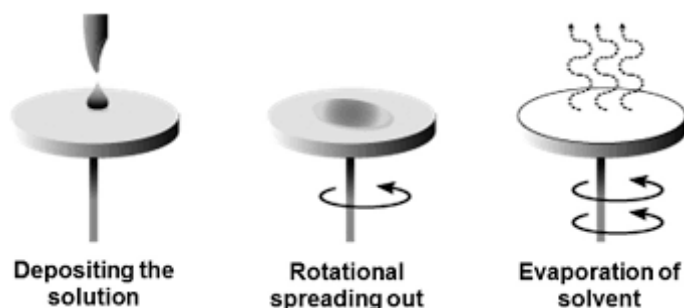


Figure 15: Schéma illustratif du dépôt par spin coating [59].

Cette technique présente l'avantage d'obtenir des couches très homogènes avec une épaisseur constante à n'importe quel point de la couche, néanmoins les couches obtenues ont des épaisseurs faibles ce qui constitue une gêne lors de certaines méthodes de caractérisations comme la détermination des constantes optiques par la spectrophotométrie UV-Visible, qui demande une épaisseur supérieure à 200nm afin de pouvoir observer les franges d'interférences. La figure 16 montre le dispositif expérimental.

III-3 Les Avantages de spin coating

Comme en témoigne sa maturité, le spin coating présente de nombreux avantages dans les opérations de revêtement son plus grand avantage étant l'absence de variables de processus couplées. Film l'épaisseur est facilement modifiée en changeant la vitesse d'essorage ou en passant à un autre photorésist de viscosité. Mais parmi les techniques de revêtement alternatives, beaucoup ont plusieurs paramètres couplés, rendant le contrôle du revêtement plus complexe. Un autre avantage du spin coating est la capacité du film à obtenir progressivement Plus uniforme à mesure qu'il s'amincit, et si le film devient complètement uniforme pendant processus de revêtement, il le restera pendant toute la durée du processus. C'est peu coûteux et système d'exploitation rapide. La maturité du spin coating implique de nombreux problèmes en spin coating ont été étudiés et de nombreuses informations existent sur le sujet.

III-4 Principe et étapes de la méthode Spin-Coating

Cette méthode de dépôt peut être décomposée en quatre phases :

- 1) le dépôt de la solution.
- 2) le début de la rotation : la phase d'accélération provoque l'écoulement du liquide vers l'extérieur de substrat.
- 3) la rotation à vitesse constante permet l'éjection de l'excès de liquide sous forme de gouttelettes et la diminution de l'épaisseur du film de façon uniforme.
- 4) l'évaporation des solvants les plus volatils qui accentue la diminution de l'épaisseur du film déposé.

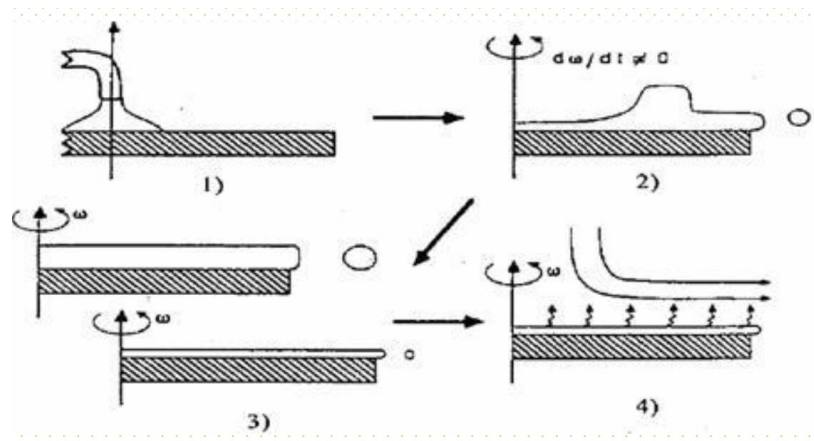


Figure 16 : Dépôt de couches minces par centrifugation : les quatre étapes du dépôt (ω représente la vitesse de rotation du substrat) [60]

III-5 Procédure expérimentale

III-5-1 Choix du substrat de dépôt

La réalisation des couches de sulfure de Zinc est effectuée sur des substrats en verre, le choix du verre comme substrat de dépôt a été fait en raison du bon Accord de dilatation thermique qu'il présente avec nos couches de manière à minimiser les contraintes à l'interface couche substrat, et pour des raisons économiques, et aussi leur transparence qui s'adapte bien pour La caractérisation optique des films dans le visible.

