الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي – تبسة-

كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة والحياة

قسم علوم المادة

مذكرة ماستر

الميدان: علوم المادة

الشعبة: فيزياء

التخصص: فيزياء المواد

الموضوع:

مقارنة بين الخصائص الضوئية لغشاء رقيق من اكسيد الزنك المرسب في درجات حرارة مختلفة

مقدمة من طرف:

بلغيث هديل

أمام اللجنة المكونة من:

طق محمد امين	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد العربي التبسي – تبسة-	رئيسا
بوخالفة راضية	أستاذة محاضرة أ	جامعة الشهيد العربي التبسي – تبسة-	مؤطرة
مرذوك فضيلة	أستاذة محاضرة أ	جامعة الشهيد العربي التبسي – تبسة-	ممتحنة

تاريخ المناقشة

2024/06/27

Scanné avec CamScanner

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي
ECHAHID CHEIKH LARBI TEBESSI UNIVERSITY, TEBESSA
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF EXACT SCIENCES, NATURAL AND LIFE SCIENCES

Département : Sciences de la matière.

Filière : physique

Spécialité : physique des Matériaux

Année universitaire 2023/2024

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

Données d'identification du candidat(es) :

Nom et prénom du candidat : Belghit Hadil

Intitulé du sujet : دراسة تكثيف الضباب الأولية لعينة ذات طبقة رقيقة من أكسيد الزنك في وجود مراوغ

Données d'identification du membre de jury :

Nom et prénom : Mahamed Amine TAG

Grade : MCA

Lieu d'exercice :Université Larbi Tebessi- Tébessa

Vu le procès-verbal de soutenance de la thèse sus citée comportant les réserves suivantes :

بعض الملاحظات حول الشكل
الفصل الأول
مراجع

Et après constatation des modifications et corrections suivantes :

تم تصحيح الخطأ

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

Le 24/06/2025

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

M.A. TAG

Scanné avec CamScanner

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي
ECHAHID CHEIKH LARBI TEBESSI UNIVERSITY, TEBESSA
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF EXACT SCIENCES, NATURAL AND LIFE SCIENCES

Département : Sciences de la matière.

Filière : physique

Spécialité : physique des Matériaux

Année universitaire 2023/2024

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

Données d'identification du candidats(es) :

Nom et prénom du candidat : Belghit Hadil

Intitulé duSujet : متابعة بث الضمائر الأولية لغشاء رقيق ضد أكاسيد أكثر تنك في درجات مرارة مختلفة

Données d'identification du membre de jury :

Nom et prénom : Mohamed Amine TAGI

Grade : MCA

Lieu d'exercice :Université Larbi Tebessi- Tébessa

Vu le procès-verbal de soutenance de la thèse sus citée comportant les réserves suivantes :

بعض التعليقات حول بعض الفصل الأول

Et après constatation des modifications et corrections suivantes :

تم أخذ جميع التعليقات

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

Le 24/06/2025

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

M.A. TAGI

Scanné avec CamScanner



الاهداء

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا على البدء والختام، ارى مرحلتي الدراسية قد شارفت على الانتهاء بالفعل، بعد تعب ومشقة دامت سنين في سبيل العلم حملت في طياتها امنيات، ها انا اليوم أقف على عتبة التخرج اقطف ثمار تعبي وأرفع قبعتي بكل فخر، فاللهم لك الحمد، لأنك وفقتني على اتمام هذا النجاح وتحقيق حلمي.

بكل حب أهدي ثمرة نجاحي وتخرجي:

الى من علمني ان الدنيا كفاح وسلاحها العلم، داعمي الاول في مسيرتي: أبي ادامك الله لي

الى من جعل الله الجنة تحت قدميها الى أغلى انسانة في الوجود: أمي أطال الله في عمرك

الى من ساندني وخطى معي خطواتي ويسر لي الصعاب: زوجي العزيز ادامك الله لي سندا

الى من تقاسمت الحياة معهم أخواتي الاعزاء (يسرى،عبير،شروق،اشراق) حفظكم الله

الى من شجعاني على اكمال مسيرتي الدراسية وكانا لي عونا، أم وأب زوجي

الى رفيقة الدرب صديقتي الغالية تقوى

الى كل من اعطاني يد العون وساعدني في انجاز هذه المذكرة

فجزاكم الله خيرا وأثابكم خير الجزاء



هديل بلغيث

شكر وعرفان

شكر وعرفان



الشكر الأول لله عز وجل الذي يسر لنا سبيل النجاح وأخرجنا من ظلمات الجهل إلى نور العلم و وفقنا لإنجاز هذا العمل المتواضع فله الحمد حتى يرضى وله الحمد بعد الرضا.

أتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذة "**بوخالفة ارضية**" أستاذة محاضرة أ بقسم علوم المادة جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي، لإشرافها ومتابعتها لي بالنصح والتوجيه.

كما أتقدم بالشكر إلى الأساتذة أعضاء لجنة المناقشة كل من:

الاستاذ **"طق محمد لمين"** أستاذ محاضرأ بقسم علوم المادة جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي على قبوله ترأس لجنة المناقشة

الاستاذة **"سردوك فضيلة"** أستاذة محاضرة أ بقسم علوم المادة جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي على قراءة ومناقشة هذه المذكرة

والى كل من ساهم في انجاز هذا العمل.....



هديل بلغيث

الفهرس

الفهرس

العنوان	الصفحة
الفهرس	I
قائمة الجداول قائمة	IV
الأشكال قائمة	V
الرموز مقدمة	VI
عامة	1

الفصل الأول: مفاهيم عامة حول الاكاسيد الناقلة الشفافة و اكسيد الزنك

I-1- تعريف الأكاسيد الناقلة الشفافة	3
I-2- انواع الاكاسيد الناقلة الشفافة	3
I-2-1- الاكاسيد الناقلة من النوع p	3
I-2-2- الاكاسيد الناقلة من النوع n	3
I-3- اهم مميزات الاكاسيد الناقلة الشفافة	3
I-4- بنية الأكاسيد الناقلة الشفافة	3
I-5- خصائص الاكاسيد الناقلة الشفافة	4
I-5-1-الخصائص الكهربائية	4
I-5-2- الخصائص الضوئية	4
I-5-2-1-الانعكاس	4
I-5-2-2-معامل الانكسار	5
I-5-2-3-النفاذية	5
I-6- معاير اختيار الاكاسيد الناقلة الشفافة	5
I-6-1- شفافية بصرية عالية	5
I-6-2-الناقلية الكهربائية العالية	5
I-6-3-الاستقرار الكيميائي و الحراري	5
	5
I-7- تطبيقات الاكاسيد الموصلة الشفافة	5
I-7-1-في الالكترونيات الضوئية	5
I-7-2-في المجال الكهروضوئي	6
I-7-3- النوافذ الكهروكرومية	6

I-7-4- الذكاء الصناعي 6
I-8- أكسيد الزنك 6
I-9- خصائص اكسيد الزنك 7
I-9-1- الخصائص البلورية 7
I-9-2- الخصائص الضوئية 8
I-9-3- الخصائص الكهربائية 8
I-11- تطبيقات اكسيد الزنك 8
I-11-1- الالكترونيات و الالكترونيات الضوئية 8
I-11-2- الطاقة و البيئة 8
I-11-3- التطبيقات الطبية الحيوية 9

الفصل الثاني: طريقة تحضير العينات وطريقة دراسة خواصها الضوئية

II-1- عموميات حول الأغشية الرقيقة وطرق ترسيبها 11
II-1-1- تعريف الشريحة الرقيقة 11
II-1-2- آليات تشكيل الأغشية الرقيقة 11
II-1-3- عمليات نمو الطبقات الرقيقة 11
II-1-4- انماط النمو 13
II-1-5- طرق تطوير الأغشية الرقيقة 13
II-1-5-1- طريقة الرش الكيميائي بالانحلال الحراري 14
II-1-5-2- مزايا رذاذ الانحلال الحراري 15
II-1-5-3- عيوب رذاذ الانحلال الحراري 15
II-2- الجانب التجريبي 16
II-2-1- وصف الطريقة التجريبي 16
II-2-2- إختيار وتنظيف الركائز 16
II-2-2-1-إختيار الركائز 16
II-2-2-2- تنظيف الركائز 17
II-2-3.- تحضير المحاليل 17
II-2-4- الشروط التجريبية 19
II-2-5- ترسيب الأغشية الرقيقة 19
II-3- الخصائص الضوئية 21
II-3-1- التحليل الطيفي للأشعة المرئية وفوق البنفسجية(UV-visible) 21
II-3-1-1- معامل الإمتصاص 21
II-3-1-2- الفاصل الطاقي 21
II-3-1-3- طاقة أورباخ 21

الفصل الثالث: دراسة النتائج التجريبية

III-1- تحديد سمك الطبقات الرقيقة 22
III-2- تحليل الخصائص الضوئية 22
III-2-1- النفاذية 22
III-2-2- الفاصل الطاقي 24
III-2-3- طاقة أورباخ 25
III-2-4- العلاقة بين الفاصل الطاقي طاقة أورباخ 26
الخاتمة العامة 27
المراجع 29
Résumé 34
Abstract 35
الملخص 36

قائمة الجداول

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
1.I	بعض الخصائص الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة	04
1. II	الشروط التجريبية المتبعة	19
1.III	قيم سمك الأغشية الرقيقة المحضرة تحت تأثير درجة حرارة الركيزة	22
2.III	قيم الفاصل الطاقي للأغشية الرقيقة المحضرة تحت تأثير درجة الحرارة	25
3.III	قيم طاقة اورباخ للأغشية الرقيقة المحضرة تحت تأثير درجة الحرارة	26

