



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة العربي التبسي - تبسة -
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة
قسم : علوم المادة



مذكرة ماستر
الميدان: علوم المادة
الشعبة: فيزياء
التخصص: فيزياء المواد
الموضوع:

تأثير مذبيات مختلفة على الخصائص الضوئية لشرائح رقيقة لأكسيد
الزنك المحضرة بطريقة الرش مع الانحلال الحراري

من تقديم :

بخوش دنيا

معلم منية

أمام اللجنة المكونة من:

زواي سهيلة أستاذ محاضر - أ- جامعة العربي التبسي - تبسة - رئيسا
فردي عبد الحميد أستاذ محاضر - ب- جامعة العربي التبسي - تبسة - مؤظرا
هريسي لعبيدي أستاذ محاضر - أ- جامعة العربي التبسي - تبسة - ممتحنا

تاريخ المناقشة: 2020/09/15



Université Larbi Tébessi- Tébessa

Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie

Département : sciences de la matière

Filière : physique

Spécialité : physique des matériaux

Année universitaire 2019/2020



Formulaire de levée de réserves après soutenance d'un Mémoire de Master

Données d'identification du candidat (e) :

Nom et prénom du candidat : Minia - Boualem

Intitulé du Sujet : تأثير منبهات حركية على الخصائص الميكانيكية

لشرايين رتيبة كبد الفئران المحترقة بكميات مختلفة من زيت الخردل

Données d'identification du membre de jury :

Nom et prénom : زواوي د. هادي

Grade : أستاذ مساعد

Lieu d'exercice : Université Larbi Tébessi- Tébessa

Vu le procès-verbal de soutenance du mémoire sus citée comportant les réserves suivantes :

إعطاء بعض الملاحظات حول الشكل العام للمذكرة

Et après constatation des modifications et corrections suivantes :

قد تم تصحيح هذه الملاحظات

Je déclare en ma qualité de président de jury de soutenance que le mémoire cité remplit toutes les conditions exigées et permet au candidat de déposer son mémoire en vue de l'obtention de l'attestation de succès.

Le 23/11/2020

Président de jury de soutenance : (Nom/Prénom et signature)

Zouari Hadi



Déclaration sur l'honneur de non-Plagiat
(À joindre obligatoirement au mémoire; Remplie et signée)



Nous soussignons

Nom, prénom: Mounia Maalem & Dounia Bekhauche

N° de carte d'étudiant: (1) 34021266 (2) 34020295

Régulièrement inscrits (es) en **Master au Département Sciences de la Matière**

Année universitaire: **2019/2020**

Domaine: **Sciences de la matière**

Filière: **Physique**

Spécialité: Physique des matériaux

Intitulé du mémoire:

تأثير مذبذبات مختلفة على الخصائص الفيزيائية لثلاث رقيقة
لأسبيل التراك الحديثة بظلمة الرشيح مع، في ظل البراري

Attestons que notre mémoire est un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Nous certifions également que nous n'avons ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article, ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Sanctions en cas de plagiat prouvé:

Les étudiants seront convoqués devant le conseil de discipline, les sanctions prévues selon la gravité du plagiat sont:

- L'annulation du mémoire avec possibilité de le refaire sur un sujet différent.
- L'exclusion d'une année du master.
- L'exclusions définitive.

251 أكتوبر 2020

Fait à Tébessa, le:

Signature des étudiants (es):

(1): [Signature]

(2): [Signature]

ملخص

قمنا في هذا العمل بتحضير شرائح رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) بطريقة الرش مع الانحلال الحراري، على ركائز من الزجاج المسخن (400°C). و هذا باستخدام عدة مذيبات لمحلول الرش (ماء مقطر وإيثانول وميثانول).

من ثم درست الخصائص الضوئية بواسطة مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية، لنستنتج أن جميع الشرائح الرقيقة المحضرة لها شفافية أكبر من 70% في المجال المرئي، وأن الشريحة الرقيقة المحضرة باستعمال الميثانول كمذيب تمتلك شفافية أكبر بالمقارنة مع الشرائح الأخرى.

و من أهم النتائج المتحصل عليها قيم الفاصل الطاقى للشرائح و هي 3.25 eV (المذيب: ماء مقطر) و 3.26 eV (المذيب: إيثانول) و 3.28 eV (المذيب: ميثانول)، أما طاقة أورباخ المحسوبة فتحقق التغير العكسي لها مع قيم الفاصل الطاقى.

الكلمات المفتاحية: ZnO، شرائح رقيقة، الرش مع الانحلال الحراري، النفاذية الضوئية.

Résumé

Dans ce travail nous avons élaboré des couches minces de ZnO par la méthode de spray pyrolyse, déposées sur des substrats de verre chauffés (400°C). On a utilisé des solvants différents (eau distillée, méthanol et éthanol) pour la solution de la pulvérisation.

Les propriétés optiques ont été étudiées à l'aide de la spectroscopie UV-Visible. Toutes les couches minces ont une transparence supérieure à 70% dans le domaine du visible. La couche mince élaborée par le solvant méthanol est de meilleure transmission comparativement avec les autres couches.

Les valeurs du gap optique des couches sont 3.25eV (solvant: eau distillée), 3.26eV (solvant: éthanol) et 3.28eV (solvant: méthanol). L'énergie d'Urbach calculée varie inversement avec l'énergie du gap optique.

Mots Clés:ZnO, Couches minces, Spray pyrolyse, Transmission.

Abstract

In this study, we have prepared ZnO thin films by the spray pyrolysis technique, deposited on glass substrates heated (400 °C). Different solvents (distilled water, methanol and ethanol) were used for the spray solution.

The optical properties were studied using UV-Visible spectroscopy. All thin films have a transparency greater than 70% in the visible region. The film prepared by methanol solvent has better transmission compared with the other films.

The values of the optical gap are 3.25 eV (solvent: distilled water), 3.26 eV (solvent: ethanol) and 3.28eV (solvent: methanol). The calculated Urbach energy varies inversely with the energy of the optical gap.

Key-words:ZnO, Thin films, Spray pyrolysis, Transmission.

إهداء

الحمد لله الذي هداني ووفقني في إنجاز هذا العمل وها قد وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقة... وها أنا أختتم بحث تخرجي بكل همة ونشاط.

إلى من أفضلها على نفسي ولم لا فلقد ضحت من أجلي فهي كانت الأب والأم في آن واحد ولم تدخر جهدا في سبيل إسعادي على الدوام "أمي الحبيبة"

إلى خالد الذكر الذي وافته المنية وكان خير مثال لرب الأسرة "أبي الموقر"

إلى أختي الكبرى فهي كانت بمثابة الأم الثانية "كريمة" إلى أخي الوحيد "شوقي" سند حياتي فلقد كانوا بمثابة العضد والسند في سبيل استكمال البحث

إلى من شاركتني هذا العمل صديقتي ورفيقة دربي "بخوش دنيا" التي ساندتني طوال المشوار الدراسي

إلى صديقاتي وأصدقائي بل عائلتي الثانية "نسرين و نجبية و وهيبة وفاطمة و يونس"

إلى أعز من عرفتهم في هذه الحياة...

معلم منية

إهداء

الحمد لله الذي هداني ووفقني في إنجاز هذا العمل

إلى من علمني الصبر النجاح ...إلى من علمني العطاء بدون إنتظار "أبي
الحنون".

إلى تاج راسي ونبراس طريقيإلى من كان دعائها سر نجاحي "أمي
الغالية".

إلى زوجي الذي شاركني حزني وفرحتي "حافي يوسف".

إلى من جمعتني معهم أسمى المشاعر و أوثق الروابطإلى الذين شاركوني
حزني وفرحتيإلى رمز الأئس و التعاون إخوتي ... "معاوية ومروى و مريم و
هندة و أسماء و حبيب ثوبان".

إلى رفيقة دربي صديقتي العزيزة، المخلصة و الوفية "معلم منية".

إلى اللواتي قاسمنني مشواري الدراسي فكن لي نعم الصديقات

إلى كل من يقتنع بفكرة فيدعو إليها و يعمل على تحقيقها ليبيغي بها وجه الله و منفعة
للناس

بخوش دنيا

شكر و تقدير

الحمد لله الذي يسر أمرنا ووقفنا في عملنا وحقق أمانينا، و الصلاة والسلام على نبي الرحمة محمد وآله و صحبه أجمعين

نتقدم بالشكر الجزيل و العرفان الجميل إلى أستاذنا المشرف على المذكرة " فردي عبد الحميد" لما قدمه لنا من متابعة و نصح و توجيه فجزاه الله خير الجزاء، ووقفه لما يرضاه وأبلغه غايته ومبتغاه إن شاء الله.

كما نخص بالذكر أعضاء لجنة المناقشة بقسم علوم المادة، كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعية والحياة، جامعة العربي التبسي-تبسة: الأستاذة "زواي سهيلة" أستاذة محاضرة أ، على قبولها ترأس لجنة المناقشة، و الأستاذ " هريسي لعبيدي " أستاذ محاضر أ على قراءة و مناقشة هذه المذكرة.

كما نتقدم بخالص الشكر و التقدير إلى كل من مد لنا يد العون والمساعدة من أساتذة و مخبريين و زملائنا في الدراسة و كل من نعرفهم.

الفهرس

1.....مقدمة عامة

الفصل الأول: عموميات حول الشرائح الرقيقة و مركب أكسيد الزنك

2.....1.I. الأكاسيد الناقلة الشفافة

3.....2.I. مفهوم الأغشية الرقيقة

3.....3.I. مبدأ ترسيب الأغشية الرقيقة

3.....1.3.I. حالة وسط النقل الصلب

3.....2.3.I. حالة وسط النقل السائل

3.....3.3.I. حالة وسط النقل الغازي أو الفراغ

3.....4.I. آليات نمو الأغشية الرقيقة

4.....1.4.I. مرحلة التنوي

4.....2.4.I. مرحلة الإلتحام

4.....3.4.I. مرحلة النمو

5.....5.I. تقنيات ترسيب الأغشية الرقيقة

6.....1.5.I. الطرق الفيزيائية

6.....أ. التبخير في الفراغ

7.....ب. الإقتلاع بالليزر

8.....ج. الرش المهبطي

9.....2.5.I. الطرق الكيميائية

9.....أ. تقنية ترسيب البخار الكيميائي

- 10.....ب.تقنية محلول-هلام.....
- 11.....ج. تقنية الرش مع الإنحلال الحراري.....
- 12.....ج.1. مبدأ عمل تقنية الرش مع الإنحلال الحراري.....
- 12.....ج.2. منظومة الرش مع الإنحلال الحراري.....
- 13.....ج.3. إيجابيات وسلبيات تقنية الرش مع الإنحلال الحراري.....
- 13.....6.I المركب ZnO وخصائصه وتطبيقاته.....
- 15.....1.6.I الخصائص الفيزيائية للمركب ZnO.....
- 15.....أ. البنية البلورية.....
- 16.....ب. الخصائص الإلكترونية للعصابات.....
- 17.....ج. الخصائص الكهربائية.....
- 17.....د. الخصائص الضوئية.....
- 18.....2.6.I العيوب البلورية في ZnO.....
- 19.....3.6.I تطبيقات الشرائح الرقيقة للمركب ZnO.....

الفصل الثاني: تحضير العينات وتقنية التحليل المستعملة

- 21.....1.II وصف الجهاز التجريبي.....
- 21.....2.II الخصائص الفيزيائية والكيميائية لخلات الزنك.....
- 22.....3.II مختلف مراحل تحضير العينات.....
- 22.....1.3.II تحضير الركائز ومحاليل الرش.....
- 22.....أ. إختيار الركيزة.....
- 23.....ب. تنظيف الركيزة.....
- 23.....ج. تحضير المحاليل.....
- 24.....3.2.II وصف تقنية الترسيب.....
- 24.....3.3.II شروط العمل التجريبي.....

| | |
|---------|---|
| 24..... | 4.II تقنيات التحليل لدراسة الخصائص الضوئية |
| | 1.4.II مبدأ عمل جهاز مطيافية الأشعة فوق بنفسجية |
| 25..... | والمرئية |
| 27..... | 2.4.II تحديد الفاصل الطاقى |
| 27..... | 3.4.II تحديد طاقة أورباخ (Urbach) |
| 28..... | 5.II طريقة قياس سمك الشرائح |

الفصل الثالث: النتائج التجريبية ومناقشتها

| | |
|---------|--|
| 30..... | 1.III مقدمة |
| 30..... | 2.III الخصائص الضوئية |
| 30..... | 1.2.III دراسة الشفافية للشرائح الرقيقة |
| 31..... | 2.2.III الفاصل الطاقى |
| 32..... | 3.2.III طاقة أورباخ (العشوائية) |
| 34..... | خلاصة عامة |
| 35..... | قائمة المراجع |

قائمة الجداول

| الصفحة | العنوان | جدول رقم |
|--|--|------------|
| الفصل الأول: عموميات حول الشرائح الرقيقة و مركب أكسيد الزنك | | |
| 4..... | شكل الغشاء الرقيق و بنيته في مراحل تشكله | جدول I.1 |
| 13..... | إيجابيات وسلبيات تقنية الرش مع الانحلال الحراري | جدول I.2 |
| 14..... | بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب ZnO | جدول I.3 |
| 18..... | بعض الخصائص الضوئية لأكسيد الزنك | جدول I.4 |
| الفصل الثاني: تحضير العينات وتقنية التحليل المستعملة | | |
| 22..... | بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأسيتات الزنك | جدول II.1 |
| 24 | الشروط التجريبية لتحضير الشرائح الرقيقة (ZnO) | جدول II.2 |
| الفصل الثالث: النتائج التجريبية ومناقشتها | | |
| 33..... | قيم النتائج التجريبية المتحصل عليها في الدراسة | جدول III.1 |

قائمة الأشكال

| شکل رقم: | العنوان | الصفحة |
|--|---|--------|
| الفصل الأول: عموميات حول الشرائح الرقيقة و مركب أكسيد الزنك | | |
| شکل I.1 | رسم تخطيطي يوضح أنماط نمو الطبقات الرقيقة..... | 5 |
| شکل I.2 | مخطط يبين مختلف أنواع طرق ترسيب الأغشية الرقيقة..... | 6 |
| شکل I.3 | رسم توضيحي لطريقة التبخير في الفراغ..... | 7 |
| شکل I.4 | رسم توضيحي لتقنية الاقتلاع بالليزر..... | 8 |
| شکل I.5 | رسم تخطيطي لطريقة الرش المهبطي..... | 9 |
| شکل I.6 | رسم تخطيطي لطريقة ترسيب البخار الكيميائي..... | 9 |
| شکل I.7 | رسم تخطيطي يوضح خطوات الترسيب بالغمس..... | 10 |
| شکل I.8 | رسم تخطيطي يوضح الترسيب بالدوران..... | 11 |
| شکل I.9 | رسم تخطيطي يوضح منظومة الرش مع الانحلال الكيميائي الحراري..... | 12 |
| شکل I.10 | تطور عدد المنشورات العلمية الخاصة ببعض المركبات (ZnO , In_2O_3 , SnO_2).. | 14 |
| شکل I.11 | أنواع البنى البلورية لمركب ZnO | 15 |
| شکل I.12 | رسم تخطيطي يبين خلية البنية السداسية للمركب ZnO | 16 |
| شکل I.13 | بنية عصابات الطاقة في المركب ZnO | 16 |
| شکل I.14 | طيف الامتصاص الضوئي لشريحة رقيقة ZnO | 18 |
| شکل I.15 | مخطط عصابات لأشباه النواقل بوجود عيوب في هذه المادة..... | 19 |
| شکل I.16 | شكل عام يوضح مختلف الطبقات (الشرائح الرقيقة) المكونة لخلية شمسية..... | 20 |