III-5-2 Préparation des substrats

Les dépôts sont s'effectué sur des substrats de verre de 2mm d'épaisseur environ. Les substrats sont découpés par un stylo à pointe en diamant en surface carrée. Les substrats utilisés dans notre travail sont des lames de verre (Figure II.3). Ce choix nous permet d'effectuer une bonne caractérisation optique et électrique des couches. L'étape de nettoyage des substrats détermine les qualités d'adhérence et d'homogénéité des couches déposées, ainsi que l'uniformité de leurs épaisseurs. La qualité du dépôt et par suite celle de l'échantillon dépend de la propreté et de l'état de surface du substrat, son nettoyage est donc une étape très importante. Il faut éliminer toute trace de graisse et de poussière et vérifier que la surface du substrat ne comporte, aucune imperfection (rayure, planéité, tache...). Ces conditions sont indispensables à la bonne adhérence du dépôt sur le substrat, et son uniformité (épaisseur constante).

III-5-3 Nettoyage des substrats

Ces substrats sont nettoyés suivant les étapes suivantes :

- Rinçage à l'eau distillé et puis à l'acétone (5 min)
- Rinçage à l'eau distillé (5 min) et puis à l'éthanol (5 min)
- Rinçage à l'eau distillé
- Toutes les étapes de nettoyage se font un bain à ultrason
- En enfin séchages à l'aide d'un séchoir
- On évite de toucher la surface du substrat pour éviter toute contamination

III-5-4 Procédure de Dépôt des couches minces par spin-coating

La procédure de dépôt vient tout de suite après la préparation des substrats et présente en plusieurs étapes :

On place les portes substrats au-dessus d'une résistance dont l'alimentation est reliée à un régulateur de température, les portes substrats est chauffé à partir de la température ambiante progressivement jusqu'à la température choisie pour le dépôt pour éviter le choc thermique des substrats. Lorsque le chauffage est réalisé, on fixe le débit de la solution (l'amplitude) du signal ultrason et le type de pulsation (dans notre travail nous avons utilisé des pulsations continues), des gouttelettes très fines sont pulvérisées sur le substrat chauffé. Ce qui permet l'activation de la réaction chimique entre les composés, le dissolvant évapore en raison de la réaction endothermique des deux composés formant la couche mince. A la fin du dépôt, on laisse les substrats refroidis au-dessus du port substrat jusqu'à la température ambiante, ensuite on récupère nos échantillons. Le dépôt s'effectue à l'aide d'un montage de spin-coating. Dans cette technique, quelques gouttes de la solution se distribuent de façon uniforme sur la surface du substrat fixé sur un support rotatif de vitesse contrôlée.

III-5-5 Conditions expérimentales

Dans notre travail, un certain nombre des paramètres ont été variées pour l'étude du dépôt des couches de ZnS, ces paramètres expérimentaux sont les suivants :

- La température de substrat qui varie entre 250°C et 400°C.
- la solution utilisée, nous avons utilisé trois solutions : Nitrate de Zinc, Acétate de zinc et Chlorure de Zinc comme source de zinc et $CS(NH_2)_2$ comme source de soufre.

Les paramètres fixes sont les suivants :

- La molarité de la solution : 0.1M pour trois solutions et 0.05M pour $CS(NH_2)_2$.
- Le temps de dépôt : 10 min.
- La quantité de solution : 100 ml.



Chapitre VI : Résultat de l'analyse d'une bibliographie sur ZnS

Introduction

Ce chapitre présente les principaux résultats, tirés de la bibliographie, sur le ZnS. Parmi les propriétés présentées on trouve : les propriétés optiques, structurale et morphologique.

VI -1 Propriétés optiques

La figure B montre les spectres de transmittance de films minces de ZnS dans la plage de 300 à 950 nm. Le spectre de transmission montre que les films sont très transparents (environ 80%) dans la zone visible. On observe une forte absorption autour de 345 nm correspondant au bord de bande. L'absorption nette détermine la bonne nature cristalline avec moins de défauts, démontrant les couches minces de ZnS de haute qualité [61].