قائمة الأشكال

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
1.I	صورة لاكسيد الزنك	66
2.I	البنية البلورية لاكسيد الزنك	60
1.II	خريطة المفاهيم الخطوات في عملية تصنيع الأغشية الرقيقة	06
2.II	رسم تخطيطي لنواة الأغشية الرقيقة	00
3.II	رسم تخطيطي يوضح التجميع	01
4.II	رسم تخطيطي لنمو الأغشية الرقيقة	01
5.II	تصنيف ثلاثة أنماط لنمو الأغشية الرقيقة	01
6.II	رسم تخطيطي لتصنيف عمليات ترسيب الاغشية الرقيقة	01
7.II	تقنية الرش الايميائي بالانحلا الحراري	01
8.II	طريقة ترسيب الاغشية الرقيقة	06
9.II	القواعد الزجاجية المستعملة	00
11.II	الادوات المستعملة في تحضير المحلوt	01
11.II	محلوt الرش المتحصل عليه	01
1.III	طيف النفاذية لاغشية من أكسيد الزنك كدالة للطوt الموجي عند درجات حرارة مختلفة	11
2.III	تحديد الفاصل الطاقي بيانيا لاغشية من أكسيد الزنك كدالة للطاقة عند درجات حرارة مختلفة	11
3.III	تحديد قيم طاقة اورباخ و الفاصل الطاقي لاغشية من أكسيد الزنك عند درجات حرارة مختلفة	16

قائمة الرموز

قائمة الرموز

الرمـــز	المعنـــــى
TCO	الأكاسيد الناقلة الشفافة أكسيد
ZnO	الزنك
Eg	الفاصل الطاقي (eV)(او بمعنى اخر فجوة الطاقة) طاقة
E_{00}	اورباخ (eV)
d	سمك الغشاء (nm) النفاذية
T	(%) الإنعكاسية (%)
R	معامل الإمتصاص (cm^{-1})
α	ثابت بلانك (J.s)
h	الطول الموجي (nm)
λ	الكتلة
m	التركيز الحجم
c	الكتلة المولية
v	
M	

المقدمة العامة

ان دراسة المواد المرسبة بشكل طبقات رقيقة تعد إحدى الوسائل المناسبة لمعرفة العديد من خصائصها الفيزيائية و الكيميائية التي يصعب الحصول على خواصها بشكل طبيعي ، حيث لقيت الاكاسيد الناقلة الشفافة أهمية لدى الباحثين بفضل خاصيتها المزدوجة لكونها تمتلك شفافية عالية في المجال المرئي بالاضافة الى امتيازها بناقلية كهربائية جيدة و في السنوات الاخيرة تركزت الابحاث العلمية حول دراسة و تحضير الطبقات الرقيقة من الأكاسيد الشفافة الثنائية و الثلاثية .

تعد الاكاسيد الشفافة من المواد الاساسية التي تدخل في صناعة الاغشية الرقيقة ، حيث جذبت هذه الاخيرة اهتمام العديد من الباحثين من خلال مساهمتها في تطوير عدة مجالات صناعية و بحثية كمجال الالكترونيات و الالكترونيات البصرية ، و الكواشف و المحفزات الضوئية .

و مع زيادة التطور العلمي فقد تطورت طرق ترسيب الاغشية الرقيقة و اصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك و تجانس الغشاء . حيث تعددت طرق ترسيبها و أصبح لكل طريقة خصوصياتها و مميزاتها لتؤدي الغرض الذي استعملت من اجله . من اهم الطرق ، طريقة الرش بالانحلال الحراري التي سيتم عرضها في هذا العمل ، حيث ان الاغشية المحضرة بهذه الطريقة تكون شديدة الإلتصاق بالقاعدة و تمتاز بمواصفات كيميائية و فيزيائية جيدة .

يعد أكسيد الزنك من أهم الاكاسيد الشفافة . لكونة يمتلك خصائص كهربائية و بصرية و مغناطيسية تميزه عن بقية الاكاسيد ، لجعله عنصر فعالا في الكثير من التطبيقات الفيزيائية كالخلايا الشمسية ، الصمامات الباعثة و حساسات الغاز .

في هذا العمل سنقوم بترسيب أغشية رقيقة من أكسيد الزنك في درجات حرارة مختلفة ، حيث سيتم تقديم دراسة تجريبية توضح مدى تأثير درجة الحرارة على الخصائص الضوئية لأكسيد الزنك و المحضرة بتقنية الرش بالانحلال الحراري ، تم تجزئة هذا العمل الى ثلاث فصول كالأتي:

- الفصل الأول : **مفاهيم عامة حول الاكاسيد الناقلة الشفافة و أكسيد الزنك**

سنتطرق فيه الى دراسة نظرية حول مفهوم الاكاسيد الناقلة الشفافة، و شرح خصائصها الفيزيائية ، ثم التطرق الى أكسيد الزنك بصفة خاصة من خلال التعرف على خصائصه الفيزيائية و أهم استخداماته.

- الفصل الثاني : **طريقة تحضير العينات و طريقة دراسة خواصها الضوئية**

أما في هذا الفصل سنقدم فيه مفهوم موجز للطبقات الرقيقة بالاضافة الى تقنيات التحضير للطبقات الرقيقة، و بالخصوص تقنية الرش بالانحلال الحراري و كذلك التعرض للجانب التجريبي القائم على ترسيب طبقات
رقيقة من أكسيد الزنك ، و كذا طرق التحليل الطيفي للأشعة ألا و هي مطيافية الأشعة فوق البنفسجية و المرئية.

- **الفصل الثالث : دراسة النتائج التجريبية**

في هذا الفصل سنهتم فيه بعرض النتائج التجريبية و تفسيرها ، مع ذكر أهم الاستنتاجات المنبثقة من هذا العمل.

الفصل الاول

مفاهيم عامة حول الاكاسيد الناقلة الشفافة واكسيد الزنك

يركز هذا الفصل على دراسة الاكاسيد الناقلة الشفافة من حيث التعريف و الخصائص بالاضافة الى دراسة أكسيد الزنك مع ذكر تطبيقات و استخدمات أكسيد الزنك.

I.1.تعريف الاكاسيد الشفافة الناقلة

الأكاسيد الموصلة الشفافة (TCO)هي فئة من المواد التي تظهر ناقلية كهربائية عالية وشفافية ضوئية عالية في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي. وهي عادة عبارة عن أشباه موصلات ذات فجوة طاقة واسعة مع تركيز حاملات كبير مما يسمح لها بتوصيل الكهرباء مع السماح للضوء بالمرور [1].

I.2.أنواع الاكاسيد الناقلة الشفافة

I.1.2. الاكاسيد الناقلة من النوع P

و هي مواد تجمع بين الشفافية العالية والناقلية العالية. فهي ضرورية لمجموعة متنوعة من التطبيقات، بما في ذلك الخلايا الشمسية ، والثنائيات العضوية، وشاشات العرض المسطحة [2].

I.2.2. الاكاسيد الناقلة من النوع n

هي مواد تظهر شفافية جيدة في النطاق المرئي للطيف الشمسي والتوصيل الكهربائي العالي. يتم استخدامها في العديد من التطبيقات الإلكترونية الضوئية، مثل شاشات العرض والخلايا الشمسية ومصابيح LED وما إلى ذلك. [3]

I.3.اهم مميزات الاكاسيد الناقلة الشفافة

من أهم خصائص الاكاسيد الناقلة الشفافة[4] :

- **عرض فجوة الطاقة الممنوعة** والذي يحدد عتبة الشفافية للمادة واستقرارها الكيميائي.
- **تركيز وحركة حاملات الشحنة** والتي تؤثر على المقاومة الكهربائية وتأثير هول للمادة.
- **خشونة والتصاق الغشاء الرقيق** مما يؤثر على الجودة البصرية ومتانة المادة.
- **التوافق مع الركائز وعمليات التصنيع** والتي تحدد تكلفة وأداء الجهاز النهائي.

I.4. بنية الاكاسيد الناقلة الشفافة

يعتمد هيكل الأكاسيد الموصلة الشفافة على نوع وتكوين العناصر الكيميائية المصنوعة منها. بشكل عام، فهي تتمتع ببنية بلورية تشبه الفلوريت تعاني من نقص الأكسجين، مما يمنحها ناقلية كهربائية جيدة وشفافية عالية في النطاق المرئي للضوء[2،5،5].

I.5.خصائص الاكاسيد الناقلة الشفافة

I.5.1الخصائص الكهربائية

عادة ما يكون لدى الاكاسيد الناقلة الشفافة فجوة واسعة النطاق، مما يسمح لها بأن تكون شفافة للضوء المرئي. لديهم أيضا تركيز عال من الناقلات الحرة والتي تؤثر على المقاومة الكهربائية وتأثير هول للمادة و يمنحهم مقاومة كهربائية منخفضة.

تعتمد TCOs الأكثر شيوعا على أكاسيد الإنديوم والقصدير والزنك. أكسيد القصدير الإنديوم (ITO) هو إجمالي تكلفة الملكية الأكثر استخداما، وعادة ما يتم ترسبه عن طريق الاخرق أو ترسيب البخار الكيميائي. تشمل TCOs الأخرى أكسيد الزنك (ZnO) وأكسيد القصدير (SnO2) وأكسيد الكادميوم(CdO).يمكن تحسين الخصائص الكهربائية ل TCOs عن طريق تطعيمها بعناصر أخرى، فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤدي تطعيم ITO بالفلور إلى زيادة الناقلية وجعلها أكثر شفافية للضوء المرئي.

]8،7[

I.5.2.الخصائص الضوئية

يلخص الجدول التالي الخصائص البصرية لبعض TCOs الشائعة**]10،9[**:

Material	Band gap (eV)	Transparency range (nm)	Refractive index
ITO	3.7	300-2500	1.8-2.2
ZnO	3.3	350-1500	2.0
SnO2	3.6	400-2500	1.8-2.2
CdO	2.4	500-2500	2.0

الجدولI. 1 بعض الخصائص الضوئية للاكاسيد الناقلة الشفافة

بالإضافة إلى المعلومات الواردة في الجدول أعلاه، إليك بعض الخصائص البصرية المهمة الأخرى:

I.5.2.1. الانعكاس :هو مقياس لكمية الضوء التي تشتت بواسطة مادة. عادة ما يكون الانعكاس منخفض ، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في التطبيقات التي تتطلب إرسالا بصريا واضحا.

I.2.2.5. معامل الانكسار: معامل الانكسار للمادة هو مقياس لمقدار الضوء الذي ينحني عندما يمر عبر المادة. عادة ما يكون للاكاسيد الناقلة الشفافة معامل انكسار قريب من معامل الزجاج، مما يجعل من السهل دمجها في الأنظمة البصرية.