الفصل الثاني: تحضير العينات وتقنية التحليل المستعملة

- شكل II.1 الجهاز التجريبي المستخدم لتحضير الشرائح الرقيقة.....21
- شكل II.2 أكسيد الزنك.....22
- شكل II.3 مظهر محلول الرش (إذابة أكسيد الزنك في الميثانول بعد عملية الخلط بالتأثير المغناطيسي).....23
- شكل II.4 رسم تخطيطي لجهاز التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية.....26
- شكل II.5 جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (SHIMADZU UV-1700).....26
- شكل II.6 الطريقة البيانية لتحديد قيمة الفاصل الطاقى (E_g).....27
- شكل II.7 الطريقة البيانية لتحديد قيمة طاقة أورباخ (E_{00}).....28
- شكل II.8 حساب سمك شريحة رقيقة ZnO انطلاقاً من تغيرات الشفافية (شريحة محضرة باستعمال الماء المقطر كمذيب).....29

الفصل الثالث: النتائج التجريبية ومناقشتها

- شكل III.1 تغير الشفافية للشرائح الرقيقة بدلالة نوع المذيب المستعمل في تحضير الشرائح....31
- شكل III.2 تغير قيمة الفاصل الطاقى بدلالة نوع المذيب المستعمل في تحضير الشرائح.....32
- شكل III.3 تغير قيمة طاقة أورباخ بدلالة نوع المذيب المستعمل في تحضير الشرائح.....33

قائمة الرموز

TCO : الأكاسيد الناقلة والشفافة

ZnO : مركب أكسيد الزنك

SnO₂: ثاني أكسيد القصدير

Si: السيليسيوم

Pa: باسكال

CFC : شبكة مكعبة ممركرة الوجوه

σ : الناقلية الكهربائية

(hkl): فرائن ميلر

d_{hkl} : المسافة بين مستويين بلوريين متتاليين

α : معامل التمدد الحراري

3d: ثلاثي البعد

2d: ثنائي البعد

CVD: ترسيب كيميائي في الطور البخاري

PLCVD: الترسيب الكيميائي للأبخرة بواسطة البلازما

LPCVD: الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض

UHV-CVD: الترسيب الكيميائي للأبخرة في الفراغ العالي

E_g : الفاصل الطاقوي

E_{00} : طاقة أورباخ

α : معامل الامتصاص

T: الشفافية

λ : الطول الموجي

h ν : طاقة الفوتون

UV: فوق البنفسجي.

n: معامل الانعكاس

مقدمة عامة

مقدمة عامة

تعد دراسة المواد المرسبة بشكل أغشيه أو شرائح رقيقة للأكاسيد الناقلة والشفافة من الدراسات المهمة والضرورية وذلك لمعرفة العديد من خصائصها الفيزيائية والكيميائية التي يصعب الحصول علي خواصها بشكلها الطبيعي [1]. للأغشية الرقيقة للأكاسيد الناقلة والشفافة أهمية صناعية و تكنولوجية فهي تدخل في تطبيقات تقنية حديثة مثل صناعة الخلايا الشمسية وكواشف الأشعة الكهرومغناطيسية وفي التطبيقات البصرية [2].

أكسيد الزنك (ZnO) من بين المركبات المهمة التي تنتمي إلى عائلة الأكاسيد الناقلة والشفافة وذلك لامتلاكه خصائص ضوئية وكهربائية مثيرة للاهتمام بالإضافة إلى وفرة هذه المادة في الطبيعة التي ليست ضارة للمحيط (غير سامة وغير ملوثة للبيئة). الخصائص المهمة لهذا المركب جعلته بأن يستعمل في تطبيقات عديدة للشرائح الرقيقة كجمال الإلكترونيات والإلكترونيات الضوئية مثل صناعة الخلايا الشمسية وشاشات العرض السائلة والمتحسسات الغازية والكيميائية وفي السنوات الأخيرة أمكن تحضير شرائح رقيقة من أكسيد الزنك بعدة طرق فعالة واقتصادية منها طريقة الرش مع الانحلال الحراري والتبخير الحراري [3].

الهدف الرئيسي من هذه العمل هو دراسة تأثير مذيبات مختلفة (ماء مقطر و ميثانول و إيثانول) على الخصائص الضوئية لشرائح رقيقة (ZnO) محصل عليها بطريقة الرش مع الانحلال الحراري. تقنية التحليل التجريبية المستعملة هي مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية.

تحتوي هذه المذكرة على ثلاثة فصول. نقدم في الفصل الأول دراسة عامة لمختلف خصائص أكسيد الزنك (بنبوية وضوئية و كهربائية) وطرق تحضير الشرائح الرقيقة و كذلك مجال استخدام هذا المركب في التطبيقات الصناعية (شرائح رقيقة). الفصل الثاني يتضمن وصفا مفصلا للطريقة التي استخدمناها لتحضير الشرائح الرقيقة و الجهاز المستخدم لدراسة الخصائص الضوئية.في الفصل الأخير نعرض وناقش بالتفصيل نتائج قياسات الخصائص الضوئية للشرائح الرقيقة.

الفصل الأول

عموميات حول الشرائح الرقيقة و مركب أكسيد
الزنك

الفصل الأول: عموميات حول الشرائح الرقيقة و مركب أكسيد الزنك

إن مجال تطبيقات الشرائح (الأغشية) الرقيقة يعتبر مجال قديم لكنه يكتسي أهمية بالغة حيث شهد هذا المجال العديد من التطورات نتيجة وفرة الدراسات المتعلقة به، وتتجلى أهميته في توجه العديد من الجهود البحثية على هذا التخصص في السنوات الأخيرة، حيث أدت هذه البحوث إلى استعمال الشرائح الرقيقة في الكثير من المجالات التكنولوجية لتلبية الحاجيات الصناعية.

سنشرح في هذا الفصل إلى شرح مفهوم الشرائح الرقيقة ومبدأ ترسيبها، وأنواعها بالإضافة إلى التقنيات الفيزيائية والكيميائية لتشكيلها، وسنتطرق في الأخير إلى مجال تطبيقات الشرائح الرقيقة لأكسيد الزنك والخصائص الفيزيائية (كهربائية، ضوئية،...) لهذا المركب.

1.1. الأكاسيد الناقلة الشفافة

إن الأكاسيد الناقلة الشفافة (Transparent Conductives Oxides : TCO) عبارة عن أكاسيد معادن ويرمز لها بـ $M_x O_y$ حيث M تمثل الرمز الكيميائي للمعدن و O الرمز الكيميائي للأكسجين، x و y أعداد طبيعية. أكاسيد المعادن قد تكون بسيطة والتي تحتوي على معدن واحد مثل (ZnO ، SnO_2 ، CuO ، NiO ،...) و أخرى مركبة تحتوي على أكثر من معدن والتي نذكر من بينها: ($BaTiO_3$ ، $CdSb_2O_6$) [4].

إن الأكاسيد الناقلة الشفافة تمتلك فاصل طاقي عريض يتراوح في المجال eV [3 - 4] ويتغير حسب الطريقة المستعملة في ترسيبهم. بما أن هذه الأكاسيد تمتلك فاصل طاقي عريض من هذه الرتبة فإنها شفافة للضوء المرئي [5].

الأكاسيد الناقلة الشفافة هي أشباه نواقل تمتلك عدد كبير من المميزات التي تجعلها في غاية الأهمية في التطبيقات العلمية منها:

- ✓ تزايد ناقليتها الكهربائية بزيادة درجة الحرارة.
- ✓ تمتاز بحساسيتها الشديدة.
- ✓ الشفافية العالية في الأطوال الموجية المرئية والناقلية الكهربائية العالية [6].

2.I. مفهوم الأغشية الرقيقة

يطلق لفظ الغشاء الرقيق أو شريحة رقيقة على وصف طبقة واحدة أو عدة طبقات لا يتعدى سمكها المايكرو متر واحد ($1\mu\text{m}$) أو عدة نانومترات و لكونها رقيقة وهشة سهلة الكسر يجب ترسيبها على ركيزة صلبة مثل: الزجاج أو السيليسيوم وغيرها حسب طبيعة المادة، وهي عبارة عن ترتيب عناصر ما في بعدين (مستوي)، بحيث يكون البعد الثالث صغيرا جدا يعرف هذا البعد بالسمك يتغير من مادة لأخرى وذلك تبعاً للخواص الفيزيائية لهذه المواد. سمكها المتناهي في الصغر وكبر نسبة السطح إلى الحجم منحنتها تركيباً فيزيائياً فريداً يضاهي تركيب أحادية البلورة أحياناً ويفوقها أحياناً فهي من أهم التقنيات التي ساهمت في تطوير أشباه الموصلات [7].

3.I. مبدأ ترسيب الأغشية الرقيقة

لترسيب غشاء رقيق على سطح ركيزة صلبة يجب أن تمر جسيمات المادة المكونة للغشاء عبر وسط ناقل بحيث يكون هذا الوسط في إتصال مباشر مع الركيزة وبفضل قوى فاندر والز (Vander Waals) تتماسك جسيمات هذه المادة على الركيزة أو تتفاعل كيميائياً مع الركيزة حيث تكون هذه الجسيمات إما أيونات أو جزيئات أو قد تكون ذرات، أما بالنسبة للوسط فقد يكون صلب أو سائل أو غاز أو في الفراغ [8].

1.3.I. حالة وسط النقل الصلب

تكون الركيزة في تماسك مع المادة المراد ترسيبها. تنتشر فقط على الركيزة لتشكل غشاء رقيقاً وغالباً ما يكون عن طريق الإتصال بين الجسيمات صعب جداً [9].

2.3.I. حالة وسط النقل السائل

تعتبر هذه الطريقة سهلة نسبياً وذلك لتنوع طرق الترسيب وكمثال على ذلك طريقة محلول-هلام.

3.3.I. حالة وسط النقل الغازي أو الفراغ

وهو الوسط الأكثر استخداماً مثل الترسيب الكيميائي للأبخرة (CVD) و يختلف الوسط الغازي عن وسط الفراغ في قيمة المسار الوسطي الحر.

4.I. آليات نمو الأغشية الرقيقة

مختلف طرق الترسيب المستخدمة تتضمن ثلاث مراحل أساسية [10]:

- ✓ تحضير المواد المناسبة للترسيب حسب نوع طريقة التحضير.
- ✓ نقل المواد المراد ترسيبها إلى الركيزة.
- ✓ التكتيف علي الركيزة إما بطريقة مباشرة أو عن طريق التفاعل الكيميائي، وهذه المرحلة تنقسم بدورها إلى ثلاث مراحل:

1.4.I. مرحلة التنوي

في هذه المرحلة تظهر علي الواجهة العلوية للركيزة تجمعات أو جزر عناصر صغيرة من المادة المرسبة، أي تصطدم الذرات مع بعضها البعض عندما تصل حجم معين تصبح جزر مستقرة ديناميكيا حراريا.

2.4.I. مرحلة الإلتحام

تتميز هذه المرحلة بالإلتحام الجزر مع بعضها البعض تاركة ثقوبا أو أبعاد صغيرة بينهما ومن العوامل التي تسرع الإلتحام وتكثف الجزر مع بعضها البعض زيادة درجة حرارة الركيزة.

3.4.I. مرحلة النمو

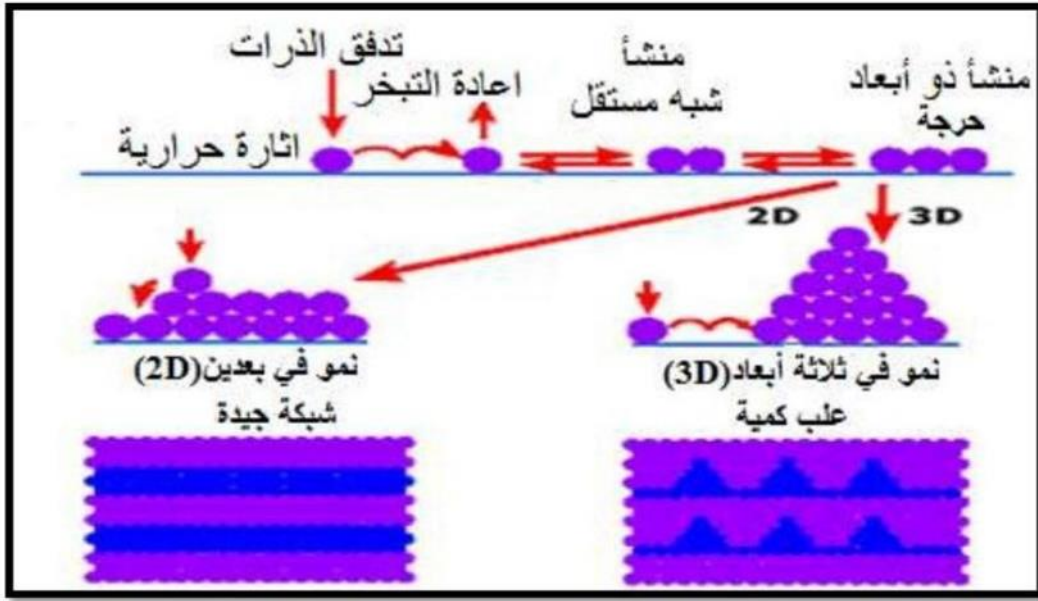
تعد هذه المرحلة هي الخطوة الأخيرة في عملية تشكيل الأغشية الرقيقة. يتم تشكيل طبقة مستمرة عن طريق تجمع جزر بحيث تزداد حجم الجزر ويزداد إقترابها من بعضها مشكلة غشاء رقيق على سطح الركيزة ويفصل بينهما مايسمى بحدود الحبيبات.

جدول 1.I. شكل الغشاء الرقيق و بنيته في مراحل تشكله [11].



أما في ما يخص تصنيف أنماط النمو فقد لوحظ تجريبيا ظهور ثلاث أنماط لنمو الطبقات الرقيقة [12]:

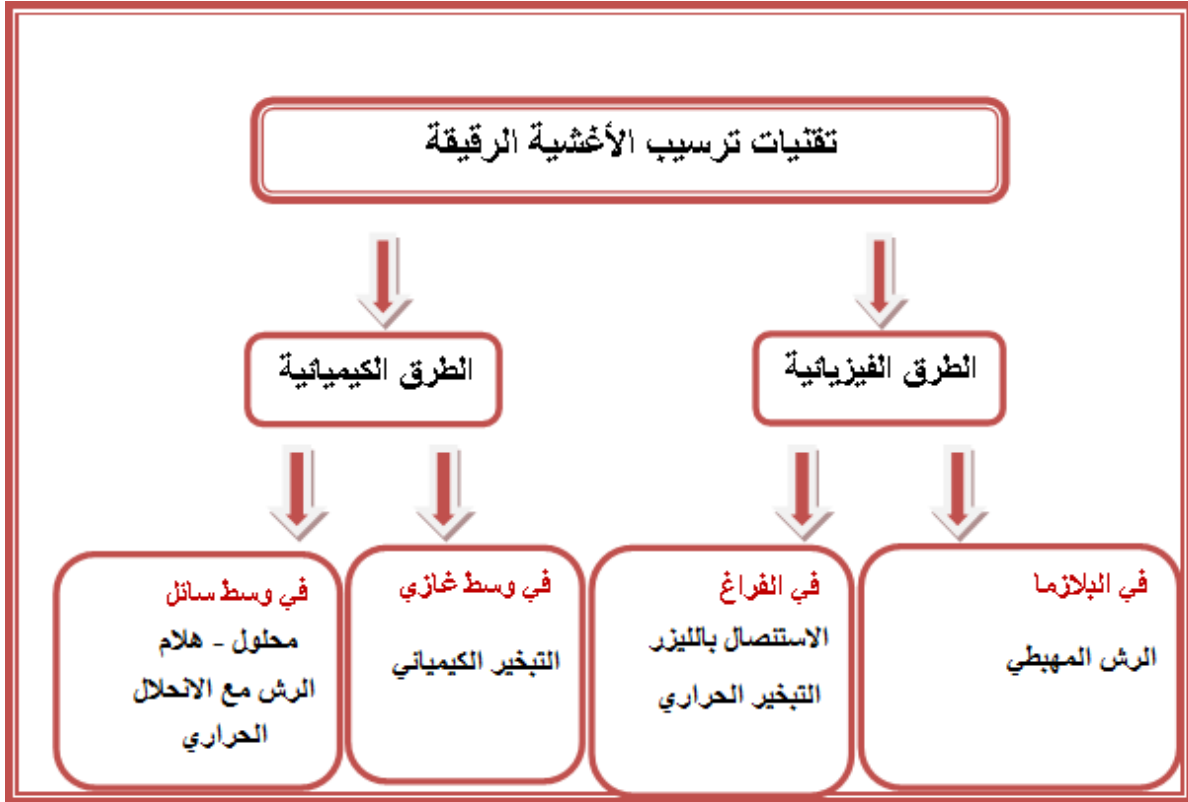
- ✓ نمط نمو ثنائي الأبعاد (2D) يتم فيه ترسيب الذرات طبقة فوق أخرى على الركيزة ويدعى عادة بنمط (Frank-van der Merw).
- ✓ نمط نمو ثلاثي الأبعاد (3D) وفيه تنمو الطبقات الرقيقة عموديا فوق سطح الركيزة على شكل مجموعات ويسمى نمط (Volmer-Weber).
- ✓ نمط مختلط و يسمى عادة نمط (Stranski-Krastanov) وهو عبارة عن مزيج بين النمطين السابقين وتوضح هذه الأنماط في الشكل 1.I.