La bande interdite d'énergie (E_g) calculée à partir des spectres de transmission en utilisant la relation Tauc [62] se révèle être de 3,6 eV. La valeur d' E_g a été diminuée dans le cas de l'échantillon B, ce qui pourrait être possible en raison de l'augmentation de la taille des grains lors du recuit. Les franges d'interférence montrent la haute qualité des échantillons.

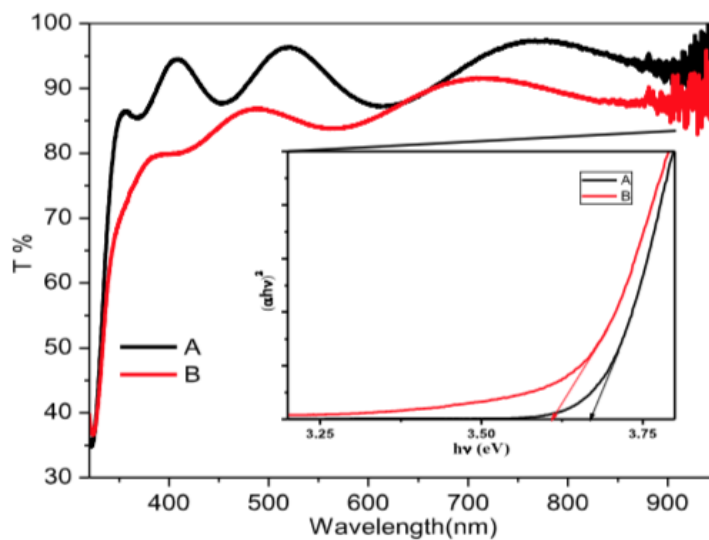


Figure A : Spectres de transmission et $(\alpha h\nu)^2$ vs E_g des couches minces de ZnS [63].

Le spectre photoluminescence (PL) de ZnS a été réalisé à température ambiante en utilisant une longueur d'onde de 250 nm pour l'excitation (**figure B**). D'après le spectre, on voit clairement qu'un pic d'émission fort est trouvé à 328 nm (3,7 eV) et un faible à 659 nm (1,8 eV). L'émission observée à 3,7 eV correspond à une émission en bande proche qui est attribuée aux excitons liés et à la présence d'une émission en bande proche.

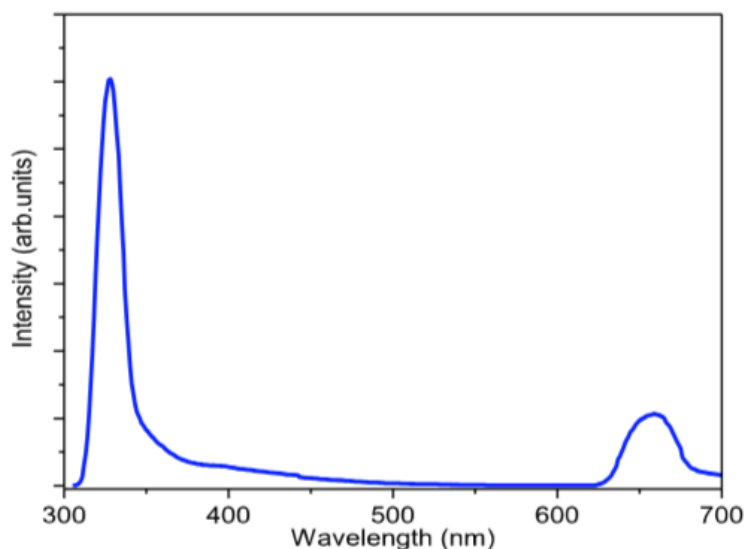


Figure B : Spectre photoluminescence de ZnS [63].

VI -2 Propriétés structurales

La **figure C** (a) montre le spectre DRX de films de ZnS avant et après recuits. Les pics DRX à $32,87^\circ$, $35,49^\circ$ et $37,32^\circ$ correspondent respectivement aux plans (102), (104) et (105) confirmant la formation de ZnS hexagonal. Les pics de diffraction correspondaient aux données standard rapportées pour la structure hexagonale de ZnS (JCPDS: 39-1363). Aucun pic étranger ne peut être observé confirmant que le ZnS formé par ce procédé est monophasé. Après le recuit, les pics DRX deviennent plus nets et plus intenses, comme illustré dans le spectre DRX. En outre, la largeur du pic principal (FWHM) se rétrécit, décrivant l'augmentation de la taille des cristallites lors du recuit.