I.3.2.5. النفاذية: نفاذية المادة هي مقياس لمقدار الضوء الذي ينتقل عبر المادة. عادة ما يكون للاكاسيد الناقلة الشفافة نفاذية عالية في المناطق المرئية والقريبة من الأشعة تحت الحمراء من الطيف.

I.6.معايير اختيار الأكاسيد الناقلة الشفافة

معايير اختيار الأكاسيد الناقلة الشفافة عديدة وتعتمد على التطبيق المحدد المقصود منها. ومع ذلك، يمكن تحديد بعض المعايير العامة:]10،11[

I.1.6. شفافية بصرية عالية: يجب أن تتمتع بنفاذية عالية للضوء في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي (044-044 نانومتر). هذا مهم لتطبيقات مثل شاشات العرض المسطحة والخلايا الشمسية والنوافذ الذكية.

I.2.6. الناقلية الكهربائية العالية: يجب أن تتمتع أيضا بموصلية كهربائية عالية للسماح بمرور التيار الكهربائي. هذا مهم لتطبيقات مثل الأقطاب الكهربائية الشفافة وأجهزة الاستشعار والأجهزة الإلكترونية الضوئية.

I.3.6. الاستقرار الكيميائي والحراري: يجب أن تكون مستقرة كيميائيا وحراريا من أجل تحمل ظروف التشغيل القاسية ، مثل درجات الحرارة المرتفعة والبيئات المسببة للتآكل. هذا مهم لتطبيقات مثل الخلايا الشمسية والأجهزة الإلكترونية الضوئية.

I.4.6. انخفاض تكلفة الإنتاج : يجب الإنتاج بتكلفة منخفضة حتى تكون قادرة على المنافسة في السوق. هذا مهم لتطبيقات مثل الشاشات المسطحة والنوافذ الذكية

I.7. تطبيقات الأكاسيد الموصلة الشفافة]3،،3[

يتم استخدامها في العديد من التطبيقات في الإلكترونيات الضوئية، الخلايا الكهروضوئية، شاشات العرض المسطحة، النوافذ الكهرومغناطيسية، الذكاء الاصطناعي ...إلخ

I.1.7. في الإلكترونيات الضوئية : تستخدم كأقطاب كهربائية شفافة في الأجهزة الضوئية المختلفة. على سبيل المثال، في شاشات العرض المسطحة، حيث يتم استخدام أكسيد القصدير الإنديوم (ITO)، كأقطاب كهربائية شفافة للسماح للضوء بالمرور مع توفير التوصيل الكهربائي لتنشيط وحدات البكسل. بالإضافة إلى

ذلك، يتم استخدامها في الثنائيات العضوية الباعثة للضوء لضمان توزيع موحد للضوء وكفاءة عالية في استخدام الطاقة.

2.7.I. في المجال الكهروضوئي : مثل الخلايا الشمسية لجمع التيار الكهربائي الناتج عن الخلايا. كأقطاب كهربائية شفافة، فهي تسمح بنقل ضوء الشمس عبر اللوحة مع ضمان التوصيل الكهربائي العالي لتجميع التيار بكفاءة.

3.7.I. النوافذ الكهروكرومية هي مجال تطبيق مهم آخر لها حيث يمكن لهذه النوافذ تغيير الشفافية استجابة لإشارة كهربائية. وتستخدم الاكاسيد الناقلة الشفافة هنا كأقطاب كهربائية في هذه النوافذ، مما يسمح بالتحكم الدقيق في انتقال الضوء والحرارة عبر النافذة. يساعد ذلك في تنظيم السطوع وتقليل الوهج والتحكم في الحرارة الواردة، مما يحسن كفاءة الطاقة في المباني.

4.7.I. الذكاء الاصطناعي : مثل أجهزة رؤية الكمبيوتر وأجهزة استشعار الصور. تسمح شفافيتها البصرية بالكشف الدقيق عن الضوء والصور، بينما تسمح الناقلية الكهربائية بنقل الإشارات بسرعة. كما تستخدم في مستشعرات صور الكاميرا وأجهزة التعرف على الوجه واكتشاف الأشياء، بالإضافة إلى التطبيقات الأخرى المتعلقة بالذكاء الاصطناعي.

8.I. أكسيد الزنك (ZnO)

أكسيد الزنك (ZnO)هو مادة نانوية شبه موصلة غير سامة ومتوافقة حيوياً وقابلة للتحلل الحيوي [1،،5] فهو مركب غير عضوي صيغته الكيميائية ZnOوهو عبارة عن مسحوق أبيض غير قابل للذوبان في الماء وله هيكل بلوري سداسي الشكل[5]. ويمكن تصنيعه بطرق مختلفة وله خصائص ضوئية وكهربائية فريدة من نوعها. له مجموعة واسعة من التطبيقات، مثل الإلكترونيات الضوئية وأجهزة الاستشعار والحفز والطب النانوي [1،،5] .



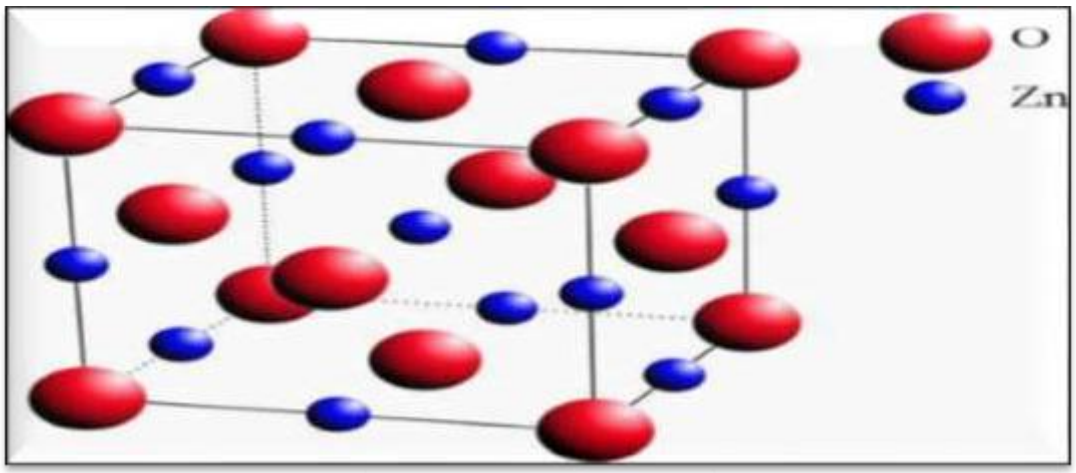
الشكل1.I : صورة لا كسيد الزنك.[7]

I.9.خصائص أكسيد الزنك

يتميز أكسيد الزنك (ZnO) بمجموعة رائعة من الخصائص التركيبية التي تساهم في تطبيقاته المتنوعة.

I.9.،.الخصائص البلورية

- **التركيب البلوري:**البنية المهيمنة والأكثر استقرارًا لأكسيد الزنك ZnO هي بنية Wurtzite السداسية. تخيلوا رباعي الأوجه المتكونة من ذرات الأكسجين المحيطة بكل ذرة زنك، مما يخلق ترتيبًا سداسيًا على طول المحور c تلعب هذه البنية دورًا رئيسيًا في خصائص ZnO الفريدة]8،[.في حين أن أكسيد الزنك السداسي الشكل هو التركيب الأساسي، لكن يمكنه أن يُظهر في أطوارًا أخرى أقل شيوعًا مثل اكسيد الزنك المكعب في ظل ظروف معينة]9،[.



الشكل2.I : البنية البلورية لأكسيد الزنك]9،[.

- **معاملات الشبكة:**القيم النموذجية للزنك الزنك السداسي الشكل هي:]9،[

الثوابت الشبكية: a = b = 3.203 Å ، c = 5.245 Å ، نسبة c/a ≈ 1.542

- **حجم البلورة:** يمكن أن تختلف تبعًا لطريقة التركيب وظروفه، مما يؤثر على الخصائص مثل فجوة النطاق والتوصيلية.

يمكن أن تؤثر العيوب داخل التركيب البلوري، مثل الشواغر أو الذرات الاخلالية، بشكل كبير على سلوك الزنك، مثل الذرات الاخلالية. ويمكن أن يؤدي التطعيم، أي إدخال ذرات غريبة عن قصد، إلى تعديل خصائصه الكهربائية والبصرية، مما يجعله مفيدًا في الإلكترونيات والإلكترونيات الضوئية]32،3[.

I.3.9.الخصائص الضوئية

لا يبهر أكسيد الزنك (ZnO) فقط بتركيباته المتنوعة ولكن أيضًا بخصائصه الضوئية الرائعة والمتمثلة في:

- **فجوة طاقة:** يتميز ZnO بفجوة طاقة واسعة ومباشرة تبلغ حوالي 3.3 فولت [31-33].
- **النفاذية:** تصل قيمة النفاذية الى % 90 [31].

I.3.9.الخصائص الكهربائية

يتميز اكسيد الزنك بناقلية كهربائية طبيعية من النوع n ناتجة عن شواغر الاكسجين او وجود ذرات الزنك البينية، حيث تعتمد على كثافة الالكترونات في عصابة التوصيل، ويمكن أن تتغير قيمتها في حالة تطعيمه بشوائب.

تكون قيمة الناقلية الكهربائية لأكسيد الزنك النقي عالية وذلك بسبب التركيز العالي للالكترونات الحرة كما يمكن ان تنسب الى خلل في الستكيومترية أو عيوب في البنية [25]

I.2،.تطبيقات أكسيد الزنك

يتجاوز أكسيد الزنك (ZnO) خصائصه الهيكلية والكهربائية الرائعة من خلال تقديم كنز دفين من التطبيقات في مجالات متنوعة.