شكل 1.I. رسم تخطيطي يوضح أنماط نمو الطبقات الرقيقة [13].

5.I. تقنيات ترسيب الأغشية الرقيقة

تعددت طرق تحضير الأغشية الرقيقة بزيادة التطور العلمي والتكنولوجي وتطورت وتعقدت الأجهزة المستخدمة في تحضيرها وأصبحت لكل طريقة من طرق تحضير الأغشية مميزات خاصة لتؤدي الغرض المطلوب. إن إحدى الطرق التي تم فيها تحضير الأغشية باستخدام المحاليل الكيميائية هي طريقة الرش الكيميائي مع الانحلال الحراري والتي هي محل دراستنا. الشكل الموضح أدناه يعطي تصنيف لطرق ترسيب الأغشية الرقيقة وتصنف إلى نوعين وهما الطرق الفيزيائية و الطرق الكيميائية.



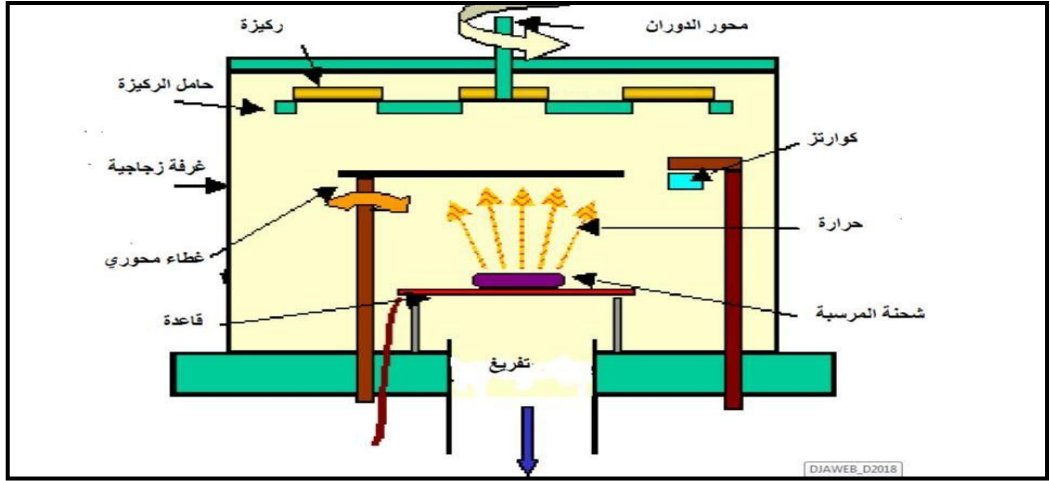
شكل 2.1. مخطط يبين مختلف أنواع طرق ترسيب الأغشية الرقيقة [14].

1.5.1. الطرق الفيزيائية

يمكن استخدام طرق فيزيائية لترسيب مجموعة من المواد بما في ذلك الأكاسيد الناقلة الشفافة وتوجد عدة طرق منها:

أ. التبخير في الفراغ

تعد هذه الطريقة من الطرق المناسبة التي يمكن بواسطتها الحصول على خواص جيدة للغشاء المتكون. تحضر الأغشية بوضع المادة المراد تبخيرها في حوض تحت ضغط منخفض جدا (أقل من 10^{-2} torr) [15]، حيث تختلف هذه الضغوط باختلاف المواد المستخدمة لتحضير الأغشية، ثم تسخن هذه المادة إلى درجة أكبر من درجة حرارة الانصهار وذلك بإمرار تيار كهربائي عالي الشدة، ونتيجة لذلك تتبخر المادة وتترسب على القاعدة مكونة غشاء رقيقا كما هو موضح في الشكل 3.1. تعد هذه الطريقة ملائمة أكثر لتبخير المعادن و أشباه النواقل.

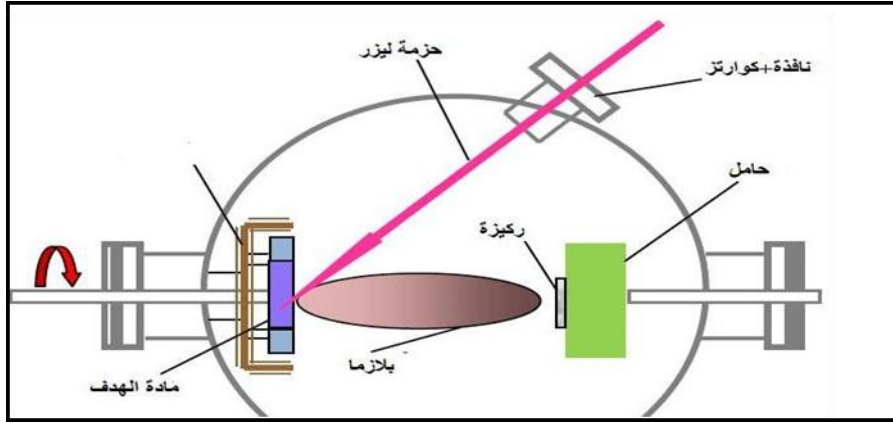


شكل I.3. رسم توضيحي لطريقة التبخير في الفراغ [16].

ب. الإقتلاع بالليزر (الإنتزاع أو الإستئصال)

إن مبدأ ترسيب طبقات رقيقة بهذه الطريقة بسيط نسبياً، حيث يوضع الهدف (المادة المراد ترسيبها) في حاوية ذات فراغ عالٍ أو في وجود غازات مثل الأكسجين خاصة عند ترسيب طبقات من الأكاسيد. تكون الركيزة موضوعة على التوازي ومقابلة للهدف. يتم إرسال حزمة ليزر مكثفة ذات طاقة كبيرة عبر نافذة على هدف بحيث تكون استطاعتها عالية تتسبب في اقتلاع ذرات مادة الهدف وتحويلها إلى بلازما أو تشكيل سحابة من المادة المقتلعة التي تترسب على الركيزة الساخنة وهذا من أجل توفير الطاقة اللازمة لتحفيز تبلور الطبقة الرقيقة. تعتمد طبيعة ونوعية الإيداع على العديد من المعايير (طاقة الليزر ودرجة حرارة الركيزة،...). في جميع الحالات من الضروري التحكم في نقل الأنواع من الهدف إلى الركيزة [17].

- ✓ يتعلق الطول الموجي لليزر على نوع مادة الهدف
- ✓ الشرائح المحضرة بهذه التقنية لها تبلور وخصائص بنيوية و ضوئية جيدة ويرجع ذلك إلى انخفاض وجود العيوب وزيادة حجم الحبيبات [18]. تعتبر التكلفة الكبيرة هي السبب الرئيسي الذي يحد من استعمال هذه التقنية بكثرة.



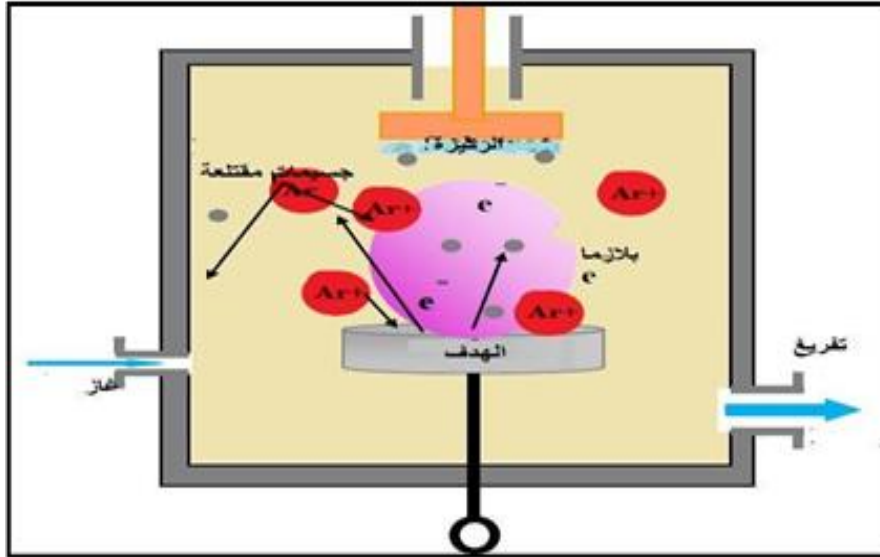
شكل I.4. رسم توضيحي لتقنية الاقتلاع بالليزر [16].

ج. الرش المهبطي

يرتكز مبدأ هذه الطريقة في قصف سطح الهدف الذي يمثل المادة المراد ترسيبها (المهبط) بأيونات غير متفاعلة التي يتم إنشاؤها في البلازما وتكون عمومًا أيونات Ar^+ . يتم تطبيق جهد كهربائي كافٍ بين قطبين، تحت ضغط منخفض ($\approx 10^{-6}$ torr) يتسبب في تأين ذرات الغاز وإنشاء بلازما تقريغ. يمكن استعمال أنواع مختلفة من التقريغ (تقريغ مستمر (DC) أو متناوب (RF)).

الأيونات الموجبة الموجودة في البلازما تنجذب من طرف المهبط (الهدف) تحت تأثير الحقل الكهربائي وتتصادم معه. يرجع فعل الرش بشكل أساسي إلى تحويل طاقة الأيونات الواردة إلى ذرات سطح المادة المراد قصفها و يحدث نزع الذرات عندما تتجاوز هذه الطاقة المحولة طاقة ربط الذرات. الذرات المنزوعة أو المقتلعة تترسب بعد ذلك على سطح الركيزة المسخنة في درجة حرارة مرتفعة لتكوين الشريحة (شكل I.5).

من المميزات المهمة لتقنيات الرش أنها تستخدم لترسيب أنواع مختلفة من المواد (المعادن ، المواد العازلة ، ...)، لكن مع سرعة بطيئة لتكوين الطبقات وعدم تجانس في السمك على كامل مساحة السطح [19]. نشير إلى أنه لترسيب الطبقات العازلة (عازلة للكهرباء) يتم استخدام الرش مع استعمال تواترات أمواج راديوية من أجل الحفاظ على التقريغ.



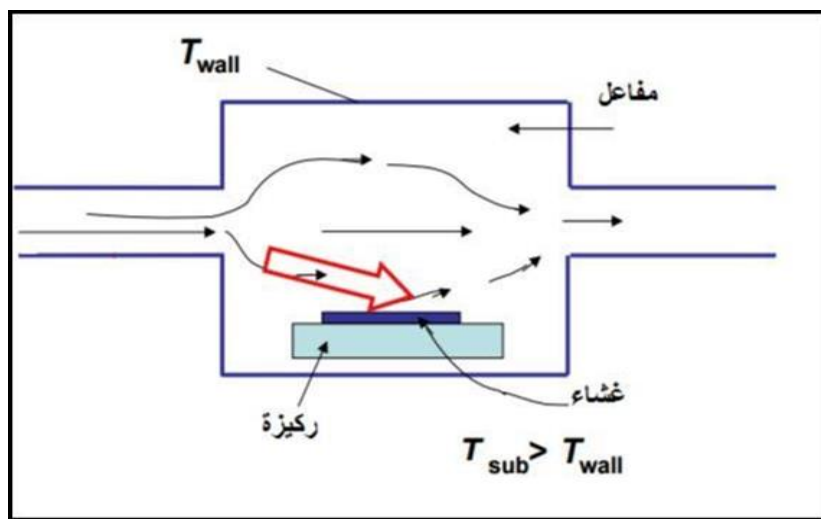
شكل I.5. رسم تخطيطي لطريقة الرش المهبطي [16].

2.5.I الطرق الكيميائية

توجد عدة طرق كيميائية لترسيب الأغشية الرقيقة ونذكر من بينها:

أ. تقنية ترسيب البخار الكيميائي

تستخدم هذه الطريقة في عدد كبير من المجالات منها مجال النواقل والعوازل بالإضافة إلى الإستعمال الكبير في مجال أنصاف النواقل حيث تمكن من تشكيل أو ترسيب أغشية رقيقة نقية على سطح الركيزة (شكل I.6). عند التفاعل الكيميائي للأبخرة مع بعضها البعض (بخار المادة مع غازات أو سوائل أو مع أبخرة أخرى) مع سطح الركيزة المسخنة ($300 - 500 \text{ }^\circ\text{C}$) فإنه ينتج عن هذا التفاعل نواتج تنرسب تدريجيا على الركيزة مكونة الغشاء الرقيق [20].



شكل I.6. رسم تخطيطي لطريقة ترسيب البخار الكيميائي [21].

إن هذه الطريقة تتطلب درجة حرارة عالية لتلبية إحتياجات التفاعل الكيميائي بينما الإحتياجات الصناعية تفضل درجة حرارة منخفضة لهذا تحتاج إلى بعض التحسينات لتخفيض درجة الحرارة نذكر منها

- الترسيب الكيميائي للأبخرة بواسطة البلازما (PLCVD (Plasma Assisted CVD) [22].
- الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض (LPCVD (Low Pressure CVD) [23].
- الترسيب الكيميائي للأبخرة في الفراغ العالي (UHV-CVD (Ultra-high vacuum CVD) [24].