La taille des cristallites est calculée pour le pic principal à l'aide de la formule de Scherrer [64] et se révèle être d'environ 70 nm pour l'échantillon recuit.

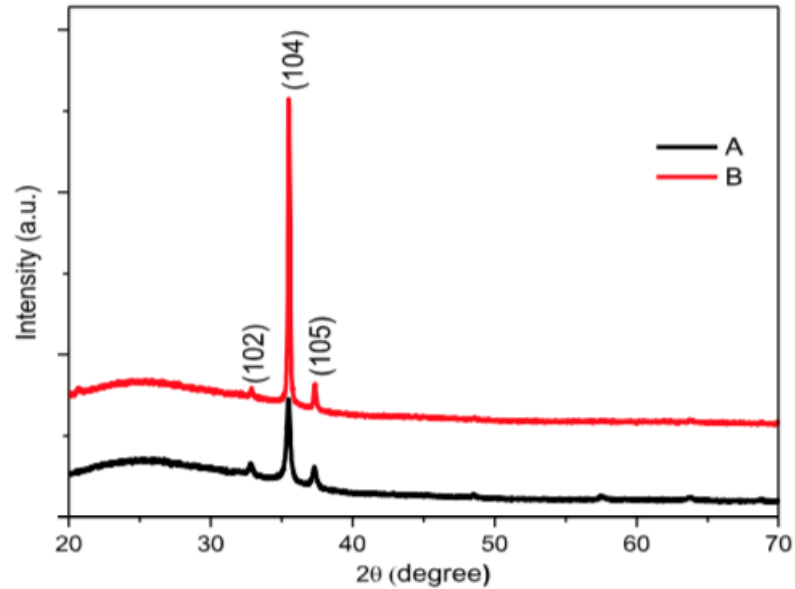


Figure C : DRX de couches minces de ZnS [63].

VI -3 Morphologie

La **figure D** montre des micrographies SEM et AFM d'un film de ZnS (recuit). Les images montrent clairement que les films minces de ZnS ont une morphologie uniforme et sont bien recouverts du substrat. La taille moyenne des particules est d'environ 20 à 30 nm, avec des particules légèrement plus grosses réparties sur la surface représentant l'agglomération de particules plus petites avec recuit.