I.2،.،.الإلكترونيات والإلكترونيات الضوئية

- **الأقطاب الكهربائية الشفافة:** إن الموصلية العالية والشفافية التي تتمتع بها ZnO تجعلها نجمة في الشاشات التي تعمل باللمس وشاشات العرض [35]
- **مصابيح LED:** انبعاثات ZnO القابلة للضبط تمهد الطريق لمصابيح LED ملونة وفعالة [32]
- **الترانزستورات:** حركية الإلكترونات العالية في ZnO تجعل منه مرشحًا واعدًا للترانزستورات عالية الأداء. [38]

I.3.،2.الطاقة والبيئة

- **الخلايا الشمسية:** يجد الزنك أو ZnO تطبيقًا في الخلايا الشمسية الحساسة للصبغة نظرًا لخصائصه ذات فجوة النطاق الواسعة وخصائص نقل الإلكترونات. [39]
- **مستشعرات الغاز:** حساسية سطح الزنك، مما يجعله بارعًا في الكشف عن الغازات المختلفة[32]
- **معالجة المياه:** تتيح خصائص التحفيز الضوئي التي يتميز بها الزنك أو تحفيزه الضوئي تحلل الملوثات والبكتيريا في الماء [3،]

I.2،3.التطبيقات الطبية الحيوية

التوافق الحيوي للزنك وخصائصه المضادة للبكتيريا تجعله مناسبًا للزراعات الطبية الحيوية وأنظمة توصيل الأدوية [33].

الفصل الثاني

طريقة تحضير العينات وطريقة دراسة خواصها الضوئية

في هذا الفصل سنتعرض للجانب التجريبي المتبع في تحضير اغشية رقيقة من اكسيد الزنك بتركيز معين ودرجة حرارة مختلفة بطريقة الرش بالانحلال الحراري الكيميائي ثم التعرف على طريقة تحليل الخصائص الضوئية لهذه العينات

II.1. عموميات حول الاغشية الرقيقة و طرق الترسيب II .1.1.

تعريف الأغشية الرقيقة

الشريحة الرقيقة عبارة عن طبقة موحدة ورقيقة نسبيا من المواد التي تم تقليلها بشكل كبير بحيث لا تتجاوز هذه المسافة الحدودية الصغيرة، 1 مايكرومتر، مما يؤدي إلى طبقة ثنائية الأبعاد تقريبا مضطربة لغالبية الخصائص الفيزيائية، تترسب على سطح صلب يسمى الركيزة]33[.

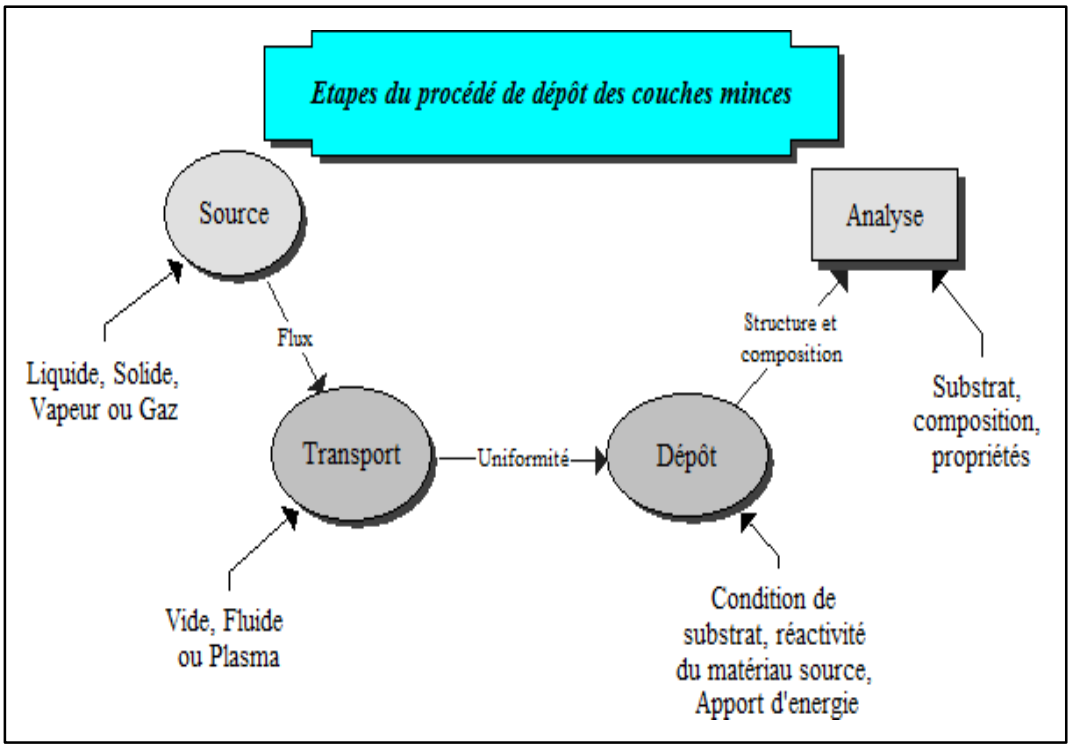
II.1.1.آليات تشكيل شريحة رقيقة :

تتم جميع عمليات الأغشية الرقيقة في ثلاث خطوات **الشكل(II.1)**]34[

1.إنتاج الأنواع الأيونية والجزيئية والذرية المناسبة .

2.نقل هذه الأنواع إلى الركيزة.

3.يحدث التكثيف على نفس الركيزة إما مباشرة أو من خلال تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي من أجل تكوين الرواسب الصلبة ، وغالبا ما تمر هذه المرحلة بثلاث مراحل: التنوي والالتحام ثم النمو.



الشكل(II.1) خريطة المفاهيم الخطوات في عملية تصنيع الأغشية الرقيقة]35[.

الطرق العامة لترسيب الأغشية الرقيقة موضحة في الرسم التخطيطي (الشكل I-1)أعلاه ، حيث

:]36[

ا. المصدر: يختلف المصدر الذي يشكل المادة الأولية للأغشية الرقيقة في وضع يمكن أن يكون صلبا أو سائلا أو بخاريا أو غازيا، اعتمادا على طريقة الترسيب.

ب .في خطوة النقل، يكون توحيد تدفق الأنواع التي تصل إلى سطح الركيزة عنصر مهم ،ويمكن أن تؤثر عدة عوامل على هذا الاتساق وتعتمد على التي يحدث فيها النقل ، فراغ عالي أو سائل "بشكل أساسي الغازات."

ج. الخطوة الثالثة في عملية معالجة الأغشية الرقيقة هي ترسب الفيلم إلى سطح الركيزة. تمر هذه الخطوة عبر خطوات التنوي والتجميع.

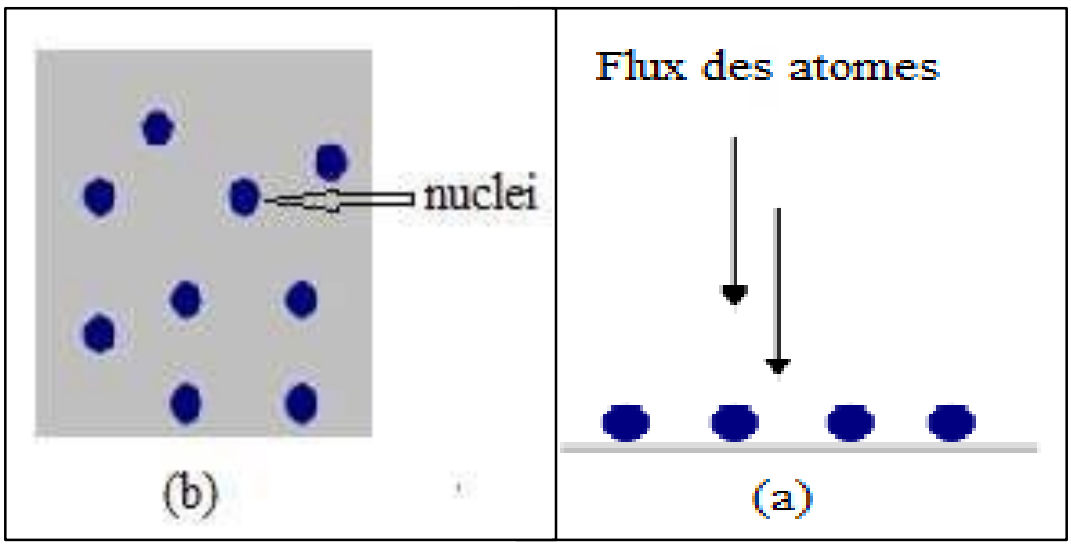
د. التحليل: الخطوة الأخيرة في عملية التصنيع هي الحاجة إلى تحليل الفيلم المجموعة الناتجة. المستوى الأول من التحكم في المواد هو إجراء قياسات مباشرة لممتلكاتهم

3.1II.عمليات نمو الطبقة الرقيقة

يمكن تلخيص عملية نمو طبقة رقيقة في ثلاث خطوات :

1.التنوية:

عندما تصل الأنواع (الجزيئات والذرات والأيونات) إلى سطح الركيزة (الشكلII-2) يفقدون بعض طاقتهم الحركية ويتم امتصاصهم على سطح الركيزة وتكون في حالة توازن حراري[33].