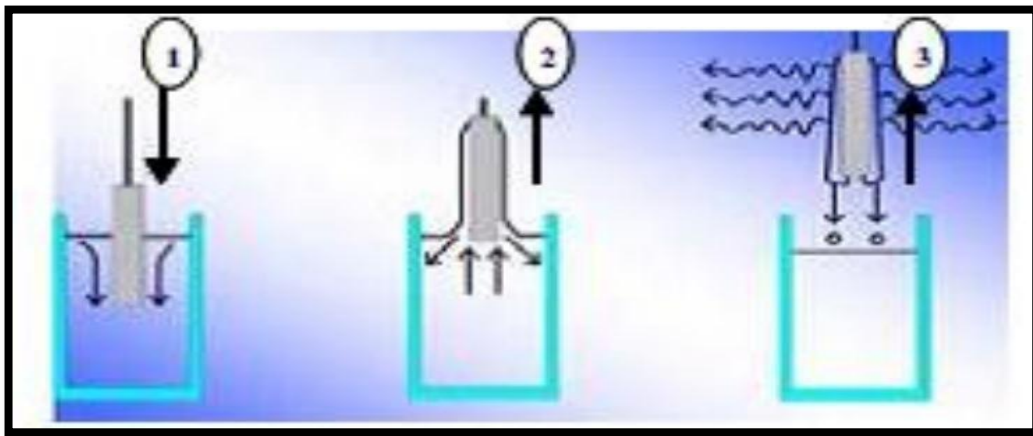
ب. تقنية محلول-هلام

استعملت تقنية محلول-هلام في دراسات كثيرة خلال العقود الثلاثة الماضية بشكل كبير، فالمواد التي أنتجت بهذه التقنية استعملت في الكثير من التطبيقات في مختلف المجالات مثل: صناعة الزجاج والشرائح الرقيقة، حيث في هذه التقنية يمكن تشكيل الشرائح الرقيقة انطلاقاً من محلول يحتوي على متفاعلات بإحدى الطريقتين [25]:

• طريقة الغمس (الغمر)

تعتمد هذه الطريقة بغمس الركيزة في المحلول لمدة معينة ثم تسحب الشريحة بسرعة ثابتة بدون إهتزاز حتى تتولد شريحة رقيقة على سطحها، حيث أن لزوجة السائل دور في تحديد الخواص المورفولوجية بحيث يتأثر سمك الطبقة الرقيقة المتكونة بسرعة الغمس وإخراج الركيزة من المحلول. ولهذه الطريقة ثلاث خطوات أساسية يوضحها الشكل I. 7 وهي:

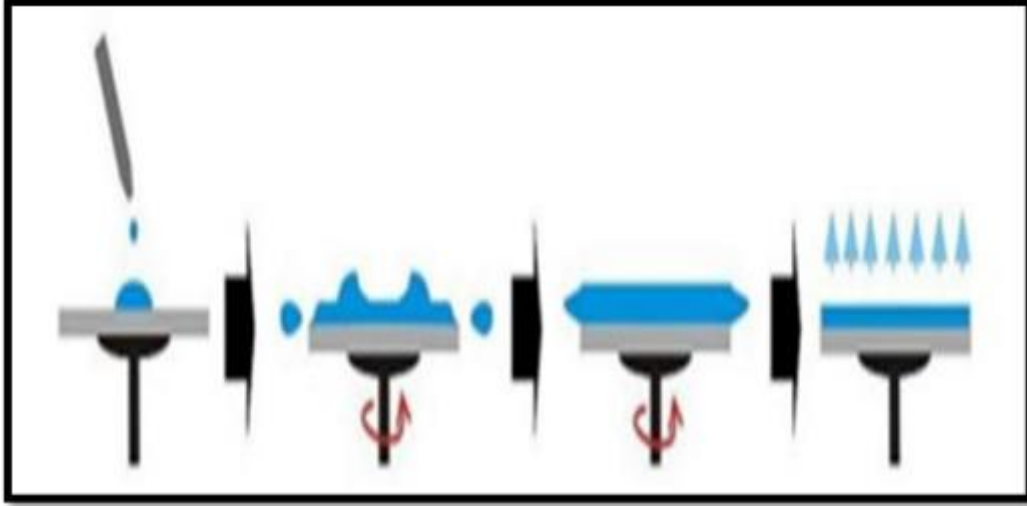
- ✓ غمس الركيزة
- ✓ سحب الركيزة
- ✓ تبخر المركبات المتطايرة



شكل I. 7. رسم تخطيطي يوضح خطوات الترسيب بالغمس [25].

• طريقة الدوران (الطرد المركزي)

يوضع المحلول فوق الركيزة (في المركز) حيث تنتزع مادة الترسيب على سطح الركيزة بفعل قوة الطرد المركزي. يمكن التعديل في سمك الشريحة من خلال التحكم في سرعة الدوران والشكل 8.I يوضح هذه الطريقة.



شكل 8.I. رسم تخطيطي يوضح الترسيب بالدوران [25].

في كلتا الطريقتين تبخر المذيب (المركبات المتطايرة) يكون سريعاً جداً والخطوة الأخيرة لكلا الطريقتين هي نفسها. نقوم بالمعالجة الحرارية لضمان الإزالة الكاملة للمذيب (تجانس الطبقة). طريقة الدوران تمكننا من الحصول على وجه واحد مرسب بينما طريقة الغمس تمكننا من الترسيب على وجهين.

ج. تقنية الرش مع الانحلال الحراري

إن اختيار الطريقة المناسبة لتحضير الغشاء تعتمد على خواص عديدة منها: طبيعة التطبيق ونوعه وتكلفة التحضير وسهولته، بالإضافة إلى المواد الأولية المستخدمة في التحضير [26]. تعتبر طريقة الرش مع الانحلال الحراري من أكثر الطرق شيوعاً لتحضير الأغشية الرقيقة وذلك لأنها سهلة وأقل تكلفة، وهي الطريقة المتبعة لتحضير الشرائح الرقيقة في دراستنا.

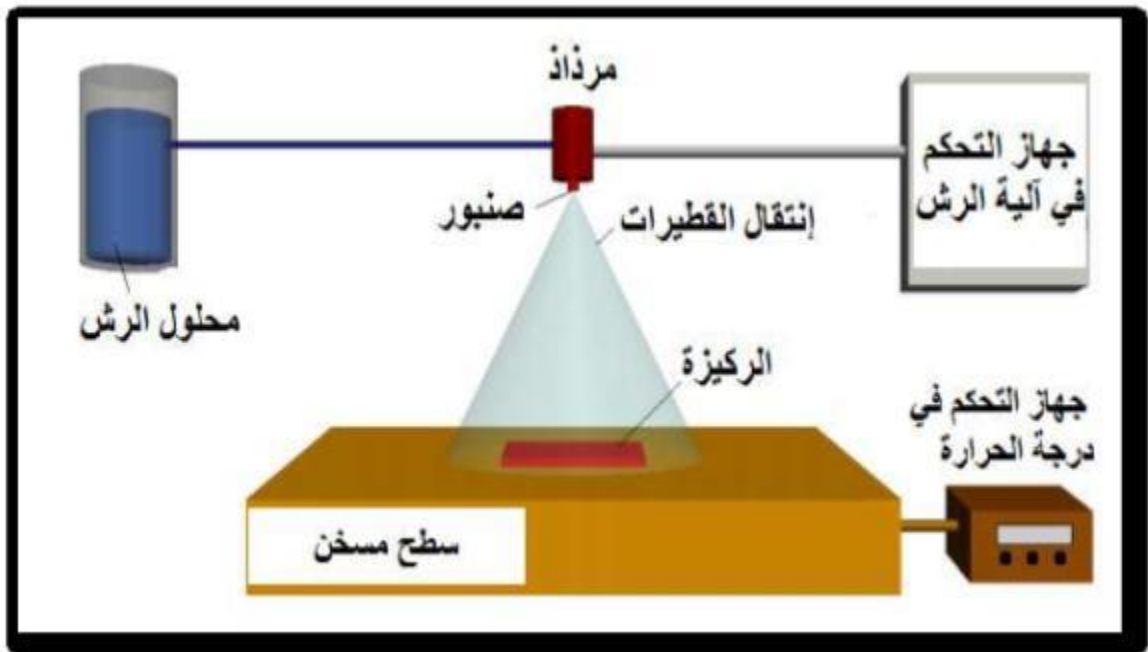
تعد هذه التقنية من الطرق الكيميائية، تطورت في الستينات من القرن الماضي بسبب الحاجة إلى طريقة سهلة وأقل تكلفة لتحضير الألواح ذات المساحات الكبيرة في الصناعات الفوتوفولطائية، وأول من استخدم هذه التقنية الباحثان Auger و Hotl عام 1959 إذ قاما بتحضير غشاء من النحاس الأسود على قاعدة من الألمنيوم باستخدامه سطحاً انتقائياً [27].

ج.1. مبدأ عمل تقنية الرش مع الإنحلال الحراري

إن مبدأ تحضير الأغشية بطريقة الرش مع الإنحلال الحراري تتضمن رش محلول المادة المراد تحضير الغشاء منها على شكل قطرات رقيقة جدا على ركائز ساخنة وبدرجة حرارة معينة تعتمد على نوع المادة المستخدمة، ليحدث تفاعل كيميائي حراري (الانحلال الحراري للمركبات الصلبة المتكونة على سطح الركيزة) بين ذرات المادة والركيزة الساخنة ونتيجة لهذا التفاعل يتكون الغشاء الرقيق [28].

ج.2. منظومة الرش مع الانحلال الحراري

تتألف منظومة الرش مع الانحلال الحراري من عدة أجهزة بسيطة يمكن من خلالها تحضير الأغشية الرقيقة على ركائز مختلفة والشكل 9.I يوضح المنظومة.



شكل 9.I. رسم تخطيطي يوضح منظومة الرش مع الانحلال الكيميائي الحراري [21].

❖ وظائف عناصر التركيب التجريبي [29]:

- ✓ جهاز الرش: وبه يتم رش المحلول على الركيزة
- ✓ حامل جهاز الرش: يتم عليه تثبيت جهاز الرش على بعد معين
- ✓ السخان الكهربائي: وذلك لغرض تسخين الركيزة
- ✓ جهاز متعدد القياسات الرقمي: لمعرفة درجة حرارة الركيزة الزجاجية الموضوعة على السخان الكهربائي.

ج.3. إيجابيات وسلبيات تقنية الرش مع الإنحلال الحراري

تلخص إيجابيات و سلبيات تقنية الرش مع الإنحلال الحراري في الجدول 2.I.

جدول 2.I. إيجابيات وسلبيات تقنية الرش مع الانحلال الحراري

| | |
|---|-------------------------------|
| <p>- يمكن تحضير أغشية ذات تجانس جيد وبمساحات كبيرة</p> <p>- طريقة إقتصادية لقلة تكلفة الأجهزة المصنعة والمستخدمه في تحضير الأغشية الرقيقة</p> <p>- يمكن تحضير أغشية من مزج مادتين أو أكثر وبنسب مختلفة ودرجة إنصهار مختلفة</p> <p>- يتم تحضير الأغشية في ظروف الجو الإعتيادية</p> | <p>إيجابياتها [21]</p> |
| <p>- تتطلب الكثير من الجهد والوقت للحصول على أغشية متجانسة.</p> <p>- تستخدم فيها المحاليل الكيميائية فقط أي لا يمكن ترسيب مسحوق المادة بشكل مباشر أو بإستخدام السبائك.</p> | <p>سلبياتها [30]</p> |

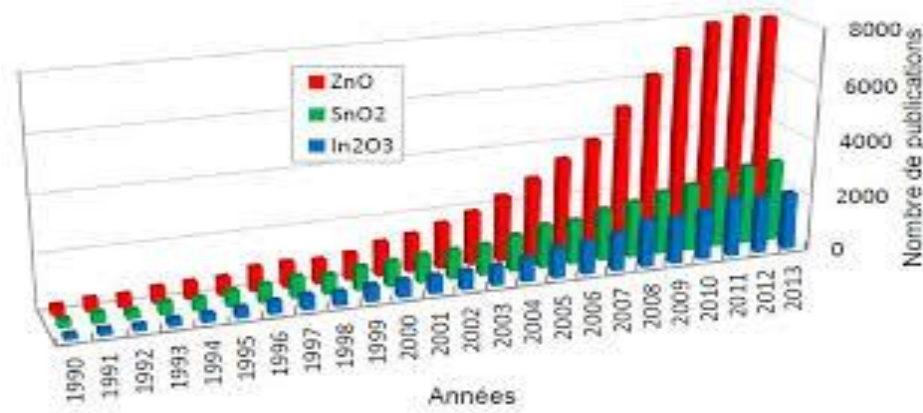
❖ تعتمد هذه التقنية على عدة عوامل منها:

- طبيعة المادة المستخدمة
- حجم قطرات الرذاذ
- المسافة بين الركيزة وجهاز الرش
- معدل الترسيب
- درجة حرارة الركيزة والمحيط المجاور له
- نوع الركيزة ومجالات التطبيق

6.I. المركب ZnO وخصائصه وتطبيقاته

ZnO هو مركب ثنائي ينتمي إلى المجموعة $A^{II} B^{IV}$. تعتبر هذه المادة من بين الأكاسيد الناقلة الشفافة الأكثر استخدامًا في التطبيقات التكنولوجية نظرًا لمزاياها وخصائصها الضوئية والكهربائية

المهمة. تبرز أهمية ZnO في مجال البحث العلمي من خلال العدد الكبير من المنشورات المتوفرة في المجالات العلمية المتعلقة بدراسة هذه المادة (معدل نشر مرتفع) مقارنة بمركبات أخرى (الشكل 10.I).



شكل 10.I. تطور عدد المنشورات العلمية الخاصة ببعض المركبات (ZnO, In₂O₃, SnO₂) [31].

من بين ايجابيات المركب ZnO يمكننا أن نذكر [32]:

- هذا المركب غير سام كمركب CdS وغير ملوث للبيئة ومتوفر كثيرا في الطبيعة
 - له تأثير كهروضغطي عالي
 - ناقلية حرارية كبيرة ($0.54 \text{ Wcm}^{-1}\text{K}^{-1}$)
 - معامل قص كبير جدا ($\sim 45.5 \text{ GPa}$) والذي يبين استقرار هذا المركب (مركبات أخرى: ZnSe (18,35 GPa) و GaAs (32,60 GPa)).
 - يكون أكثر استقرارًا عند تعرضه لبلازما هيدروجين من المركبات SnO₂ و ITO ، وهو أمر مهم في تصنيع الخلايا الشمسية القائمة على Si-H.
- نبين في الجدول الموالي بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذا المركب.

جدول 3.I. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمركب ZnO [33,34].

| | |
|---------------------------------------|--|
| 1975 | درجة الانصهار (°C) |
| 81.38 | الكتلة المولية (g.mol^{-1}) |
| 5.6 | الكتلة الحجمية (g.cm^{-3}) |
| 83.17 | انتالبي التكوين (kcal/mol) |
| قابل للذوبان مثلا في الأحماض المعدنية | الانحلال أو الذوبان |

1.6.I. الخصائص الفيزيائية للمركب ZnO**أ. البنية البلورية**

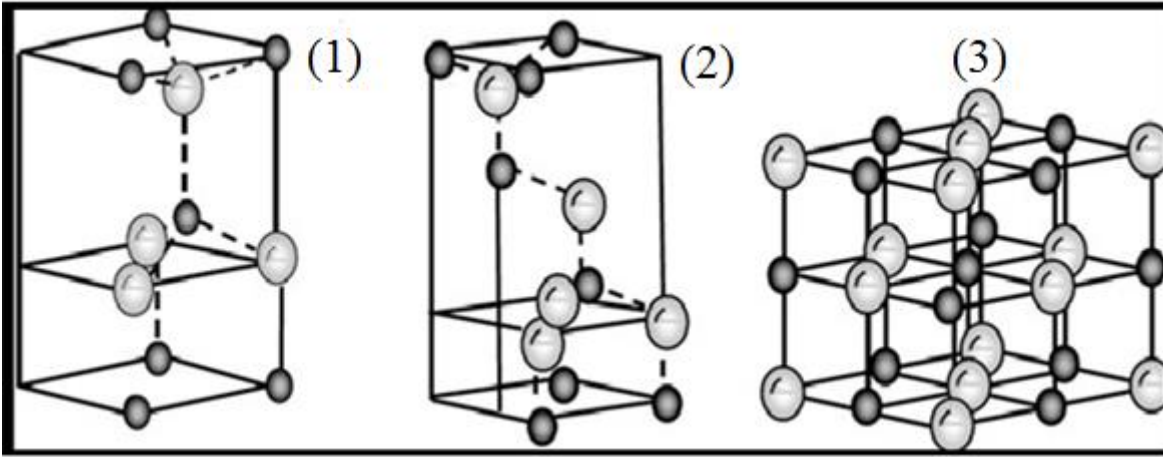
دراسات عديدة بينت بأن أكسيد الزنك ZnO يمكن أن يتواجد في ثلاث أطوار بلورية حسب شروط التحضير [32].