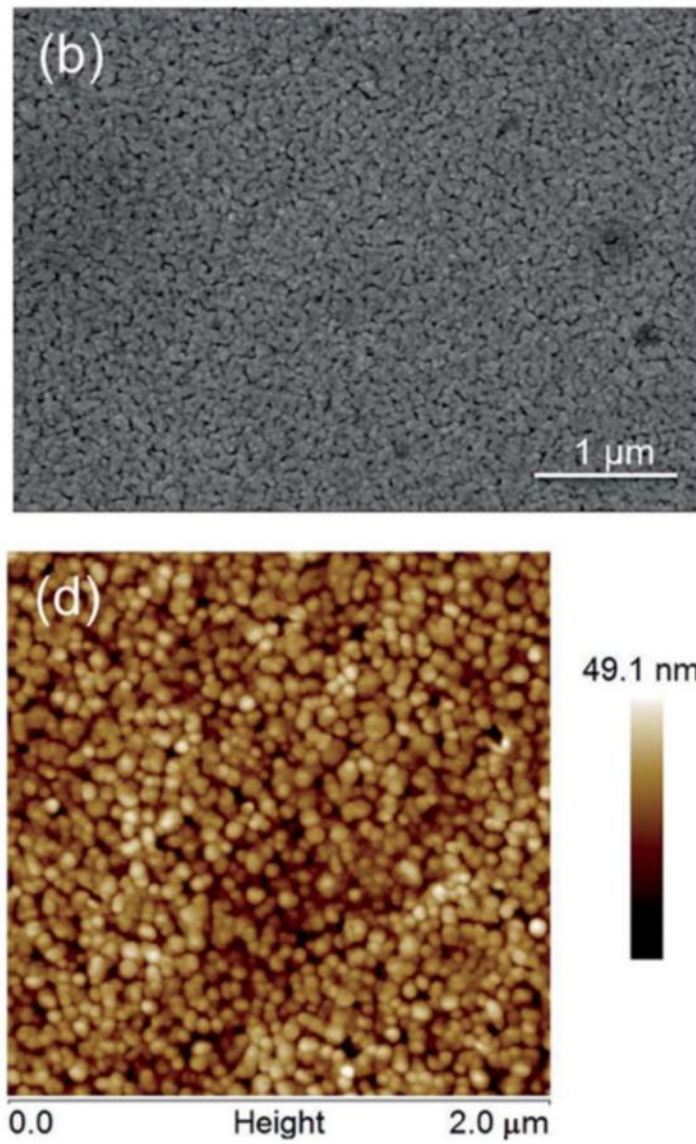


Figure D : Images SEM et AFM de films minces ZnS [65].

Conclusion

Le développement technologique et industriel de la société moderne d'aujourd'hui dans plusieurs domaines exprime un besoin croissant en matériaux élaborés sous forme de couches minces avec différentes propriétés physico-chimiques pour une multitude d'applications. Ceci est justifié par les efforts consentis ces dernières années dans des industries diverses à savoir ; la microélectronique, l'industrie pétrolière, l'optoélectronique, le photovoltaïque.

A l'heure actuelle, les semi-conducteurs jouent un rôle capital dans cette industrie vu leurs propriétés physico-chimiques très remarquables. Parmi ces matériaux, le Sulfure de Zinc est classé à leur tête grâce à son large gap. Plusieurs techniques ont permis d'élaborer les couches minces semi-conductrices, Ces méthodes sont subdivisées en deux classes : des méthodes chimiques et des méthodes physiques

Le travail avait pour objectif la déposition des couches minces semi-conductrices sur des substrats de verre par la technique de Spin-Coating pour améliorer la qualité et les propriétés des couches minces.

Une analyse bibliographique a été effectuée afin de vérifier la cristallinité, déterminer les phases et la taille des grains des couches de ZnS.

Les propriétés optiques des couches de ZnS sont généralement analysées par spectroscopie UV-visible et PL pour déterminer l'indice de réfraction et le gap.

Dans ce manuscrit, nous avons exposé toutes les étapes suivies dans la réalisation des couches minces à base de ZnS. Nous estimons que la méthode spin-coating donne d'assez bons résultats.

References

- [1] A. B. Djuris' ic', C.Y. Kwong, T.W Lau, Z.T Liu, H. S. Kwok, L. S. Man Lam and W. K.
- [2] D. C. Schnitzler and A. J. G. Zarbin, *J. Braz. Chem. Soc.* Vol. 15, No. 3 (2004) 378-384
- [3] S. Guitouni, « Corrélation entre les propriétés thermo physiques des gouttelettes et les propriétés des couches minces déposées par le procédé spray », mémoire de magister, Université de Constantine, (2010).
- [4] T. Ait Ahcene, « élaboration et caractérisation des couches minces de sulfure de zinc diffusion de l'argent et manganèse », mémoire de magister, Université de Constantine, (1992).
- [5] T. Dauzhenka, *Couches minces d'oxyde d'étain : la localisation faible et les effets de l'interaction*, Thèse doctorat. Université de Toulouse, (2011).
- [6] A. Hafdallah « Étude du Dopage des Couches Minces de ZnO Élaborées par Spray Ultrasonique », mémoire de Magister Université Mentouri-Constantine, Algérie, 2007.
- [7] *Lachgueur Abdellah*, Etude des couches minces de ZnO dopées. UNIVERSITE TLEMCEN Juin 2015
- [8] Pere Roca i Cabarrocas, Thèse de Doctorat, Paris VII (1988)
- [9] N. Attaf, Etudes énergétique d'une décharge luminescente utilisée dans le dépôt de couches minces de a-Si :H, Thèse Doctorat d'état, Université de Constantine, (2003).
- [10] S. Guitouni, « Corrélation entre les propriétés thermo physiques des gouttelettes et les propriétés des couches minces déposées par le procédé spray », mémoire de magister, Université de Constantine, (2010).
- [11] Y. Benkhetta « L'effet du débit de la solution sur les propriétés des couches minces d'oxyde de zinc (ZnO) déposées par spray ultrasonique », mémoire de magister, Université Med Khider Biskra, Algérie, 2013
- [12] K. L. Chopra. S. Major, D. K. Panday, *Thin Solid Films.*(1983)102-105
- [13] Larbah Youssef. Élaboration et caractérisation des couches minces conductrices et transparentes pour les cellules solaire de type TOC/ZnS/CiS. Mémoire de magister. Université d'Oran (2011).
- [14] Benelmadjat Hannane, "élaboration et caractérisation des composites dopés par des agrégats nanométriques de semi-conducteurs", thèse magister, Constantine (2007).