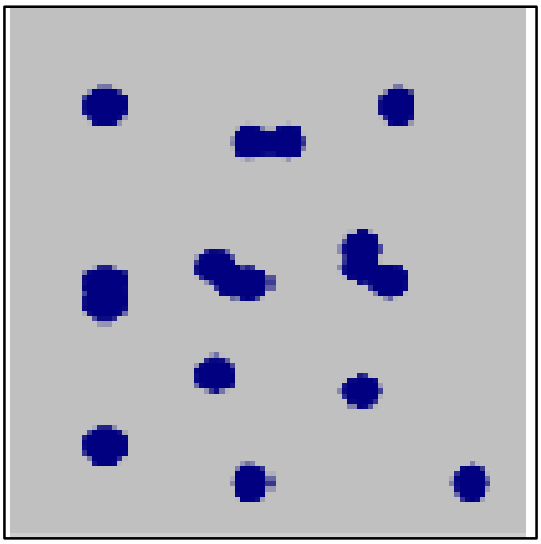
الشكل(1.II) رسم تخطيطي لنواة الأغشية الرقيقة:

(a) وصول الذرات إلى الركيزة ، (b)

مورفولوجيا الركيزة

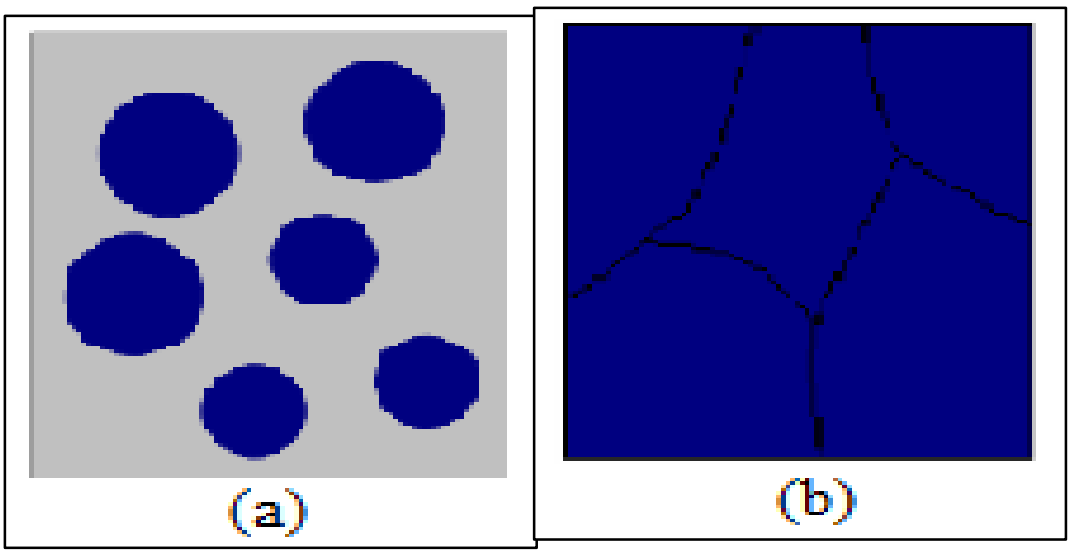
2.تكاثف:

بعد ذلك ، تتحد الجزر مع بعضها البعض (الشكلII-3)، ولكن عندما تصل إلى حجم معين ، تصبح مستقرة من الناحية الديناميكية الحرارية. نحن نقول إن عتبة النمو قد تم تجاوزها وأنه في هذه المرحلة ، تظهر جزر مستقرة شكل]35[



الشكل(3.II) رسم تخطيطي يوضح التجميع. **3.النمو:**

تستمر الجزر في النمو من حيث العدد والحجم ولا تترك مساحات صغيرة (الشكلII-4) عند هذه النقطة، يتغير هيكل الطبقة من متقطع إلى مستمر من خلال الجمع بين هذه المجموعات وتغطية السطح بالكامل، وهذه الخطوة يستمر التكامل حتى يصل إلى مرحلة التنوي عند التشبع]35[



الشكل(4.II) نمو الأغشية الرقيقة

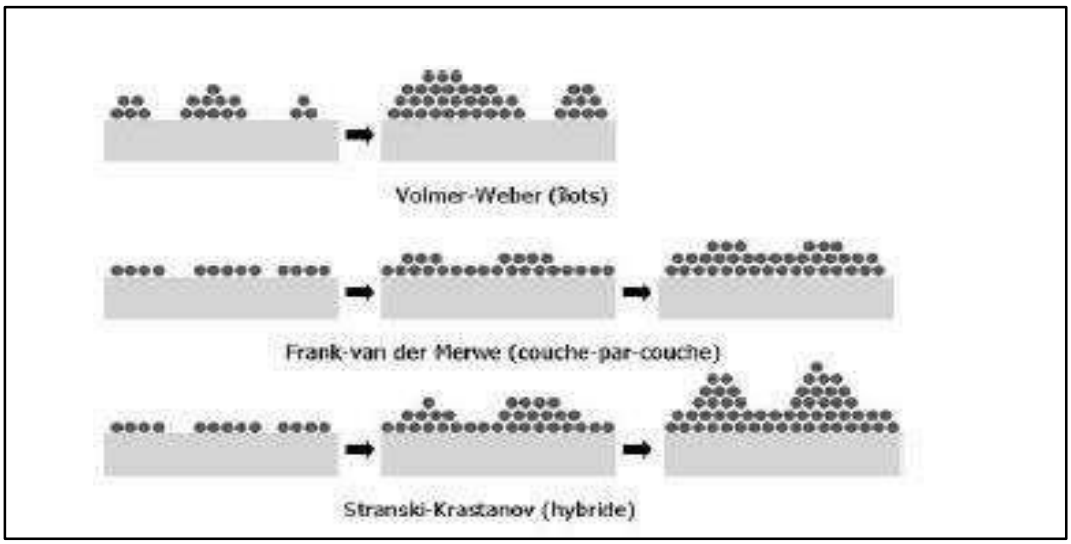
II.1.1. أنماط النمو

يصنف نمو الأغشية الرقيقة على الركيزة إلى ثلاث فئات (الشكلII-5)على النحو التالي]33[

1.الوضع ثنائي الأبعاد :حيث تترسب الذرات طبقات بسهولة فوق أخرى على الركيزة ، هذا هو الوضع الذي ينتج عنه سطح مسطحة وسلسة.

2.الوضع ثلاثي الأبعاد: في ذلك ، تنمو الطبقات الرقيقة عموديا فوق سطح الركيزة في مجموعات.

3.الوضع المختلط : هو مزيج من الأوضاع السابقة. تتكون بداية النمو من تكوين عدد قليل من الطبقات الأحادية المثالية ، ثم يتم تكوين جزر ثلاثية الأبعاد.



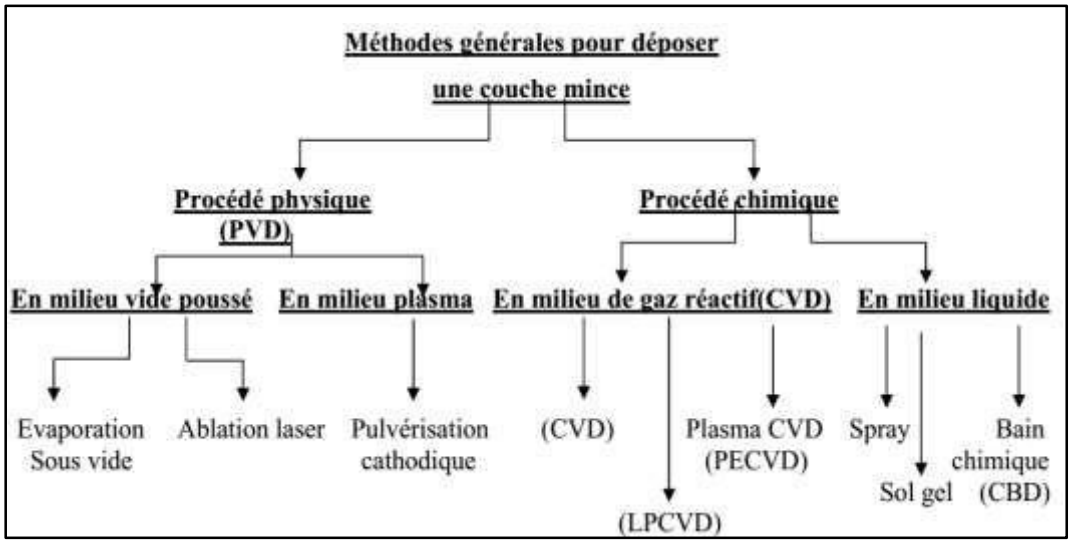
الشكل(II.5) تصنيف ثلاثة أنماط لنمو الأغشية الرقيقة]33[.

II.1.5. طرق تطوير الأغشية الرقيقة

يمكن تقسيم العمليات المستخدمة لترسيب الأغشية الرقيقة إلى مجموعتين اعتمادا على طبيعة عملية الترسيب الفيزيائية أو الكيميائية **الشكل(II.6)**]39[.

1.تشمل العمليات الفيزيائية ترسيب البخار الفيزيائي :(PVD) الاقتلاع بالليزر ، التبخير في الفراغ ..... الخ; .

2.تشمل الطرق الكيميائية ترسيب الطور الغازي وعمليات الطور السائل. طرق الطور الغازي هي: ترسيب البخار الكيميائي (CVD) والطبقة الذري (ALE) ، بينما تستخدم طرق الانحلال الحراري ، sol-gel، الحمام الكيميائي المحاليل كسلائف.

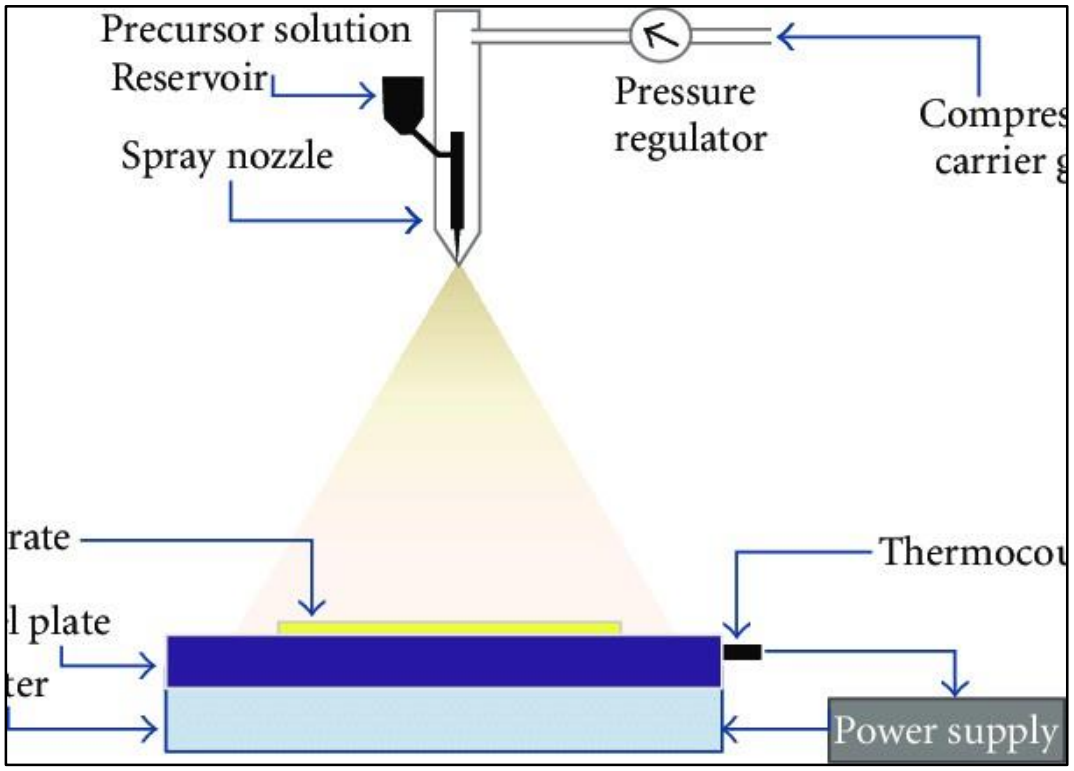


الشكل(6.II) رسم تخطيطي لتصنيف عمليات ترسيب الاغشية الرقيقة]14[

1.5.1.II طريقة الرش الكيميائي بالانحلال الحراري : انظر الشكل (7-II)