✓ البنية ويرتزيت (Wurtzite) (شكل.1.11) هي بنية بلورية سداسية و من ناحية الترموديناميك الحراري مستقرة في الشروط العادية (درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي)

✓ البنية المكعبة (Zinc Blende) وهي بنية غير مستقرة وتظهر عند ضغوط مرتفعة

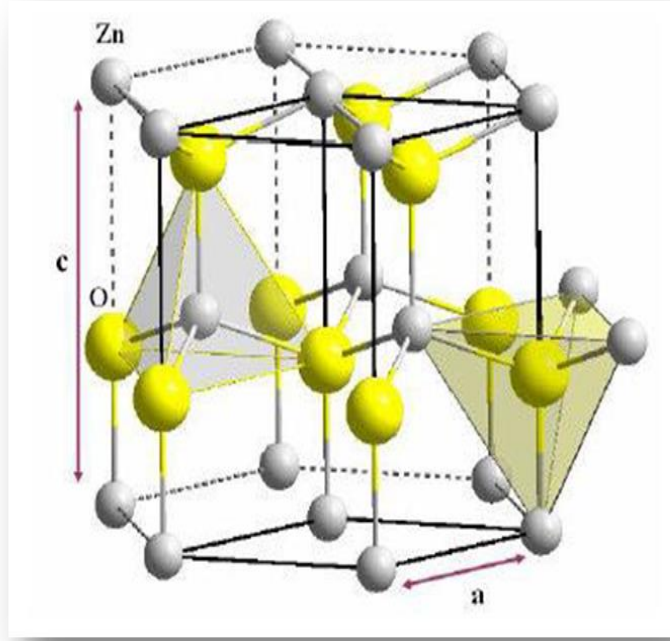
(شكل.2.11)

✓ البنية روك سالت (Rock Salt) "NaCl" التي تظهر عند ضغوط مرتفعة جدا (شكل.3.11).



شكل.1.11. أنواع البنى البلورية لمركب ZnO [32].

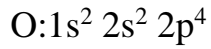
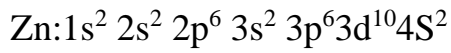
الشكل.12.I. يبين خلية البنية السداسية ويرتزيت للمركب Zn [35]. أيونات الأوكسجين تتموضع في شبكة سداسية مترابطة حيث أيونات الزنك تشغل نصف المواضع الانغراسية في الهرم الرباعي لها نفس توزيع ذرات الأوكسجين.



شكل I.12 . رسم تخطيطي يبين خلية البنية السداسية للمركب ZnO [36].

ب. الخصائص الإلكترونية للعصابات

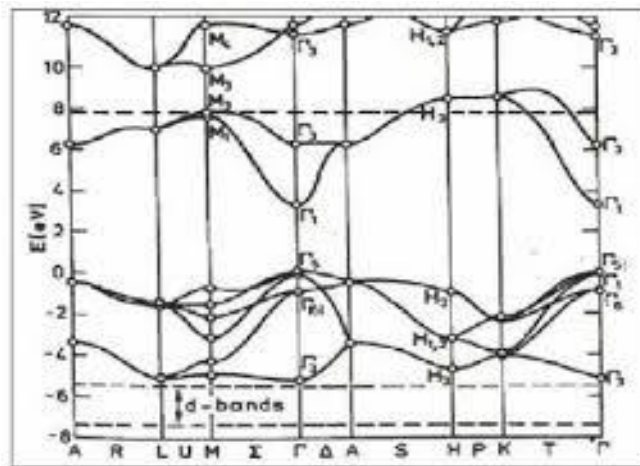
البنية الإلكترونية للأوكسجين والزنك التي هي العناصر المكونة للمركب ZnO كالتالي:



الحالات 2p للأوكسجين تشكل عصابة التكافؤ بينما الحالات 4s للزنك تشكل منطقة أو عصابة

النقل للمركب ZnO. الشكل يبين تغيرات البنية الإلكترونية لعصابات هذا المركب والتي تبين بأن ZnO

هو شبه ناقل ذو فاصل طاقي مباشر.



شكل I.13. بنية عصابات الطاقة في المركب ZnO [37].

ج. الخصائص الكهربائية

أكسيد الزنك هو شبه ناقل ينتمي إلى المجموعة $B^{IV} A^{II}$ ، يمتلك فاصل طاقي حوالي 3.3eV (فاصل طاقي مباشر)، والذي يمكن أن نصنّفه من بين أشباه النواقل ذات فاصل طاقي عريض [38]. قيمة الفاصل الطاقي لهذا المركب يمكن أن تتغير حسب طريقة التحضير ونسبة التطعيم $(3.30-3.39)\text{eV}$ [39]. نشير إلى أن هذا المركب يمتلك خصائص كهروضغطية [40].

في الحالة العامة يكون هذا المركب شبه ناقل ذاتي من نوع n . النوع p لهذا المركب من الصعب الحصول عليه.

قيمة الناقلية كبيرة لشرائح الرقيقة أكسيد الزنك النقي ترجع إلى تركيز حوامل الشحن (إلكترونات). وهذا التركيب الكبير للإلكترونات يسند إلى الفرق بالنسبة إلى ستيكيومتريّة (أو عيوب في البنية). يمكن الحصول على ناقلية كبيرة في ZnO من نوع n بسبب العيوب الذاتية وعناصر التطعيم (Al, In, Ga, B, \dots) [41].

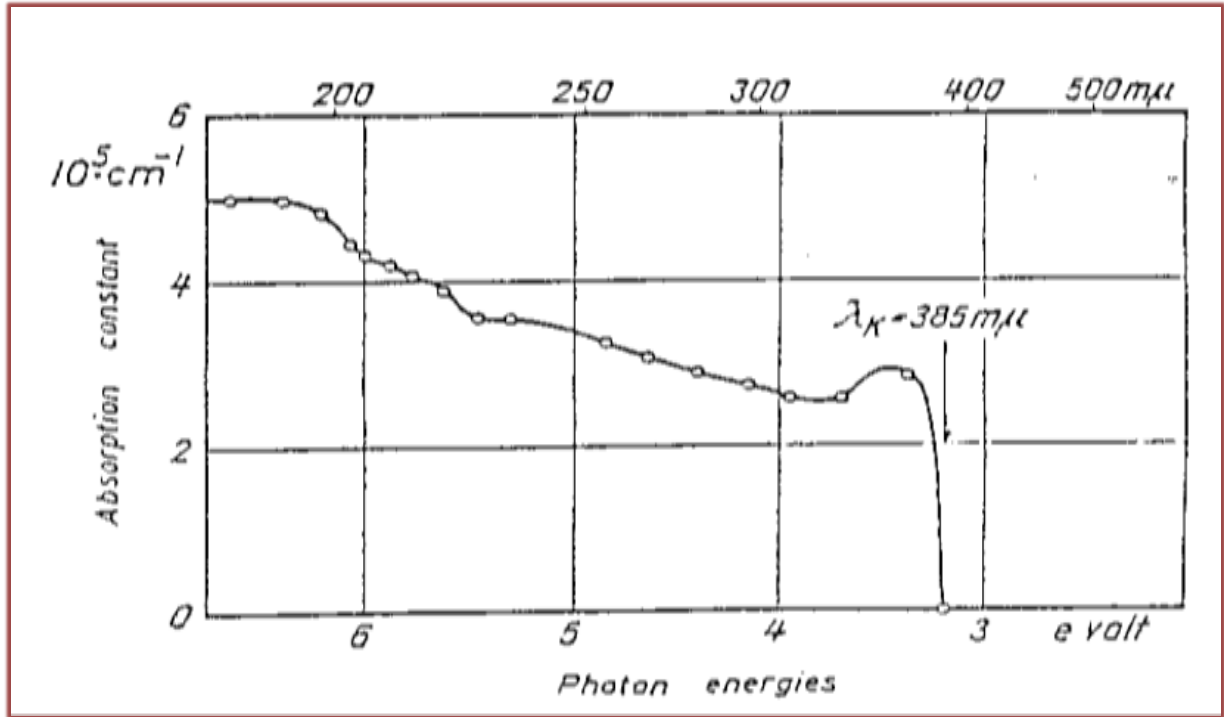
حركية الإلكترونات في الشرائح الرقيقة ZnO هي من رتبة $[20-30]\text{cm}^2/\text{v.s}$ ، إضافة إلى ذلك يمكن الحصول على حركية عظمى في البلورات البسيطة ل ZnO من رتبة $200\text{ cm}^2/\text{V.s}$. دراسات عديدة بينت بأن المعالجة الحرارية المناسبة في درجة حرارة عالية يمكن أن تغير بصفة معتبرة الخواص الكهربائية للبلورات [42].

د. الخصائص الضوئية

يمكن لموجة كهرومغناطيسية إلى أن تمتص كلياً من شبه ناقل إذا كانت طاقة هذه الموجة لها القدرة على نقل الإلكترونات من عصابة التكافؤ إلى عصابة النقل أي إذا كانت هذه الطاقة أكبر أو تساوي قيمة الفاصل الطاقي لشبه الناقل.

الشفافية الضوئية الكبيرة للمركب ZnO في المجال المرئي أو القريب من تحت الحمراء للطيف الضوئي بسبب الفاصل الطاقي العريض لهذا المركب. عتبة الإمتصاص الأساسي ل ZnO تكون في مجال الأشعة فوق بنفسجية

الشكل 14.I يبين صعود فجائي لمعامل الإمتصاص عند طول موجة $385\text{nm} \approx \lambda$ التي تمثل قيمة طول موجي في المجال فوق البنفسجية وهذا ما يفسر قيمة الفاصل الطاقي العريض للشرائح الرقيقة لهذا المركب $(E_g \approx 3.3\text{ eV})$



الشكل I.14. طيف الامتصاص الضوئي لشريحة رقيقة ZnO [43].

معامل الانعكاس ومعامل الإمتصاص للشرائح الرقيقة يتغير حسب شروط التحضير. معامل الانكسار له قيمة تتغير ما بين [1.7-2.2] [44,45]. الجدول الموالي يبين بعض الخصائص الضوئية لأكسيد الزنك

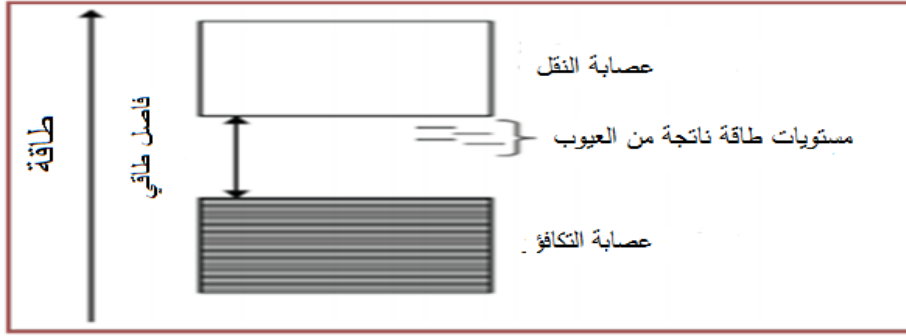
جدول I.4. بعض الخصائص الضوئية لأكسيد الزنك [46,47]

| | |
|--|------------------------|
| معامل الإمتصاص | 10^4 cm^{-1} |
| معامل الانكسار عند طول موجي $\lambda=560\text{nm}$ | 1.8-1.9 |
| الشفافية (مرئي) | 80%-90% |
| الفصل الطاقي (eV) | 3.3 |

I.2.6. العيوب البلورية في ZnO

المواد الصلبة البلورية ليست مثالية أبداً وهي تحتوي دائماً على عيوب يمكن أن تظهر في الشبكة البلورية بأنواع مختلفة (فجوات، ذرات في موقع بيني أو انغراسي، شوائب (ذرات غريبة)، ...). تؤدي هذه العيوب إلى انشاء مستويات طاقة منفصلة (حالات طاقة محلية في العصابة الممنوعة لهذه المواد) كما يبينه الشكل I.15. مثلما هو الحال في جميع أشباه النواقل فإن العيوب تؤثر بصفة معتبرة على الخصائص الفيزيائية (الضوئية والكهربائية، ...) للمركب ZnO. يعتمد وجود أنواع العيوب في المادة على طريقة

- النمو والشروط التجريبية لتحضير هذه المواد.
- من ناحية أخرى يتعلق تركيز العيوب في البلورة على طاقة تكوينها. في الحالة العامة فإن الأنواع المختلفة من العيوب التي قد توجد في المواد هي:
- عيوب نقطية (ذرات انغراسية ، فجوات ، ذرات غريبة)
 - عيوب خطية (انخلاعات ، ...)
 - عيوب سطحية (حدود حبيبية ، ...).



شكل 15.I. مخطط عصابات لأشياء نواقل بوجود عيوب في هذه المادة.

3.6.I. تطبيقات الشرائح الرقيقة للمركب ZnO

كما سبق وأن ذكرنا بأن المركب ZnO بالإضافة إلى أنه مركب غير سام ومتوفر في الطبيعة مما ينقص في تكلفة الانتاج، فإنه يمتلك خصائص فيزيائية جيدة (كهربائية، ضوئية، ...) وهذه الخصائص سمحت بأن يستعمل في تطبيقات عديدة كـ مجال الإلكترونيات الضوئية [48،49]. من بين تطبيقاته نذكر منها:

- خلايا شمسية (تستعمل كقطب في الخلايا الشمسية ذات الوصلة غير المتجانسة).
- كشف عن الغاز (أجهزة الاستشعار)
- مؤشرات التذبذب بالموجات فوق الصوتية ومحولات كهروضغطية
- طبقات شفافة والمضادة للانعكاس
- إستعماله في عناصر الشاشات الكبيرة العاكسة للضوء
- ديود الإصدار الضوئي وديود الإصدار الليزري

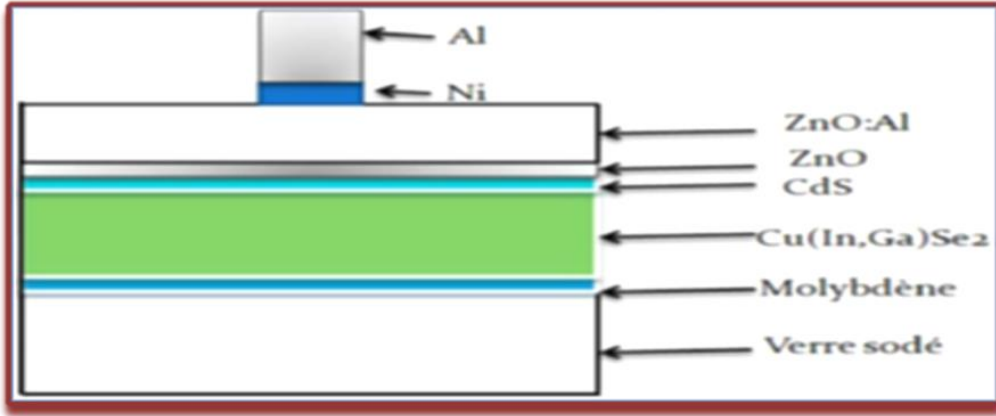
❖ الخلايا الشمسية

الخلية الشمسية أو الخلية الكهروضوئية هي مكون إلكتروني مصنوع من مواد شبه ناقلة ترتكز على تحويل الطاقة الشمسية إلى تيار كهربائي بفعل التأثير الكهروضوئي. يتطلب ذلك وجود أقطاب

كهربائية شفافة وناقلة في المجال المرئي ، من أجل ضمان مرور التيار الكهربائي المتولد من خلال المكون وذلك مع السماح بمرور الضوء.

التطور المحقق في السنوات الأخيرة في مجال الخلايا الشمسية المكونة من الشرائح الرقيقة التي أساسها المركب ZnO يعتبر تطوراً مهماً و ملحوظاً. هذا المجال يتطلب وجود أقطاب شفافة وناقلة في نطاق الضوء المرئي وذلك من أجل ضمان مرور التيار الكهربائي المتولد من خلال المكون وذلك مع السماح بمرور الضوء كما سبق و أن ذكرنا.

أكسيد الزنك يمكن أن يستغل كقطب شفاف في الخلايا الشمسية أو الخلايا الكهروضوئية وذلك للخصائص الكهربائية و الضوئية الجيدة التي يمتلكها هذا المركب.



شكل I.16. شكل عام يوضح مختلف الطبقات (الشرائح الرقيقة) المكونة لخلاية شمسية [50].