- [15] K. L. CHOPRA. "Thin films phenomena", Ed. McGraw-Hill Company London (1975).
- [16] O. Daranfad, « élaboration et caractérisation des couches minces de sulfure de zinc préparées par spray ultrasonique », mémoire de magister, université Constantine.
- [17] Introduction aux couches minces et réseaux (Stéphane Andrieu). Ecole Franco-Roumaine : Magnétisme des systèmes nanoscopiques et structures hybrides – Brasov (2003)
- [18] Elhelli Saliha. Mémoire master académique contribution à l'étude structurale et physique des couches minces de TiO_2 obtenues avec la méthode sol-gel. Université Kasdi Merbah Ouargla (2014).
- [19] M. Attallah, Elaboration et caractérisation des couches minces d'oxyde de silicium, obtenues par voie sol-gel, mémoire de magister, université Mentouri Constantine (2010)
- [20] J.M. HAUSSONNE, Céramiques pour l'électronique et l'électrotechnique, ed. presses polytechniques et universitaire Romandes, Lausanne (2002).
- [21] S. Abed, Elaboration et Caractérisation de Couches minces d'Oxyde de Zinc Obtenues par Spray Pyrolyse, Mémoire de magister, université Mentouri Constantine.
- [22] Amirhaghi S, Craciun V, Craciun D, Elders J, Boyd IW. Low temperature growth of highly transparent c-axis oriented ZnO thin films by pulsed laser deposition. *Microelectron Eng* 1994;25:321–6.
- [23] Lehraki N, Aida MS, Abed S, Attaf N, Attaf A, Poulain M. ZnO thin films deposition by spray pyrolysis: influence of precursor solution properties. *Curr Appl Phys* 2012;12:1283–7.
- [24] W.H. HIRSCHWALD et al, *Current Topics in Materials Science*, Vol (7), pp. 143-482 (1981).
- [25] I. Wuled Lengoro, Yun Chan Kang, T. Komiya, K. Okuyama and N. 1660Tohge, *Jpn. J. Appl. Phys.*, (1998) 288– 290.
- [26] J. Livage, M. Henry, C. Sanchez, *Progress in Solid State Chemistry*, 18 (1988) 259-341.
- [27] M. Faivre, *Ann. Chem.*, 19 (11) (1944) 58.
- [28] I. Kentari and N. Tatsuo, *Jpn. J. of Appl. Phys.*, Vol 50 (5), L245 (1985).
- [29] W. H. Hirshwald, *Current Topics in Materials Science*, Vol (7), pp. 143-482 (1981)
- [30] F. Tinjoux, Thèse de doctorat, université Joseph Fourier, Grenoble I (2003).