الرش الكيميائي بالانحلال الحراري هو عملية تستخدم لايداع الاغشية الرقيقة عن طريق رش سلائف سائلة على ركيزة ساخنة . حيث تخضع للانحلال الحراري و هي عملية تتحلل فيها السلائف و تشكل طبقة صلبة]11.11.13[تتضمن التقنية رش سلائف سائلة في قطرات دقيقة على ركيزة ساخنة . حيث تخضع للانحلال الحراري . و هي عملية تتحلل فيها السلائف و تشكل طبقة صلبة . خصائص السلائف و معدل التدفق او ضغط الغاز الحامل . و تركيز المحلول . و المسافة بين الفوهة و الركيزة . ووقت الترسيب . و درجة حرارة الركيزة كلها معلمات تؤثر على عملية الترسيب . درجة حرارة و مولارية المحلول هما المعلمتان الرئيستان لاي ترسب . الرش بالانحلال الحراري هو بديل بسيط نسبيا و فعال من بحيث التكلفة لتقنيات الترسيب الاخرى . و يمكن استخدامه لايداع مجموعة متنوعة من المواد . بما في ذلك اشباه الموصلات و السيراميك.]11[

تم استخدام هذه الطريقة لترسيب الافلام الكثيفة و الاغشية المسامية و لانتاج المسحوق . حتى الاغشية متعددة الطبقات يمكن تحضيرها باستخدام هذه التقنية متعددة الاستخدامات. الرش بالانحلال الحراري بالموجات فوق صوتية لتفتيت محلول المصدر . مما يؤدي الى اخراج اكثر تجانسا و عالية الجودة]11[



الشكل (3.II) تقنية الرش الكيميائي بالانحلال الحراري]11[

1.5.1.II. مزايا رذاذ الانحلال الحراري 1.

سرعة و بساطة تنفيذه

1. السيطرة على التركيب الكيميائي للمادة المودعة

3. القدرة على استخدام سلائف متعددة في نفس الوقت . خاصة بالنسبة للمنشطات 1. الجودة العالية للاغشية الرقيقة التي تم الحصول عليها

5. التكلفة المنخفضة و قابلية التصنيع لهذه التقنية

6. القدرة على عمل رواسب على الاسطح الكبيرة . مثل الخلايا الشمسية او الالواح المسطحة

.]15[

1.5.1.II. عيوب رذاذ الانحلال الحراري

1. خطر ادخال الشوائب في المحلول او على الركيزة . و التي يمكن ان تؤثر على خصائص الاغشية الرقيقة

1. الحاجة الى اضافة حمض للحصول على حلول متجانسة و تجنب ترسيب المكونات 3. اعتماد حجم الجسيمات المقذوفة على تركيز المحلول

1. انتاج الغاز التخليقي . الذي يمكن استغلاله كمصدر للطاقة النظيفة . و لكن يمكن ان يكون ضارا بالبيئة ايضا]16[.

1.II الجانب التجريبي

1.1.II. وصف الطريقة التجريبية

الطريقة التجريبية المستخدمة في تحضير الاغشية الرقيقة من اكسيد الزنك بطريقة الرش الكيميائي بالانحلال الحراري موضحة في الشكل(II-8)



الشكل (3.II) طريقة ترسيب الاغشية الرقيقة

حيث استخدمنا في هذه التقنية اجهزة بسيطة وغير مكلفة تتكون عناصرها الرئيسية من :

- اداة الرش: استعملنا قارورة زجاجية حجمها v=30ml

دورها: رش المحلول على شكل رذاذ(قطرات صغيرة) على بعد 02 من سطح الركيزة

-الركيزة: شرائح من الزجاج. -حامل الركيزة:عبارة عن لوح تسخين تم التحكم في درجة حرارته باستخدام منظم الحرارة الرقمي المتصل بمزدوجة حرارية.

1.1.II. اختيار وتنظيف الركائز

1.1.1.II.اختيار الركائز

يعتبر اهم خطوة لنجاح عملية الترسيب حيث استعملنا شريحة زجاجية من نوع :

(Glass Slide Microscope CAT.NO.7107)

موضحة في الشكل (II-9)مقسمة الى مربعات صغيرة تم اختيار هذه الركائز لاسباب منها:

- تقارب معامل التمدد الحراري للزجاج واكسيد الزنك مما يعززالالتصاق الجيد.

- متوفرة وذات تكلفة منخفضة.

- شفافية عالية.



الشكل (9.II) القواعد الزجاجية المستعملة

1.1.1.II. تنظيف الركائز

يعتبر تنظيف الركائز من اهم الخطوات لازاتة اثار الغبار و الدهون و الرواسب و التحقق من سلامة سطح الركيزة من العيوب مما يظمن لنا الحصول على اغشية ذات التصاق جيد و سميك يتم ذلك حسب الخطوات التالية :

- نغمر الركائز الزجاجية في بيشر به محلول الميثانول لمدة 5 دقائق.

- تغسل هذه الركائز بالماء المقطر لمدة 12 دقائق .

- تجفف باستعمال مناديل ورقة او مجفف.

3.1.II. تحضير المحاليل

لترسيب اغشية رقيقة من اكسيد الزنك نحضر المحلول الاولي باستخدام اسيتات الزنك(أنظر الشكل II.10).

نقوم باذابة كتلة قدرها من اسيتات الزنك في حجم من الميثانول حيث يتم حساب الكتلة المطلوب اذابتها بتركيز C=0.1 mol/l

$$m=M.c.v \qquad (1\text{-}II)$$

M:الكتلة المولية لنترات الزنك (mol) **V**: حجم

المحلول(mol/l)

C تركيز المحلول (l)



الشكل (14.II) الادوات المستعملة في تحضير المحلول

ولضمان ذوبان المحلول بشكل جيد نقوم بخلطه بالتأثير المغناطيسي (الشكل II-11) لمدة زمنية قدرها (02 دقيقة) فنتحصل على محلول شفاف متجانس.



الشكل(II .11) محلول الرش المتحصل عليه

1.1.II. الشروط التجريبية

في هذا العمل تم تطبيق عدة شروط تجريبية للحصول على اغشية رقيقة ذات جودة جيدة.

الجدول(1.II) يوضح الشروط التجريبية المطبقة :

الجدول(1. II) الشروط التجريبية المتبعة

الحجم	التركيز	درجة الحرارة(°م)	البعد بين الركيزة واداة الرش	زمن الترسيب
v=30ml	0.1mol/l	322	20cm	5 min
		382		
		462		
		542		

5.1.II. ترسيب الاغشية الرقيقة

بعد تحضير المحلول الاولي وتنظيم الركائز نبدأ بترسيب الاغشية الرقيقة بتغيير درجة الحرارة من 322 الى 542 درجة مئوية بفارق 82 درجة في كل مرة.

بإتباع الخطوات التالية :

- نضع الركيزة فوق المسخن الكهربائي و نتركها تسخن انطلاقا من درجة حرارة الغرفة وصولا الى درجة الحرارة المطلوبة (322 مثلا) لتجنب تعرض الركائز لصدمة حرارية مما يؤدي الى اتلافها.

- نبدأ برش قطرات دقيقة من المحلول الموضوع داخل قارورة ذات حجم

V=32 ml على سطح الركيزة الساخنة على بعد مسافة 02 cm

يسمح لنا هذا بتنشيط التفاعل الكيميائي بين مكونات المحلول فيتبخر هذا الاخير و تتشكل لنا طبقة من أكسيد الزنك.

- بعد انتهاء عملية الترسيب نغلق السخان الكهربائي و نترك العينة فوقه حتى تنخفض درجة حرارتها لتجنب انكسارها و اكتمال عملية أكسدة الطبقة المحضرة.

- نكرر العملية في كل مرة بتغير درجة الحرارة حسب الشروط التجريبية السابقة.

3.II الخصائص الضوئية

تسمح دراسة التحليل الطيفي للخصائص الضوئية للاغشية الرقيقة بتحديد عدد كبير من الثوابت البصرية لهذه الاغشية . حيث تتميز الطرق الضوئية عن الكهربائية بكونها غير مكلفة و حساسة

لهذا تم اختيار الطرق التي تعمل على تحليل الخصائص الضوئية و إعطاء قياسات النفاذية بحيث تساهم هذه القياسات في تحديد سمك الغشاء, طاقة أورباخ,الفاصل الطاقي.....