❖ مستشعر الغاز

في وجود غازات معينة فإن الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة و الشفافة يمكن أن تتغير. يتم امتصاص الغاز على سطح الشريحة الرقيقة أو على حدود حبيباتها. يمكن للجزيء المتمز التقاط إلكترون حر وبالتالي يؤدي هذا إلى نقص في الناقلية الكهربائية للشريحة. النسبة بين المقاومة الكهربائية قبل وبعد ملامسة الغاز تسمى بحساسية المستشعر. الغاز المكشف عنه ليس بالضرورة يمكن أن يمتز على سطح المستشعر وهذا يمكن له أن يساهم في اضطراب الأصناف المؤكسجة الموجودة على السطح ويكون سبب في عدم انتظام للمقاومية.

يرتبط أداء مستشعر الغاز (الحساسية والانتقائية والاستقرار،...) ارتباطاً وثيقاً بالمواد المستخدمة، سواء تعلق الأمر بتركيبها ، حالة سطحها. نظراً لخصائصه الكيميائية فإن أكسيد الزنك هو من المواد المهمة في صناعة الكواشف عن الغازات حيث تم استخدام مستشعرات غاز أساس تركيبها أكسيد الزنك للكشف عن ثاني أكسيد الأزوت أو أول أكسيد الكربون [51،52].

الفصل الثاني

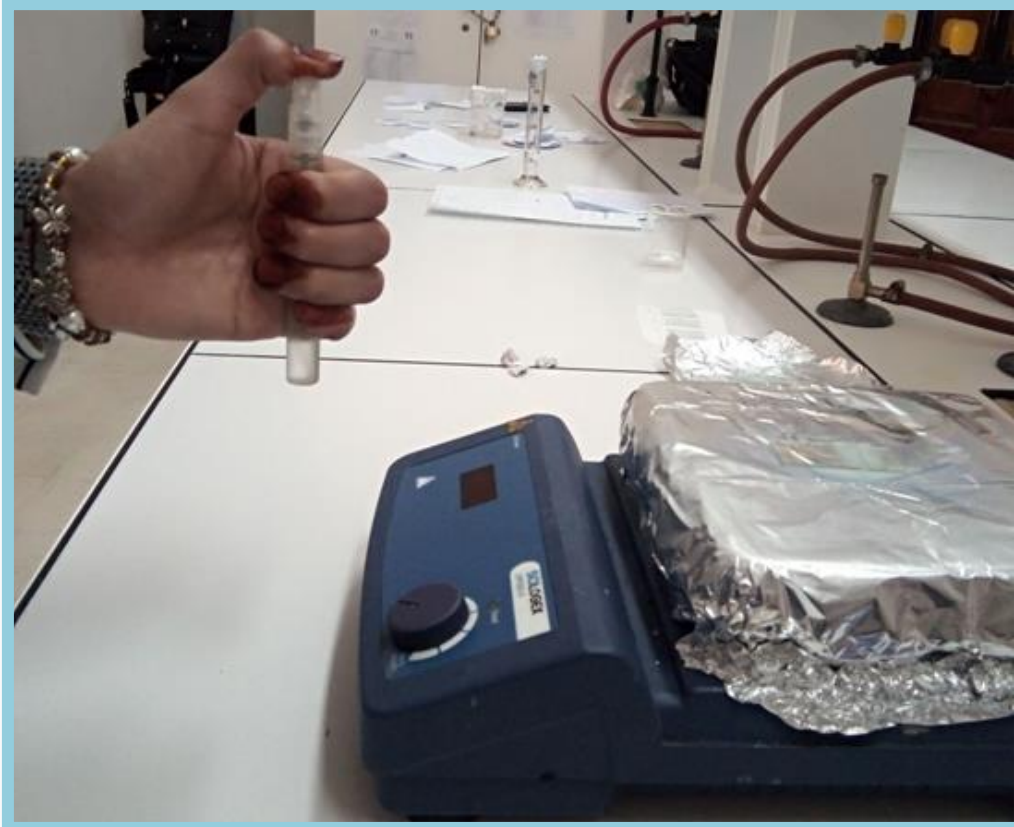
تحضير العينات و تقنية التحليل المستعملة

الفصل الثاني: تحضير العينات و تقنية التحليل المستعملة

1.II. وصف الجهاز التجريبي

الجهاز التجريبي لتقنية الرش مع الانحلال الحراري الذي تم استخدامه لإعداد الشرائح الرقيقة من المركب ZnO هو مبين في الشكل 1.II. التقنية بسيطة نسبيًا والجهاز مصنوع من عناصر غير مكلفة. العناصر الرئيسية لهذا الجهاز هي:

- ✓ قنينة زجاجية شفافة أسطوانية الشكل بحجم 20ml. المحلول المستخدم هو محلول أكسيد الزنك ثنائي الهيدرات $Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$ المذاب في وسائط مختلفة (الماء المقطر (H_2O) و الإيثانول (C_2H_5OH) و الميثانول (CH_3OH)).
- ✓ حامل الركيزة (لوح التسخين): هو صفيحة تسخين يتم تحديد درجة حرارتها باستخدام منظم درجة حرارة رقمي متصل بمزدوجة حرارية.



شكل 1.II. الجهاز التجريبي المستخدم لتحضير الشرائح الرقيقة

2.II. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لخلات الزنك

يبين الجدول 1.II بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لخلات الزنك.

جدول 1.II. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لخلات الزنك [53].

| | |
|---|---------------------|
| صلب بلوري ذو لون أبيض | المظهر الخارجي |
| $Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$ | الصيغة الكيميائية |
| 219,49 g/mole | الكتلة المولية |
| 1,735 g/cm ³ | الكتلة الحجمية |
| 237 °C | درجة حرارة الإنصهار |
| أمثلة (قابل للذوبان في الماء وفي الميثانول) | الذوبانية |



شكل 2.II. أكسيد الزنك

3.II. مختلف مراحل تحضير العينات**1.3.II. تحضير الركائز ومحاليل الرش**

بما أن الشرائح الرقيقة محضرة بتقنية الرش مع الانحلال الحراري، فإن تحضير محلول الرش المناسب و تنظيف الركائز هي خطوات ضرورية و أساسية تسبق عملية تحضير هذه العينات.

أ- إختيار الركيزة

الركائز المستخدمة في هذا العمل لوضع الشرائح الرقيقة هي ركائز زجاجية وقد تم تقطيعها بقلم ذو رأس ماسي (مساحة السطح $2 \times 1.5 \text{ cm}^2$) والسمك قدره 0.1cm). إختيار الزجاج كركيزة يرجع للأسباب التالية:

✓ قيمة التمدد الحراري للزجاج قريبة جداً من قيمة التمدد الحراري لأكسيد الزنك ZnO

$$[54] \quad \alpha (\text{ZnO}) = 7.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}, \quad \alpha (\text{زجاج}) = 8,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

وهذا يمكن أن ينقص من تأثير الاجهادات على السطح البيني شريحة - ركيزة

✓ لشفافيته الكبيرة التي تتوافق و تتناسب تمامًا بالنسبة لإجراء التحليل الضوئي للشرائح الرقيقة

✓ ثمنه غير مكلف

ب- تنظيف الركيزة

يعد تنظيف الركائز (شحوم، غبار، ...) عامل أساسي للحصول على شرائح ذات التصاق جيد بالركائز وبسبك منتظم نسبيًا، و بالإضافة إلى ذلك يجب أن تكون أسطح الركائز خالية من العيوب السطحية.

- لقد اخترنا تنظيفا لركائز هذه الشرائح على النحو التالي:

- تنظيف بالماء المقطر
- تنظيف بالميثانول
- تجفيف باستخدام ورق خاص

ج- تحضير المحاليل

في هذا العمل استخدمنا خلات أكسيد الزنك $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ كمصدر للزنك الذي قمنا بإذابته في وسائط مختلفة (الماء المقطر و الإيثانول و الميثانول) بتركيز 0.1 mol/l . بعد عملية الخلط بالتأثير المغناطيسي لمدة زمنية معينة (15 - 35) min في درجة حرارة الغرفة يصبح المحلول شفافاً ومتجانساً (شكل II.3).



شكل II.3. مظهر محلول الرش (إذابة خلات أكسيد الزنك في الميثانول بعد عملية الخلط بالتأثير المغناطيسي).

3.2.II. وصف تقنية الترسيب

تم استخدام طريقة الرش مع الانحلال الحراري وتطويرها لتشكيل طبقات رقيقة ذات صفات جيدة. يتكون مبدأ هذه التقنية من الرش الميكانيكي لمحلول يحتوي على المكونات المختلفة للمادة المراد ترسيبها (حل الروابط الكيميائية: خلات الزنك الذي يتم تذويبه في كل من الماء المقطر و الميثانول و الإيثانول في حالتنا) على سطح الركيزة المسخنة، تخرج من العنقود على شكل قطرات متجانسة للغاية.

إن رش المحلول على سطح الركيزة المسخنة بدرجة حرارة كافية يجعل من الممكن تفكيك المواد المذابة في المحلول وتنشيط التفاعلات الكيميائية القادرة على إنتاج الشريحة الرقيقة المطلوبة (ZnO) بعد تبخر العناصر الزائدة. وفي نهاية الترسيب يتم إيقاف عملية التسخين للسماح للركيزة بالتبريد فوق حاملها إلى درجة الغرفة.

3.3.II. شروط العمل التجريبي

الشروط التجريبية للحصول على الشرائح الرقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) مبينة في الجدول 2.II. جدول 2.II. الشروط التجريبية لتحضير الشرائح الرقيقة (ZnO).

| العينات | المادة المذابة | المذيب | تركيز المحلول mol/l | فتحة القنينة-الركيزة البعد | الركيزة (°C) درجة حرارة | المدة الزمنية للرش (mn) |
|---------|--|----------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | Zn(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ · 2H ₂ O | ماء مقطر | 0.1 | 20 | 400 | 5 |
| 2 | | ميثانول | | | | |
| 3 | | إيثانول | | | | |

4.II. تقنيات التحليل لدراسة الخصائص الضوئية

تكمن أهمية تقنيات التحليل في تحديد خصائص المواد ومعرفة العديد من الثوابت المميزة لها. إن دراسة الخصائص الضوئية للمواد (الشفافية، الفاصل الطاقى،...) هي ضرورية بالنسبة لتحليل خصائص الشرائح الرقيقة و بالتالي معرفة الشروط التجريبية الأفضل لتحضيرها وتكون ذات نوعية جيدة (خصائص فيزيائية جيدة).

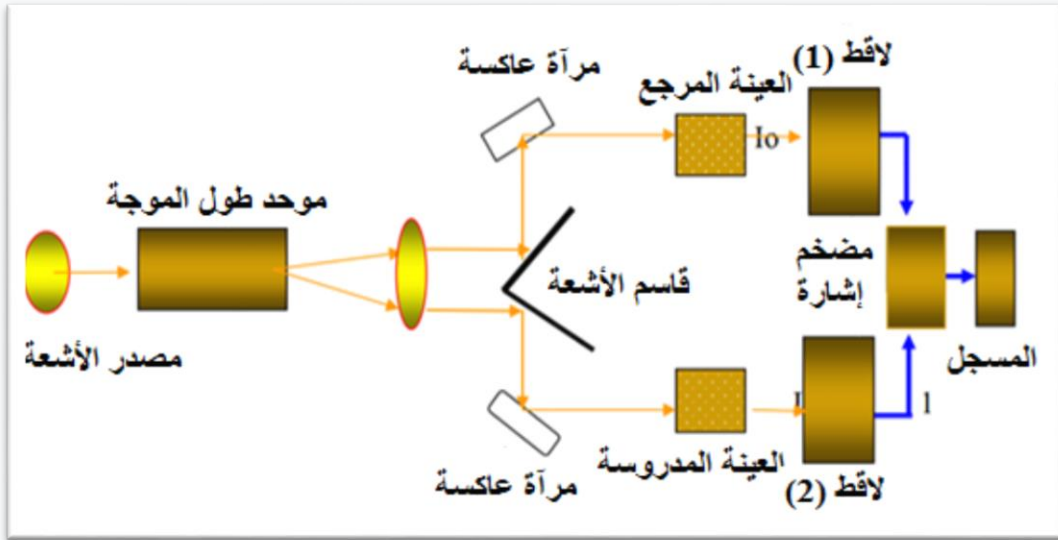
يوجد العديد من الطرق التحليلية و هي تتميز عموما حسب نطاق الطول الموجي المعتمد في القياس ومن بين هذه التقنيات نجد تقنية قياس الطيف الضوئي في مجال الأشعة UV-VIS هذه الأخيرة تعتبر تقنية غير مدمرة للعينات تساعد في دراسة الخصائص الضوئية للأغشية الرقيقة وتحديد سمكها. يعتمد مبدأ هذه التقنية على تفاعل الضوء مع العينات المراد تحليلها وتهتم بالجزء الممتص من الطيف. عندما تمتص العينة الضوء في مجال UV-VIS فإن الطاقة الممتصة تؤثر على البنية الإلكترونية للغشاء الرقيق من خلال تحفيز الإلكترونات على مغادرة مداراتها الرئيسية ذات الطاقة الدنيا والانتقال إلى مدارات أخرى ذات طاقة أعلى وبالاعتماد على هذه الانتقالات الإلكترونية يمكن دراسة الخصائص الضوئية للمادة [55].

سننتقل إلى وصف عمل تقنية مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية (UV-VIS) المستخدمة في عملنا لتحديد الخصائص الضوئية للشرائح الرقيقة.

II.1.4. مبدأ عمل جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية

تمر حزمة الضوء الناتجة عبر موحد الطول الموجي من أجل معالجتها وتحديدتها لتنتج لنا حزمة من الفوتونات في كل مرة لها طول موجي معين ثم تقسم هذه الأشعة الساقطة بواسطة قاسم الأشعة (مرآة على شكل حرف V) إلى حزمتين متساويتي الشدة، حيث تمر إحداها من خلال العينة المرجع (ركيزة من الزجاج في حالتنا) إلى الكاشف الأول والثانية تعبر من خلال العينة المراد دراستها (شريحة ZnO + ركيزة من الزجاج في حالتنا) إلى الكاشف الثاني. يعطي الكاشفين إشارة كهربائية يتم تضخيمها بواسطة المكبر قبل وصولها للمسجل الذي يقوم بحفظ النتائج ورسمها كما هو مبين في الشكل (II.4)، حيث يعطي المنحنى نتائج تغيرات طيف الشفافية تبعا للطول الموجي [56].

يمكن اعتبار أن جزء الأشعة المفقودة عن طريق الانعكاس من على العينتين يكون متساوي وبالتالي فإن الفرق بين شدتي الحزمتين يعبر عن امتصاص المادة (الشريحة الرقيقة).



شكل II.4. رسم تخطيطي لجهاز التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية [56].



شكل II.5. جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية SHIMADZU (UV-1700) (مخبر علوم الأرض والكون، جامعة العربي التبسي- تبسة).

في هذا العمل قد قمنا بتحديد قيم بعض الوسائط المتعلقة بالخصائص الكهربائية للشرائح (الفاصل الطاقى و طاقة أورباخ) وذلك باستغلال قيم تغيرات الشفافية بدلالة الطول الموجي.