- [31] P. Baranski, V. Klotchkov, I. Potykévitch, Aide-mémoire, Deuxième partie, Editions de Moscou, (1978)
- [32] J. Tranchant, « Etude de couches minces déposées par pulvérisation magnétron post-ionisée pour l'ingénierie de contraintes – cas du mocr et de nano-canaux de carbone », thèse de doctorat, université de Nantes, 2007.
- [33] Pere Roca i Cabarrocas, Thèse de Doctorat, Paris VII (1988).
- [34] P. Baranski, V. Klotchkov, I. Potykévitch, Aide-mémoire, Deuxième partie, Editions de Moscou, (1978)
- [35] J. Tranchant, « Etude de couches minces déposées par pulvérisation magnétron post-ionisée pour l'ingénierie de contraintes – cas du mocr et de nano-canaux de carbone », thèse de doctorat, université de Nantes, 2007.
- [36] D. Song, P. Widenborg, W. Chin, A. G. Aberl, Sol. Energ. Mater. Sol. Cells 73 (2002) 1.
- [37] Pere Roca i Cabarrocas, Thèse de Doctorat, Paris VII (1988).
- [38] D. Song, P. Widenborg, W. Chin, A. G. Aberl, Sol. Energ. Mater. Sol. Cells 73 (2002) 1.
- [39] N. Fathy, R. Kobayashi, M. Ichimura, Mater. Sci. Eng. B., **107**, 271 (2004).
- [40] K. Manzor, S.R. Vadera, N. Kumar, T.R.N. Kutty, Mater. Chem. Phys. 82 (2003) 718.
- [41] T. Nakada, M. Mitzutani, Y. Hagiwara, A. Kunioka, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 67 (2001) 255
- [42] Hu, C., White, R.M. (1983) “Solar Cells From Basic to Advance System”, McGraw Hill Inc., New York, p. 207.
- [43] G.C. Puente, O. Vigil, M.O. Lopez, A.M. Acevedo, J. Vidal, M.L.A. Aguilera, Thin Solid Films 378 (2000) 361
- [44] Ogura T, Mikami A, Tanaka K, Taniguchi K, Yoshida M, Nakajima S. Appl Phys Lett 48 (1986) 1570.
- [45] Lewis JS, Davidson MR, Holloway PH. J Appl Phys 92(2002)6646.
- [46] Zhang J, Yang X, Li S, Wang D, Qian Y. J Cryst Growth 220(2000)231.
- [47] Fujiwara H, Hosokawa H, Murakoshi K, Wada Y, Yanagida S. Langmuir 14(998) 5154
- [48] <http://www.microelectronique.univ-rennes1.fr/fr/chap8c.htm>

- [49] M. Othmane, « dépôt et caractérisation des couches minces d'oxyde de zinc par spray pyrolyse ultrasonique », mémoire de magister, université Biskra, 2010.
- [50] O. Daranf, « élaboration et caractérisation des couches minces de sulfure de zinc préparées par spray ultrasonique », mémoire de magister, université Constantine.
- [51] B. M. Ataev, A. M. Bagamadova, V. V. Madov, A. K. Omaev, M. R. Rabadanov, *J. Cryst. Growth* 198-199 (1999) 1222
- [52] S. Sapra, N. Shanti, D. D. Sarma, *Phys. Rev. B* 66, 205202 (2002).
- [53] X. D. Gao, X. M. Li, W. D. Yu, *Thin Solid Films* 468 (2004) 43.
- [54] X. D. Gao, X. M. Li, W. D. Yu, *Thin Solid Films* 468 (2004) 43.
- [55] A. Bouhalouane, « Elaboration et caractérisation de couches minces piézoélectrique d'oxyde de zinc obtenue par pulvérisation cathodique pour les applications SAW », thèse de magister, université des sciences et de la technologie d'Oran (2003).
- [56] F. Gode, C. Gumus, M. Zora *Journal of Crystal Growth* 299 (2007) 136–141.
- [57] Ogura T, Mikami A, Tanaka K, Taniguchi K, Yoshida M, Nakajima S. *Appl Phys Lett* 48 (1986) 1570.
- [58] Lewis JS, Davidson MR, Holloway PH. *J Appl Phys* 92(2002)6646.
- [59] Bui T.H., Dégénération photocatalytique des principaux composés azoïques présents dans les effluents aqueux, issus de l'industrie textile, Thèse de l'Université Claude Bernard-Lyon 1, 2005.
- [60] Amalric L., Guillard C., Blanc-Brude E., Pichat P., Correlation between the photocatalytic degradability over TiO₂ in water of meta and para substituted methoxybenzenes and their electro density, hydrophobicity and polarizability properties, *Wat Research*, 1996, 30, p. 1137.
- [61] Guillard C., Horokoshi S., Watanabe N., Hidaka H., Pichat P., Photocatalytic degradation mechanism for heterocyclic derivatives of triazolidine and triazole, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 2002, 179, p. 155.
- [62] S. Menakh, « Contribution à l'étude des propriétés de films ZnO », mémoire de magister, université Constantine, 2010.
- [63] D.E. Bornside, C.W. Masks, L.E. Scriven, *J. Imaging Technol.* 13 (1987) 122