1.3.II التحليل الطيفي للاشعة فوق البنفسجية و المرئية

من أجل دراسة الخصائص البصرية لاغشية رقيقة نستخدم تقنية قياس الطيف الضوئي في مجال الاشعة فوق البنفسجية والمرئية وتعتمد هذه التقنية على تفاعل الضوء مع العينة المراد تحليلها.اذ ان جزءا من الشعاع الساقط يمتص او ينفذ عبر العين حيث ان الطاقة الممتصة تسبب اضطراب في البنية الالكترونية تتطبقة الرقيقة مما ينتج عنه انتقال الالكترونات من مستوى طاقي اقل الى مستوى طاقي اعلى.]13[

من خلال نتائج التحليل الطيفي لاشعة فوق بنفسجية و المرئية للأغشية الرقيقة تمكنا من رسم المنحنيات التي تمثل تغيرات النفاذية بدلالة الطول الموجي و يمكن استثمار هذه المنحنيات لتحديد الكثير من الخصائص الضوئية منها :

1.1.3.II معامل الامتصاص

هو مقياس لمدى امتصاص مادة ما للضوء .و يمكن تحديده من خلال طيف النفاذية باستخدام العلاقة :

]13[

$$\alpha = \frac{1}{d} \quad ln \quad \left(\frac{100}{T}\right) \qquad \textbf{(2-II)}$$

T: النفاذية

d :سمك الغشاء

α : معامل الامتصاص

II.1.1.3. الفاصل الطاقي

هو الحد الادنى للطاقة اللازمة لاثارة الكترون من أعلى مستوى طاقة مشغول في نطاق التكافؤ الى ادنى مستوى طاقة غير مشغول في نطاق التوصيل [19]، يرمز لها بالرمز الفيزيائي Eg، و تعطى العلاقة التي تربط بين معامل الامتصاص و الفاصل الطاقي

$$(\alpha h\nu)^2 = A(h\nu - Eg) \qquad \textbf{(3-II)}$$

A: ثابت

Eg :الفاصل الطاقي وحدته (eV)

hv:طاقة الفتون وحدتها (eV)

II.1.1.3. طاقة أورباخ

تعد طاقة أورباخ من الثوابت المهمة التي تميز الخصائص الضوئية لطبقة رقيقة، ويمكن وصفها بأنها عبارة عن التذبذبات في قيمة عرض الفجوة الطاقية عند تغير البنية الإلكترونية للمادة [06]،حيث تميز حالة العشوائية في المادة، وبموجب قانونه فإن العلاقة التي تربط بين طاقة أورباخ ومعامل الإمتصاص يعبر عنها بالعلاقة[54]:

$$\alpha = \alpha o \; exp. \left(\frac{h\nu}{Eu}\right) \qquad \textbf{(1-II)}$$

وتكتب العلاقة بالشكل التالي:

$$ln\alpha = ln\alpha o + \frac{h\nu}{Eu} \qquad \textbf{(5-II)}$$

α_2: معامل الإمتصاص الذي تكون من أجله قيمة الإمتصاص دنيا.

ويمكن تحديد طاقة اورباخ E_{00} من خلال رسم منحنى تغيرات الدالة الخطية ln α بدلالة طاقة الفوتون hv عن طريق حساب ميل المنحنى الناتج $\frac{1}{E_{00}}$.

الفصل الثالث

دراسة النتائج التجريبية

يتضمن هذا الفصل عرض النتائج التجريبية و تفسيرها لدراسة مدى تاثير تغير درجة حرارة الركيزة لطبقات رقيقة لاكسيد الزنك على الخصائص الضوئية لهذه الطبقات المرسبة بطريقة الرش بالانحلال الحراري . وقد اعتمدنا في هذه الدراسة على مطيافية الاشعة فوق البنفسجية و المرئية لقياس شفافية و امتصاصية هذه الشرائح و من ثم تحديد معامل الامتصاص و الفاصل الطاقي و طاقة اورباخ.

1.III. تحديد سمك الطبقات الرقيقة

يعد سمك الطبقات الرقيقة احد اهم العوامل المستعملة في تحديد بعض الثوابت كالفاصل الطاقي و معامل الامتصاص، و لتحديد قيم السمك استعملنا الطريقة الوزنية والنتائج المحصل عليها موضحة في الجدول(1.III)، اين نلاحظ جيدا تأثير درجة حرارة الركيزة او بالاحرى درجة حرارة الترسيب على سمك العينات المحضرة .

الجدول 1.III : قيم سمك الاغشية الرقيقة المحضرة تحت تأثير درجة حرارة الركيزة

درجة حرارة الركيزة (°م)	السمك (نانومتر)
033	448.04
083	405.33
463	443.46
543	403.44

2.III. تحليل الخصائص الضوئية

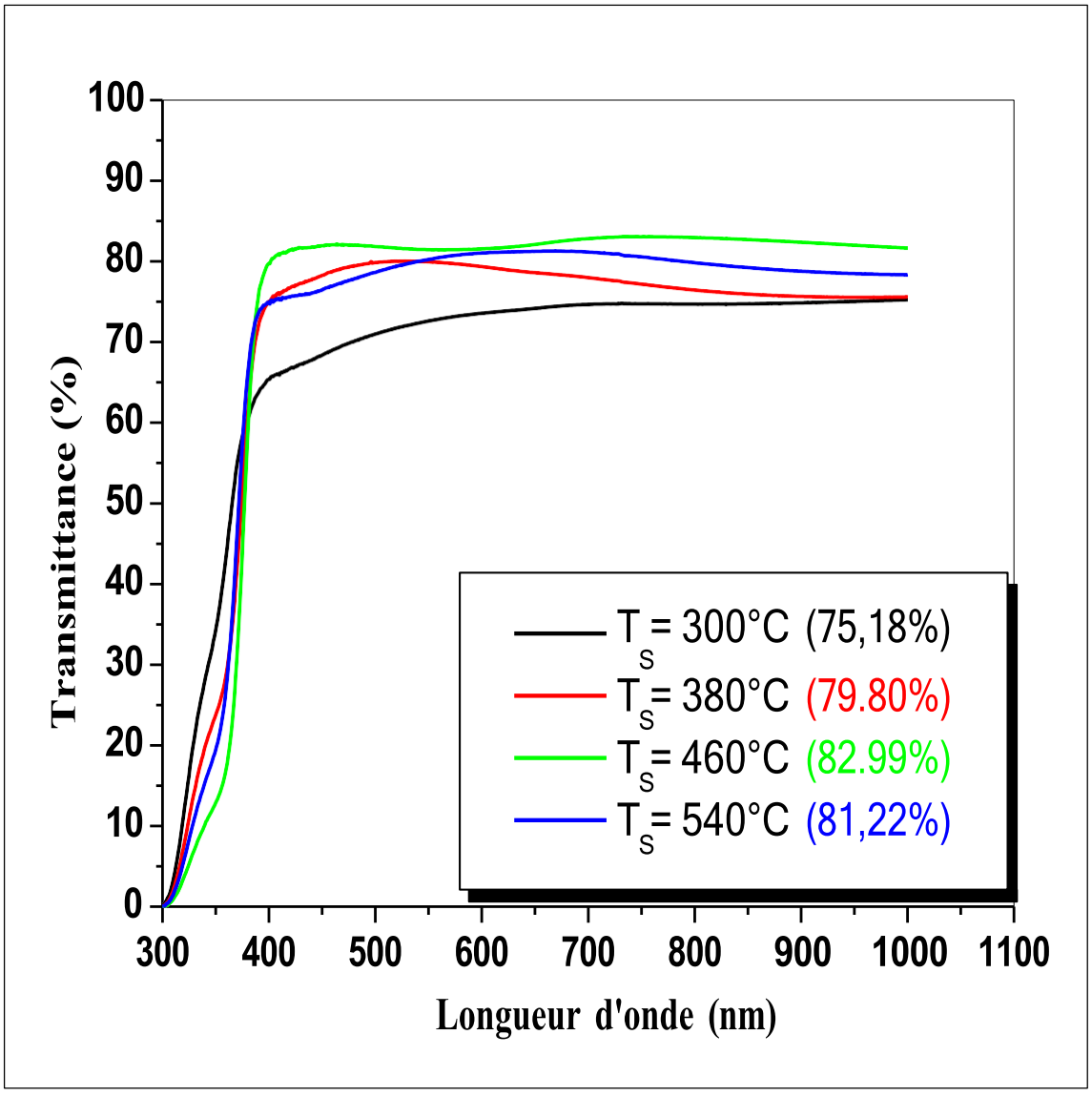
1.2.III.النفاذية

منحى تغيرات طيف النفاذية ضمن أطوال موجية (1000nm-300nm) بدلالة درجة الحرارة موضح في الشكل (1.III). اين نلاحظ انه كلما زادت درجة حرارة الركيزة من 033°م الى 463°م فإن النفاذية زادت بقيمة معتبرة من 85.48% الى 84.33% وذلك في مجال الطيف المرئي ويمكن ان يفسر هذا التزايد الى تحسن طبيعة الاغشية المحضرة من تجانس و نعومة لسطحها مما ادى الى انخفاض مدى تشتت الضوء عليها [51]. سبب نقصان قيمة النفاذية الى 84.44% عندما رفعنا درجة حرارة الركيزة الى 543°م يكمن في تغير في طبيعة الاغشية أو تغير في حجم الحبيبات. كما ان تغير سمك العينات يتحكم في قيمة النفاذية بعلاقة عكسية [52].

نلاحظ ايضا: انه بالرغم من اختلاف درجة حرارة الركيزة قد تحصلنا على أغشية رقيقة لاكسيد الزنك تبدي سلوكا بصريا متشابها ويتطابق مع سلوك الاكاسيد الناقلة الشفافة وهذا إن دل على شيء إنما

يدل على أن هذه الأغشية المحضرة تنتمي لهذه المجموعة من الاكاسيد و تكون صالحة لتطبيقات الخلايا الشمسية لأن المنطقة الفعالة في هذه الاخيرة تقع في المنطقة المرئية.