2.4.II. تحديد الفاصل الطاقي

المركب ZnO يتميز بفاصل طاقي مباشر. في حالة المواد التي لها فاصل طاقي مباشر فإن علاقة معامل الامتصاص (α) بدلالة الفاصل الطاقي تكتب [57]:

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - E_g) \quad (\text{II.1})$$

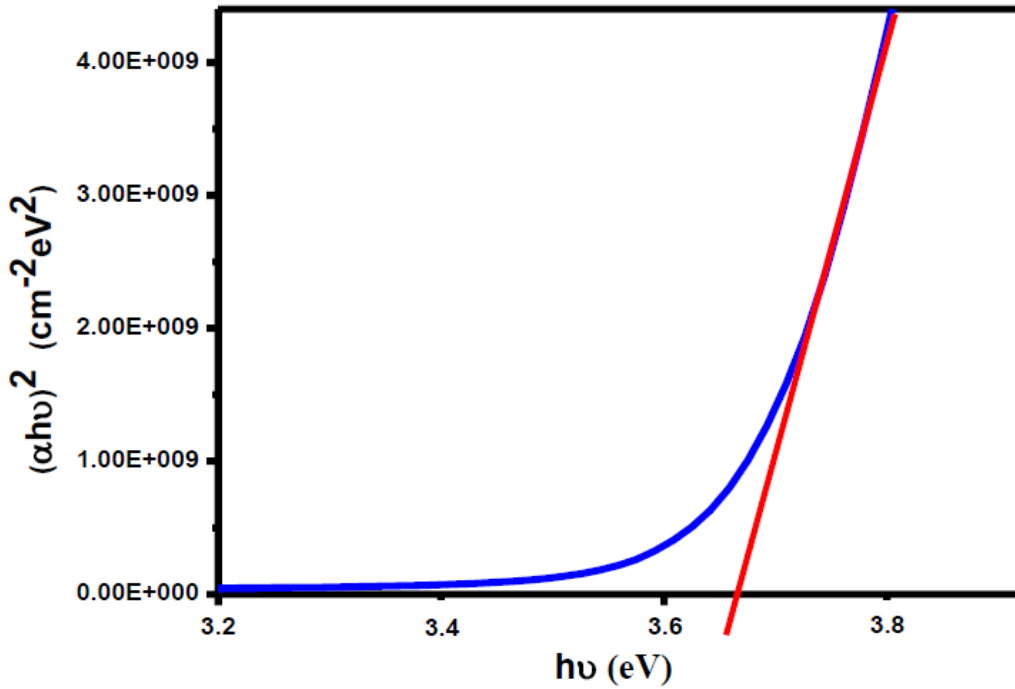
حيث:

A: ثابت

E_g : الفاصل الطاقي (eV)

h ν : طاقة الفوتون (eV)

ومنه يمكننا أن نحدد قيمة الفاصل الطاقي بأخذ الجزء الخطي من المنحنى البياني الذي يمثل تغيرات الدالة $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$ ورسم المماس في هذا المجال حيث أن نقطة تقاطعه مع محور الفواصل (المحور الذي يمثل طاقة الفوتونات) يعطينا قيمة E_g (شكل II.6).



شكل II.6. الطريقة البيانية لتحديد قيمة الفاصل الطاقي (E_g).

3.4.II. تحديد طاقة أورباخ (Urbach)

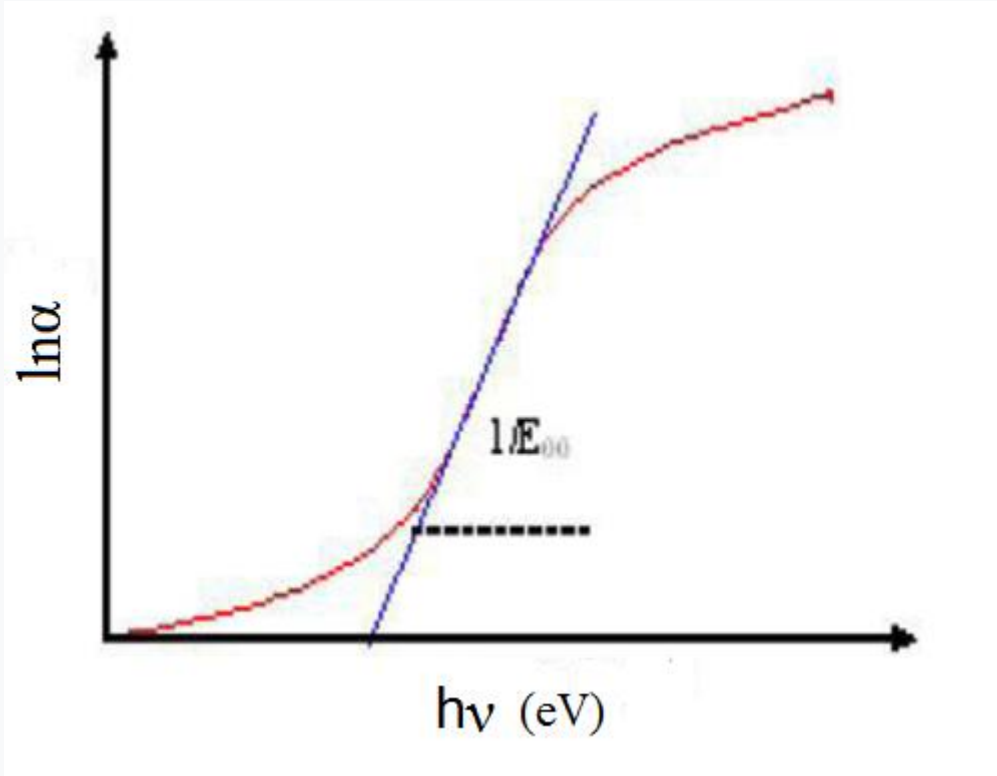
في مجال دراسة الخصائص الضوئية ، فإن تحديد طاقة أورباخ يعتبر وسيطا أساسيا و مهما يميز حالة العشوائية في المادة. العلاقة التي تربط بين طاقة أورباخ (E_{00}) ومعامل الامتصاص (α) تكتب على الشكل [58]:

$$(II.2) \alpha = \alpha_0 \exp\left(\frac{hv}{E_{00}}\right)$$

ويمكننا كتابة هذه العلاقة على الشكل:

$$(II.3) \ln \alpha = \ln \alpha_0 + \frac{hv}{E_{00}}$$

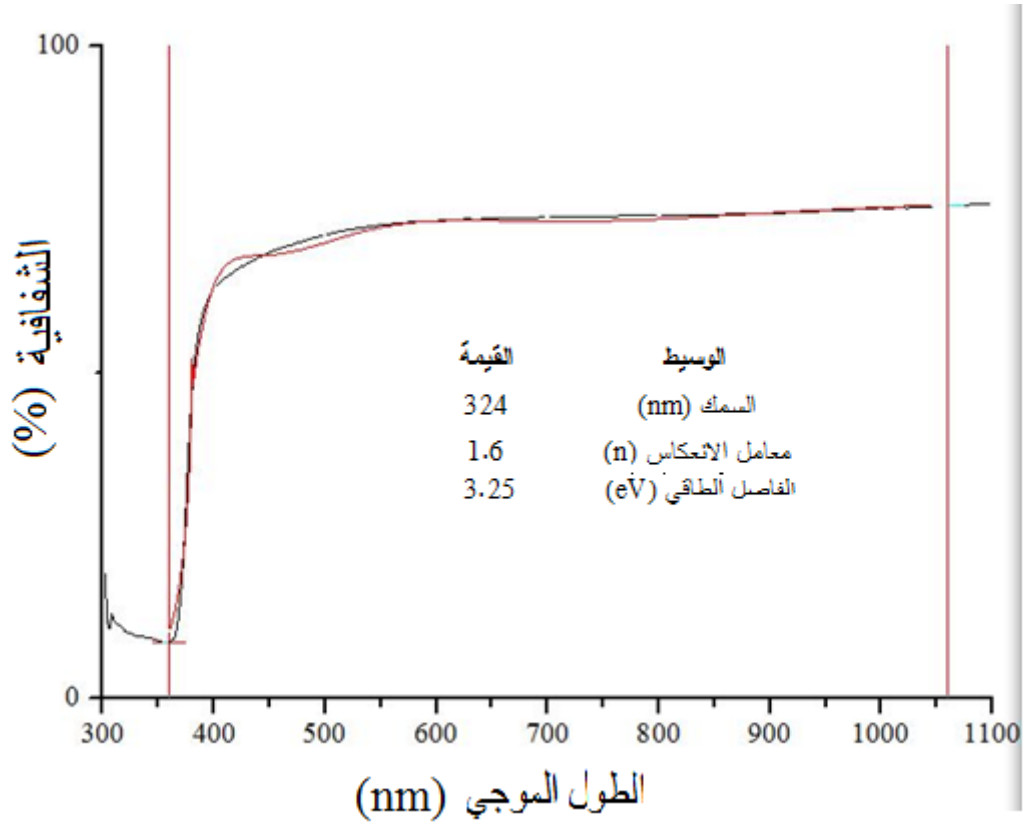
ومنه يمكننا تحديد قيمة طاقة أورباخ من خلال رسم المنحنى البياني $\ln \alpha$ بدلالة hv (شكل II.7).



شكل II.7. الطريقة البيانية لتحديد قيمة طاقة أورباخ (E_{00})

II.5. طريقة قياس سمك الشرائح

فيما يتعلق بقياس سمك الشرائح الرقيقة فقد تم تحديده من قيم تغيرات الشفافية باستخدام برنامج خاص [60،59] الذي يسمح بتغيير عدد معين من الوسائط مثل السمك ومعامل الانكسار والفاصل الطاقوي واستخدام طريقة المربعات الصغرى أو الدنيا من أجل توافق منحنى الشفافية المحاكي مع الشفافية المقاسة (شكل II.8).



شكل II.8. حساب سمك شريحة رقيقة ZnO انطلاقاً من تغيرات الشفافية (شريحة محضرة باستعمال الماء المقطر كمذيب)

الفصل الثالث

النتائج التجريبية و مناقشتها

الفصل الثالث: النتائج التجريبية و مناقشتها

1.III. مقدمة

في هذا القسم من الدراسة سنعرض النتائج التجريبية للقياسات المتحصل عليها و تحليل و تفسير هذه النتائج الخاصة لتأثير اختلاف المذيب على تغير الخصائص الضوئية للشرائح الرقيقة لأكسيد الزنك المحضرة بطريقة الرش مع الانحلال الحراري. مبدأ عمل هذه التقنية و الشروط التجريبية المختارة لتحضير هذه الشرائح قد سبق و أن بينها بصفة مفصلة في الفصل السابق للمذكورة.

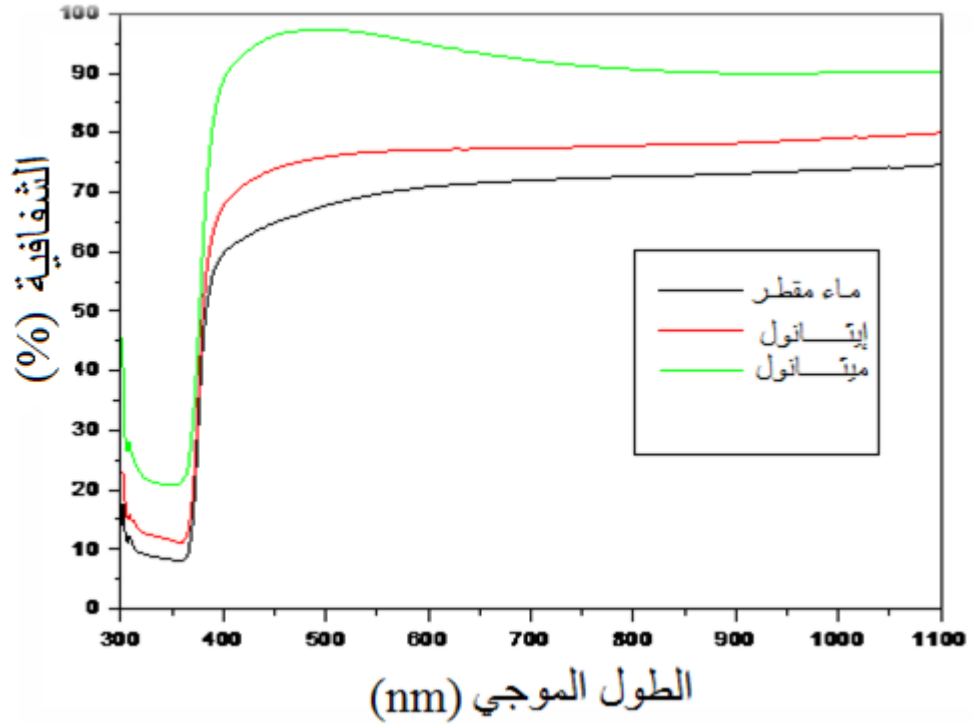
لغرض دراسة الخصائص الضوئية استعملنا تقنية مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية لتحليل هذه الخصائص و ذلك لقياس الشفافية في المجال المرئي و فوق البنفسجي من أجل استنتاج قيمة الفاصل الطاقي و طاقة أورباخ الخاصة لكل عينة.

2.III. الخصائص الضوئية

1.2.III. دراسة الشفافية للشرائح الرقيقة

لغرض دراسة درجة شفافية الشرائح الرقيقة (ZnO) بتقنية الرش مع الانحلال الحراري فإن الشكل 1.3 يبين سلوك تغير الشفافية لهذه العينات المدروسة في المجال من 300 nm إلى 1100 nm. نلاحظ بأن الشكل العام لمنحنى تغير الشفافية متشابه و يمكن أن يقسم إلى منطقتين:

- منطقة أولى تتميز بامتصاص أعظمي يوافق الامتصاص الأساسي ($\lambda < 400$ nm). هذا الامتصاص ينتج من إنتقال الإلكترونات من عصابة التكافؤ إلى عصابة النقل. تحدد قيمة الفاصل الطاقي من خلال إستغلال تغير الشفافية في هذا المجال من الطول الموجي.
- منطقة ثانية ذات شفافية كبيرة محددة بين 400 nm و 1100 nm. نلاحظ أن سلوك الشفافية يتغير مع تغير نوع المذيب حيث أن الشريحة المحضرة باستعمال الميثانول كمذيب تتميز بشفافية كبيرة مقارنة بالشرائح المحضرة باستعمال المذيبات الأخرى التي تتميز بشفافية أقل. التناقص في الشفافية الضوئية يمكن أن يفسر بزيادة سمك الشرائح [61] (جدول III. 1) و تشتت الفوتونات في الطبقات.



شكل III.1. تغير الشفافية للشرائح الرقيقة بدلالة نوع المذيب المستعمل في تحضير الشرائح.

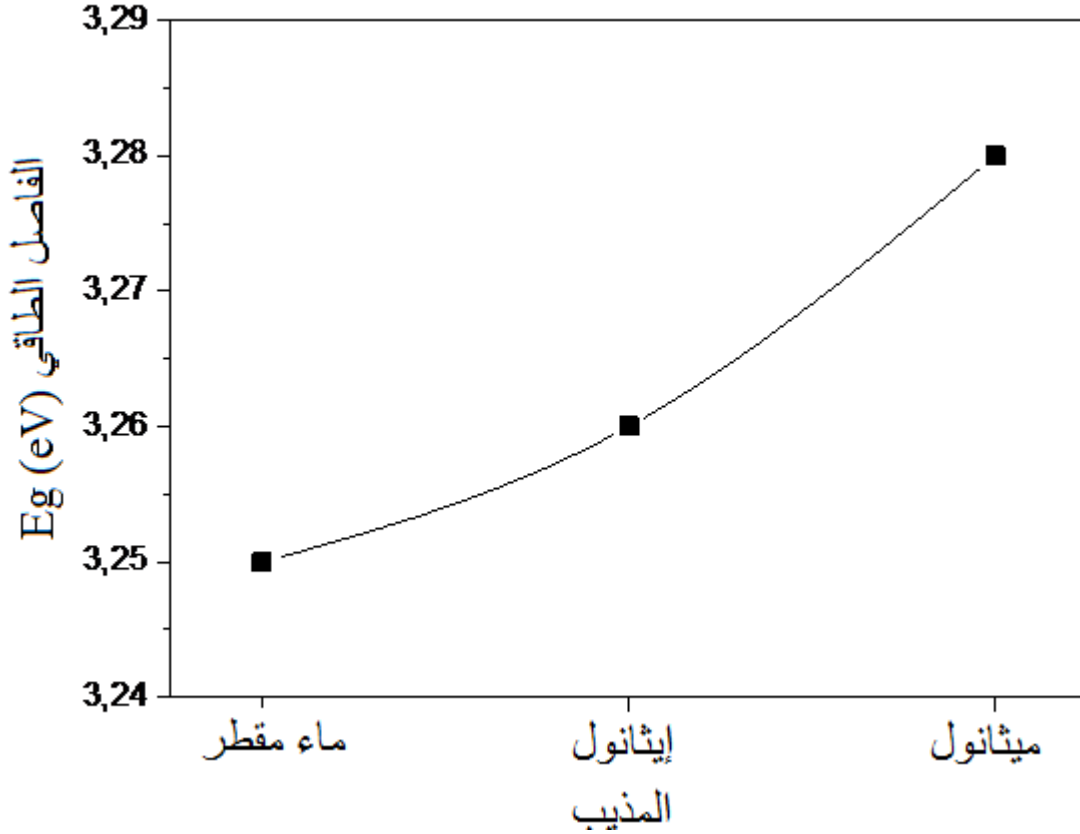
يمكننا أن نستنتج من نتائج القياسات التجريبية للشفافية بأن الشرائح الرقيقة (ZnO) تؤكد إمكانية استعمالها في مجال صناعة أجهزة الإلكترونيات الضوئية (خلايا شمسية، ...) وذلك لإمتلاكها شفافية كبيرة في المجال المرئي للضوء.