- [64] J.Cheng, D.B. Fan, H. Wang, B.W. Liu, Y.C. Zhangand, H.Yan, J. Semicond. Sci. Technol. 18, 676–679 (2003).
- [65] Henni, A., Merrouche, A., Telli, L., & Karar, A. (2016). Studies on the structural, morphological, optical and electrical properties of Al-doped ZnO nanorods prepared by electrochemical deposition. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 763, 149-154.
- [66] Zaman, M. B., Chandel, T., Dehury, K., & Rajaram, P. (2018, May). Synthesis and characterization of spin-coated ZnS thin films. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1953, No. 1, p. 100066). AIP Publishing LLC.
- [67] T. Chandel, J. Singh and P. Rajaram, AIP Conf. Proc. 1675, 0200321-0200324 (2015).
- [68] Baranowska-Korczyc, A., Kościński, M., Coy, E. L., Grześkowiak, B. F., Jasiurkowska-Delaporte, M., Peplińska, B., & Jurga, S. (2018). ZnS coating for enhanced environmental stability and improved properties of ZnO thin films. *RSC advances*, 8(43), 24411-24421

Résumé

Ce travail de thèse a concerné l'élaboration et la caractérisation des couches minces ZnS par la méthode sping coating pour des applications en photo catalyse des polluants organiques

Nous décrivons les conditions expérimentales. et expliqué système de dépôt utilisé pour la fabrication des couches de ZnS par spin coating.

Le procédé de spin-coating décrit par quatre étapes. Tout d'abord, un excès de sol est déposé sur le substrat immobile. Puis le substrat est mis en rotation et le liquide s'étale. L'excès de liquide déposé est éjecté par la force centrifuge et l'épaisseur du dépôt est en fonction de la vitesse de rotation du substrat et du temps du dépôt.

Le travail avait pour objectif la déposition des couches minces semi-conductrices sur des substrats de verre par la technique de Spin-Coating pour améliorer la qualité et les propriétés des couches minces.

Dans ce manuscrit, nous avons exposé toutes les étapes suivies dans la réalisation des couches minces à base de ZnS. Nous estimons que la méthode spin-coating donne d'assez b Nous estimons que la méthode spin-coating donne d'assez bons résultats.

Mots Clés : ZnS, Couche Mince, Spin coating

تلخيص

اهتم هذا العمل البحثي بتطوير وتوصيف الأغشية الرقيقة لكبريتات الزنك بطريقة الطلاء السريع للتطبيقات في التحفيز الضوئي للملوثات العضوية

نصف الظروف التجريبية وشرح نظام الترسيب المستخدم لتصنيع طبقات كبريتات الزنك عن طريق الطلاء الدوران

وصفت عملية الطلاء بالدوران بأربع خطوات. أولاً ، تترسب التربة الزائدة على الركيزة الثابتة. ثم يتم تدوير الركيزة وينتشر السائل ، ويتم إخراج السائل الزائد المترسب بواسطة قوة الطرد المركزي وتكون سماكة الرواسب دالة على سرعة دوران الركيزة ووقت الإيداع.

كان الهدف من العمل هو ترسيب أغشية رقيقة من أشباه الموصلات على ركائز زجاجية باستخدام تقنية طلاء الدوران لتحسين جودة و خصائص الاغشية الرقيقة

لقد كشفنا في هذه المخطوطة عن جميع الخطوات المتبعة في إنتاج الأفلام الرقيقة القائمة على مادة كبريتات الزنك نعتقد أن طريقة الطلاء بالدوران تعمل بشكل جيد الى حد ما

الكلمات المفتاحية كبريتات الزنك الاغشية الرقيقة المحفز الضوئي الطلاء الدوراني

Abstract

This thesis work concerned the development and characterization of ZnS thin films by the spin coating method for applications in photo catalysis of organic pollutants

We describe the experimental conditions and explain the deposition system used for the manufacture of ZnS layers by spin coating.

The spin-coating process described by four steps. First, excess soil is deposited on the stationary substrate. Then the substrate is rotated and the liquid spreads. The excess liquid deposited is ejected by centrifugal force and the thickness of the deposit is a function of the speed of rotation of the substrate and the time of the deposit.

The objective of the work was the deposition of thin semiconductor films on glass substrates by the Spin-Coating technique to improve the quality and properties of thin films.

In this manuscript, we have exposed all the steps followed in the production of thin films based on ZnS. We believe that the spin-coating method gives fairly good results. We believe that the spin-coating method works fairly well.

Keywords: Zns, Thin Film, Spin coating, photocatalyst