III.2.2. الفاصل الطافي

الفاصل الطافي أو عرض العصابة الممنوعة (E_g) هي من بين الثوابت و الوسائط التي تميز نوعية العينة من حيث الخصائص المدروسة. كما سبق وأن ذكرنا فإن المركب ZnO من بين المركبات التي تتميز بفاصل طافي مباشر (طريقة حساب الفاصل الطافي قد ذكرت في الفصل الثاني (الفقرة II.4.2)).

الشكل III.2 يبين تغير قيمة الفاصل الطافي للشرائح الرقيقة بدلالة نوع المذيب المستخدم لتحضير العينة. نلاحظ أن قيمة الفاصل الطافي تتراوح ما بين 3.25 eV و 3.28 eV وهي قيم متوافقة و قريبة جدا من قيم الفاصل الطافي المتحصل عليها في دراسات كثيرة للشرائح الرقيقة ZnO [62،63]. يمكن أن يرتبط التغير في قيمة الفاصل الطافي إلى وجود عيوب بلورية في شرائح ZnO التي تتأثر باختلاف

محلول المذيب المستعمل في تحضير العينات. يمكن أيضا أن يسند الاختلاف في قيم الفاصل الطاقي إلى البنية المجهرية وهيئة تشكل سطح الشريحة ، مما يؤدي إلى تغيير الرابطة بين الذرات في الشرائح [64].

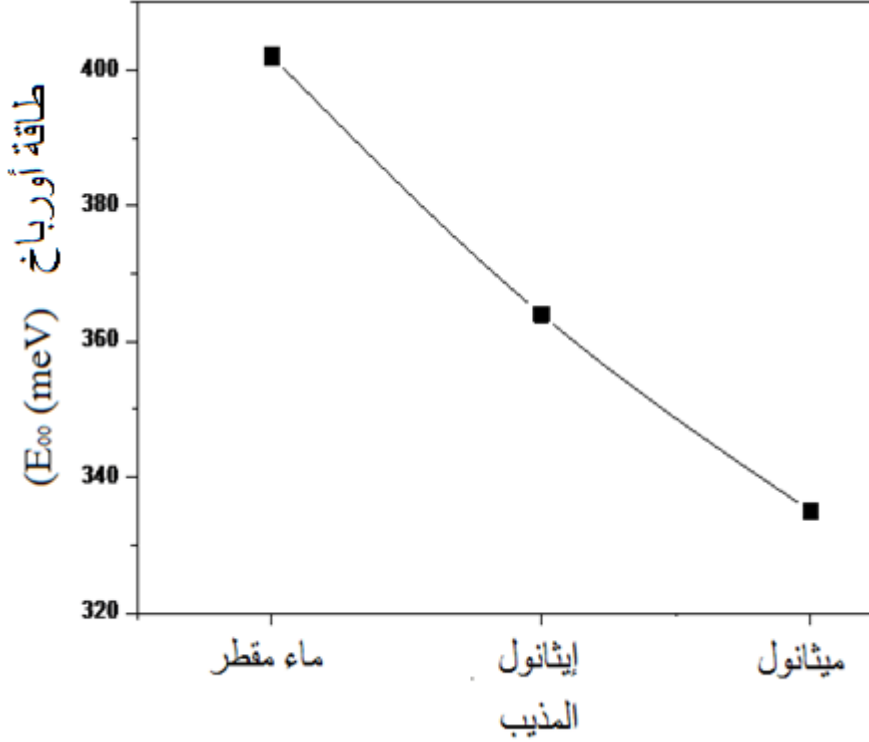


شكل 2.III. تغيير قيمة الفاصل الطاقي بدلالة نوع المذيب المستعمل في تحضير الشرائح.

3.2.III. طاقة أورباخ (العشوائية)

بما أن الشرائح الرقيقة (ZnO) قد تم تحضيرها في دراستنا بطريقة الرش مع الانحلال الحراري فإن الذرات التي تصل إلى سطح الركيزة في هذه الحالة بعد رش المحلول لتكوين المركب ZnO لا تكون في الحالة العامة في مواضعها المثالية لتكوين هذا المركب (ذرات الأوكسجين و ذرات الزنك). من هذا المنطلق فإن الشرائح المحضرة ستحتوي على أنواع مختلفة من العيوب البلورية وبالتالي وجود العشوائية في البنية البلورية خاصة بكل عينة. في هذه الدراسة استعملنا علاقة أورباخ [58] من أجل معرفة درجة العشوائية في العينات المحضرة.

الشكل III.3 يبين قيمة طاقة أورباخ حسب نوع المذيب المستعمل في المحلول. يمكن أن نفسر سلوك تناقص قيمة طاقة أورباخ و الذي يميز ويمثل تناقص درجة العشوائية في العينة إلى تناقص تركيز العيوب في الشبكة البلورية.



شكل III.3. تغير قيمة طاقة أورباخ بدلالة نوع المذيب المستعمل في تحضير الشرائح.

الجدول III.1 يبين قيم النتائج التجريبية المتحصل عليها في الدراسة. نلاحظ بأن قيم الفاصل الطاقي تتغير بصفة عكسية مع قيم طاقة أورباخ بدلالة نوع المذيب المستخدم لتحضير الشرائح ZnO.

جدول III.1. قيم النتائج التجريبية المتحصل عليها في الدراسة.

| طاقة أورباخ (meV) | الفاصل الطاقي (eV) | سمك الشريحة الرقيقة (nm) | المذيب في محلول الرش |
|-------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| 402 | 3.25 | 324 | ماء مقطر |
| 364 | 3.26 | 312 | إيثانول |
| 335 | 3.28 | 280 | ميثانول |

خلاصة عامة

خلاصة عامة

مركب أكسيد الزنك (ZnO) هومن بين مركبات الأكاسيد الناقلة الشفافة ،بالإضافة إلى أنه مركب غير سام و متوفر في الطبيعة فإنه يمتلك خصائص كهربائية وضوئية التي سمحت له بأن يستعمل في العديد من التطبيقات الصناعية كـ مجال الإلكترونيات الضوئية .

يرتكز هذا العمل التجريبي على دراسة تأثير المذيب (ماء مقطر وميثانول و إيثانول) على الخصائص الضوئية للشرائح الرقيقة لأكسيد الزنك. هذه الشرائح قد تم تحضيرها بطريقة الرش مع الانحلال الحراري. محلول رش يتكون من خلات الزنك ($Zn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2H_2O$) منحل في المذيبات السابقة بتركيز (0.1mol/l). مدة ترسيب الشرائح حددت بخمسة دقائق.

فيما يخص بدراسة الخصائص الضوئية فإن دراسة الشفافية يبين بأن شفافية الشرائح أكبر من 70% في المجال المرئي للضوء و تتغير حسب نوع المذيب المستخدم في عملية الرش. التناقص في الشفافية الضوئية يمكن أن يفسر بزيادة سمك الشرائح و تشتت الفوتونات في الطبقات. الشريحة المحضرة باستعمال الميثانول كمذيب في محلول الرش تتميز بشفافية أكبر مقارنة بالشرائح المحضرة باستعمال المذيبات الأخرى. قيم الفاصل الطاقي هي (3.25eV و 3.26eV و 3.28eV) للشرائح المحضرة باستعمال المذيبات المستخدمة ماء مقطر وإيثانول و ميثانول على التوالي (تغير طفيف)، و يمكن أن يفسر الاختلاف في قيمه إلى وجود عيوب بلورية تكونت أثناء عملية ترسيب الشرائح حسب نوع المذيب المستخدم. قيم طاقة أورباخ وجدت أنها تتغير بصفة عكسية مع القيم الفاصل الطاقي للشرائح المحضرة.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

- [1] R. Ueda and J.B Millin, Grystal Growth and characterization, McGraw-Hill, (1975).
- [2] غ. سرحان و أ. الدليمي، مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفية و التطبيقية، العدد2، مجلد25، 2012.
- [3] أ. النعيمي، أ.الزبيدي، مجلة الهندسة و التكنولوجيا، مجلد 27، العدد14، 2009
- [4] N. Boufa, Mémoire de Magistère, Université Mentouri Constantine, Algérie (2012).
- [5]S.H. Jeong, J.W.Lee, S. B. Lee, J. H. Boo, Thin solid films, 435, 78-82, (2003).
- [6] أ. زيد، رسالة ماجستير، جامعة ديالي، العراق (2012).
- [7] A, Douayar, Thèse de doctorat, Université Mohammed Vagdal, (2013).
- [8]A. Rahal, Thèse de magister, Université d'El oued, Algérie (2013).
- [9]O. Daranfad, , thèse de magister, université de Constantine, Algérie (2010).
- [10] ص. محمد، خ. رزيخ وم. مرعي، مجلة جامعة تكريت، المجلد 3، العدد 7، ص.175-183 (2007).
- [11]S. Ismat Shah, D. Glocker, Institut of Physics Publishing Bristol & Philadelphia, (1995).
- [12]L. Paawlowski, universitaires romandes, (2003).
- [13] ي. قادي، ز. حريز ، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة حمه لخضر، الوادي، الجزائر (2018)
- [14]س.عقون. ، و أ. العربي، مذكرة ماستر ،جامعة العربي التبسي -تبسة. الجزائر (2020)
- [15] م. نجاح، مذكرة ماستر، جامعة حمه لخضر الوادي، الجزائر (2019).
- [16] ف. خلفاوي، مذكرة ماستر أكاديمي، جامعة حمه لخضر،الجزائر، الوادي (2018).

[17] F. Khenatcha, Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technologique d'Oran, (2011).

[18] S. Tricot, Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, 2008.

[19] B. Amrani, Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie-Oran, Algérie, 2003.

[20] O. Mohamed, Mémoire de magister, Université Mohamed Kheider, Biskra, Algérie (2010).

[21] ل. بسقني، مذكرة ماستر ، جامعة الوادي، الجزائر (2016).

[22] A. S. Lo, Thèse de doctorat, Université Jean Monnet de Saint, Etienne, France (2004).

[23] A. Bouraiou, Thèse de doctorat, Constantine, Algérie (2009).

[24] L. Bornstein, optical properties, vol 34, Springer, (2004).

[25] م. الحامض، م. علي، غ. معراتي، دراسات العلوم الأساسية، المجلد 39، العدد 1، 2013.

[26] T. T. John, K. P. Vijayakumar, C. S. Kartha, Y. Kashiwaba and T. Abe, IEE Explore, 32, 155-157 (2009).

[27] L. I. Popova, M. G. Michailov, V. K. Gueorguiev, A. Shopov, Elsevier. 186, 259-262 (1990).

[28] ج. بوسبيح ، مذكرة ماستر ، جامعة الواد، الجزائر (2018).

[29] Y. LARBAH, Mémoire de Magister, Université Mohamed Boudiaf, Algérie (2011).

[30] K. L. Chopra, S. Major and D.K. Panday, Thin solid film, 2011-46 (1983).

[31] S. Abdelli, A. Nar, Mémoire de Master, Université Larbi Tebessi-Tébessa, Algérie (2020).

- [32] A Hafdallah, Mémoire de Magister, Université Mentouri–Constantine, Algérie (2007).
- [33] H .Benelmadjat, Mémoire de Magister, Université Mentouri–Constantine, Algérie (2007).
- [34] S.Messaoudi, , Mémoire de Magister, Université Larbi Tebessi-Tébessa, Algérie (2012).
- [35] M. Maache, Thèse de Doctorat, Université Mohamed, Khider-Biskra, Algérie (2014).
- [36] H.Lekiket, Diplôme de Majister, Université de constantine, Algérie (2008).
- [37] Z.Sofiani, Thésede Doctorat, universitéIbenTofail, Maroc (2007)
- [38] V.Srikant, D.R.Clarke, J.App.Phys, 83, 5447 (1998).
- [39] N.Bouhssira, Thèse de Doctorat en science, Université de Constantine1, Algérie (2013).
- [40] A.Hafdallah, A. Ferdi, M. Aida, N Attaf and A. Amara, International Journal of Advanced Research, 3, 240-246 (2015).
- [41] K.I.Chopra, S. Major and D.K. Pandya, Thin solid films, 1, 102 (1986).
- [42] S.Menakh, Mémoire de magister en physique, Université Mentouri, Constantine, Algérie (2007).
- [43] B. Amrani, Thésede magister, universitédes science et de la technologie d’Oran, Algérie (2003).
- [44] E.M. Bachari, G. Baud, S. Ben Amor, M. Jacquet, Thin Solid Films, 16, 348 (1999).

- [45] T.K.Subramanyam, b. Srinivasulu Naidu, S. Uthanna. Cryst.Res. Technol, 1193, 35 (2000).
- [46] W.Li, D. Mao,F. Zhang, X. Wang, X. Liu, S. Zou, Q. Li and J. Xu, Nucl. Instrum. Méthode. Phys. Res, 59, 169(2000).
- [47] S.Benramache. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider-Biskra, Algérie (2012).
- [48] A.Dal-corso, M. Posternak, R. Resta, A. Baldererci, Phys.Rev. 10, 50 (1994).
- [49] A. Hafdallah, F. Ynineb, M.S. Aida and N. Attaf, Journal of Alloys and Compounds. 509,7267–7270 (2011).
- [50] G. Ferblantier, A Foucaran, CEM2-CNRS.Université Montpellier II, France (2002).
- [51]C. Boukaous, Thèse de Doctorat, UniversitéMantouri-Constantine, Algérie (2014)
- [52] P. Nunes, E. Foucaran and P. Tonello, 64, 281-285 (2002)
- [53] H.Latreche, F.Ayed, Mémoire de master, Université Larbi Tébessi-Tébessa, Algérie(2017).
- [54]S. Lamri, Mémoire de magister, Université Mohamed Kheider-Biskra, Algérie (2012).
- [55] A.S. Hassanien, A. A. Akl, ,Journal of Alloys and Compounds (Elsevier), 648, 280-290 (2015).
- [56] كتاب تقنية مختبرات كيميائية، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني العربية السعودية
- [57] J. Tauc, A. Menthe, Non-Crystalline. Solids, 8, 569-585 (1972).
- [58] M. Pal, Y. Tsujigami, A. Yoshikado, H. Sakata,Phys. Status Solidi A, 182, 727 (2000).

- [59]L. Herissi, Mémoire de magister, Université Larbi Ben M'Hidi d'Oum El Bouaghi, Algérie (2008).
- [60]R. Swanepoel, J. Phys. E.Sci. Instrum, 1983, 16.
- [61] F. Bouabida, Mémoire de master, Université Larbi Tébessi-Tébesa, Algérie (2013).
- [62] K.L. Foon, M. Kashif, U. Hashim, Wei-Wen Liu, Ceramic international,40,753–761 (2014).
- [63] R. Bekkari, B. Jaber, H. Labrim, M. Ouafi, N. Zayyoun, and L. Laânab,International Journal of Photoenergy, 1, 1-7 (2019).
- [64] N. Samaele, P. Amornpitoksuk, S. Suwanboon, Powder Technology, 2, 243–247(2010).