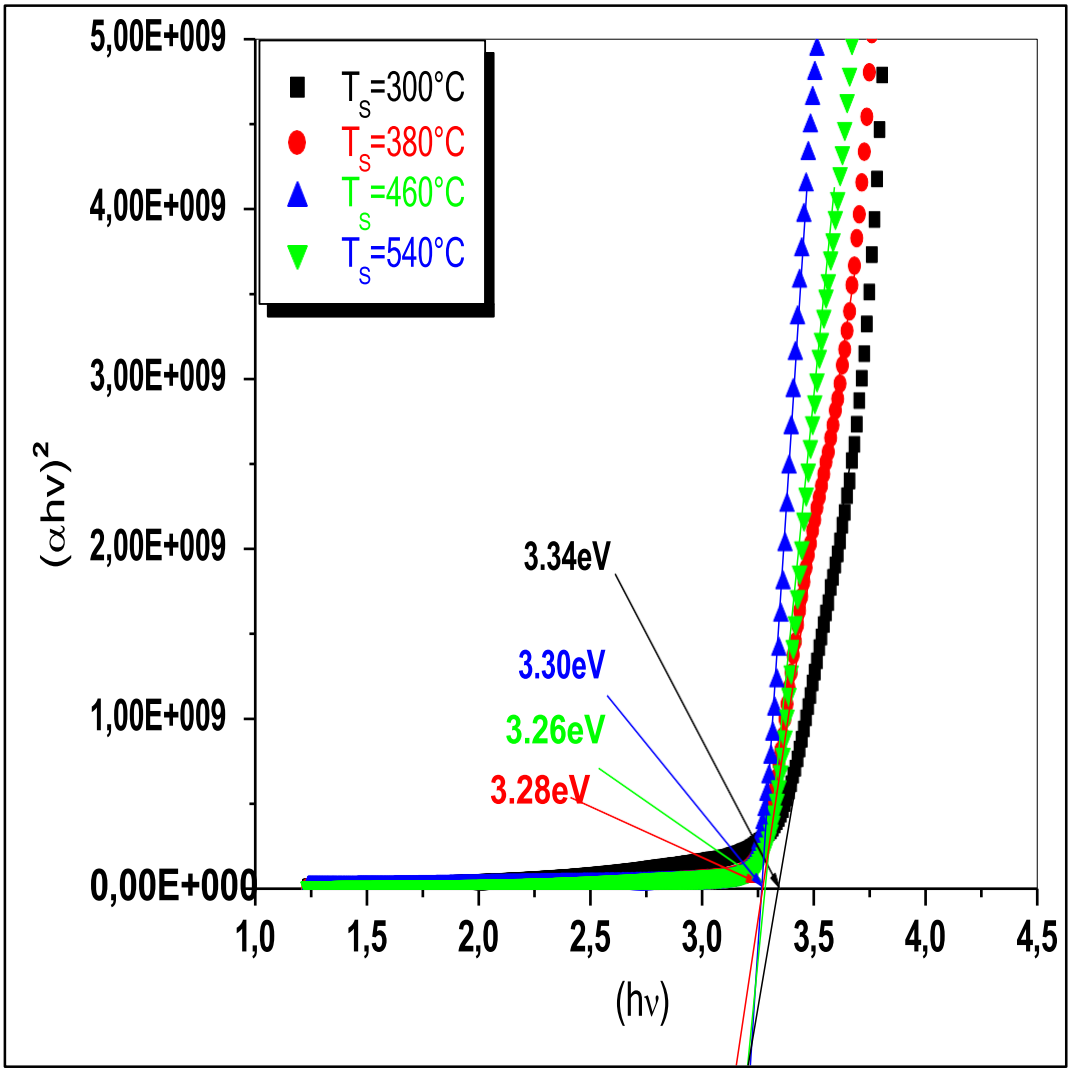
كما تظهر المنحنيات انه مهما تغيرت درجة حرارة الركيزة فان قيمة النفاذية قليلة جدا في المنطقة فوق البنفسجية ضمن المجال (350nm-030nm) مما يدل على انه يوجد امتصاص عالي للفوتونات الساقطة على الاغشية، و تتزايد النفاذية بشكل حاد عند حافة الإمتصاص الأساسية في المجال (050nm-400nm)، وهذا يدل على أن طاقة الفوتونات في المنطقة عالية مما يؤكد أن اكسيد الزنك المحضر يمتلك خاصية شبه الموصل ذو فجوة طاقة واسعة [53].



الشكل III-1 طيف النفاذية لاغشية من أكسيد الزنك كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة مختلفة

III.2.2.الفاصل الطاقي

تحصلنا على قيم الفاصل الطاقي للاغشية المحضرة اعتمادا على علاقة Tauc . الموضحة في الفصل الثاني(3.II) ، وذلك من خلال رسم منحنيات تغير $(\alpha h\nu)^2$ بدلالة طاقة الفوتون $(h\nu)$ و نممدد مماس المنحنى ليقطع محور الطاقة عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 =3$) الممثلة لقيمة فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح كما موضح في الشكل (2.III).



الشكل III-2 تحديد الفاصل الطاقي بيانيا لاغشية من أكسيد الزنك كدالة للطاقة عند درجات حرارة مختلفة

من خلال المنحنيات نلاحظ ان قيمة الفاصل الطاقي التي تعبر على اقل طاقة ممكنة تساعد على انتقال الالكترونات من اعلى قيمة لمستوى التكافئ الى ادنى قيمة لمستوى النقل، تختلف من عينة الى اخرى اي باختلاف درجة حرارة الركيزة مما يدل على ان هذه الاخيرة تؤثر على موضع مستويات الطاقة للعينة المحضرة [54].

إن نتائج التجربية لقيم الفاصل الطاقي لاغشية اكسيد الزنك المحضرة بدرجات حرارة مختلفة للركيزة موضحة في الجدول(2.III)

الجدول 2.III : قيم الفاصل الطاقي للاغشية الرقيقة المحضرة تحت تأثير درجة حرارة الركيزة

درجة حرارة الركيزة (°م)	قيم الفاصل الطاقي(eV)
033	0.04
083	0.03
463	0.46
543	0.48

يوضح الجدول انه عندما تتزايد درجة الحرارة من 033°م الى 463°م فان قيمة الفاصل الطاقي هذا يعني ان حافة الامتصاص الاساسية انزاحت الى الطاقات الدنيا وهو ما يفسر بتاثير Roth اين يدخل مستوى فرمي داخل عصابة النقل مما يجعل وكان الفاصل الطاقي انخفضت قيمته [55] .

سبب الزيادة في قيمة الفاصل الطاقي عند درجة حرارة 543°م هو انزياح حافة الامتصاص الى الطاقات العظمى وهو مايفسر بتأثير بروشتاين-موس(Burtien-Moss) الذي يميز اشباه النواقل لاكسيد الزنك من النوع n [56-57].

نلاحظ ان قيمة الفاصل الطاقي للعينات المحضرة عند درجات حرارة مختلفة محصورة بين eV0.46 و eV 0.04 وهو ينتمي للمجال القيم النظرية للفاصل الطاقي لاكسيد الزنك.

3.2.III.طاقة اورباخ

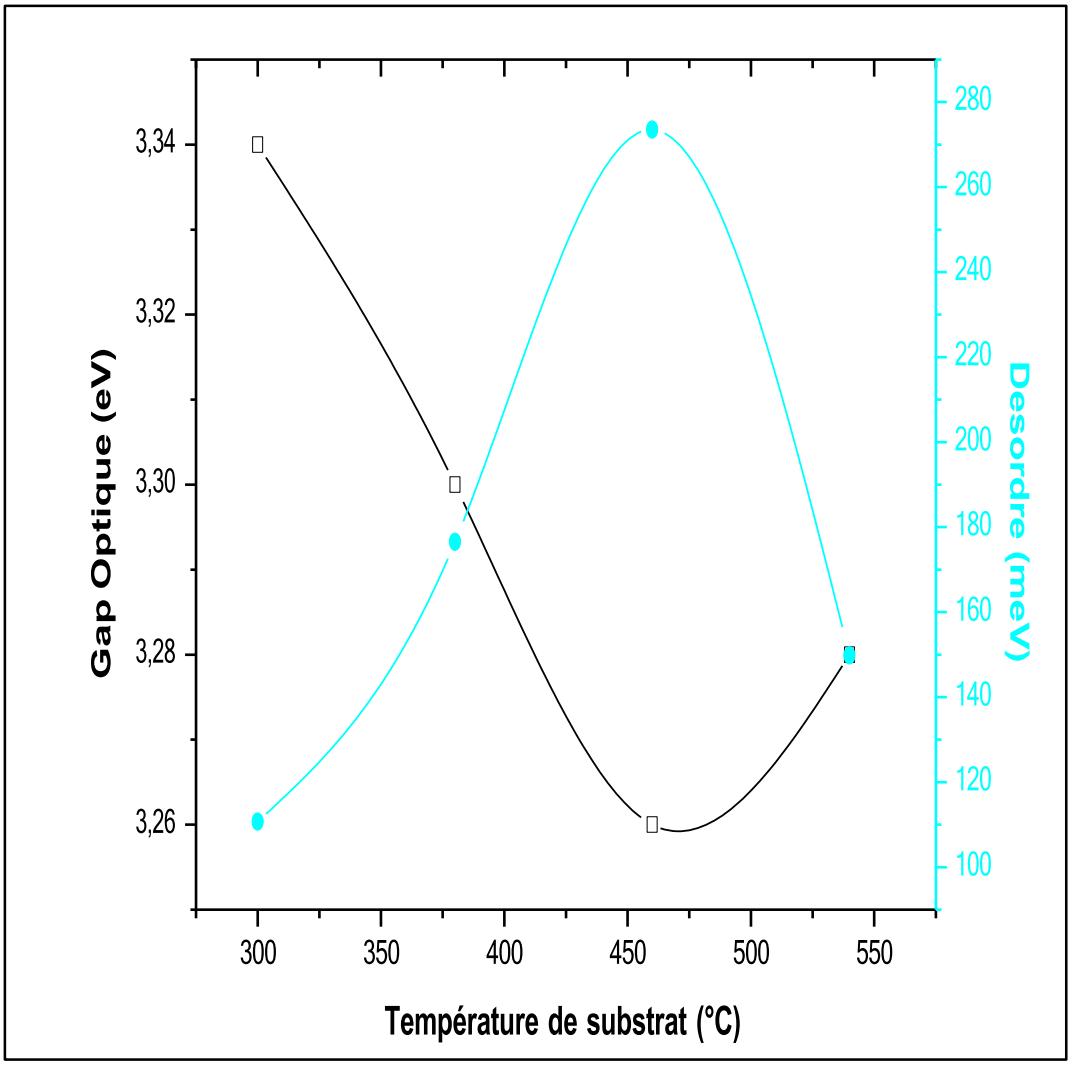
قمنا بتحديد قيمة طاقة أورباخ أو ما يعرف بعرض الحالات الموضعية المسموحة داخل فجوة الطاقة وتتعلق بطيف الإمتصاص من خلال رسم منحنى تغيرات (lnα) بدلالة طاقة الفوتون (hv) الذي معادلته موضحة في الفصل الثاني **(II-5)** حيث يمثل مقلوب ميل المنحنى الناتج قيم طاقة أورباخ. **الجدول (III-3)** يوضح قيم طاقة أورباخ لأغشية أكسيد الزنك المحضرة عند درجات حرارة (033°م، 083°م،463°م و543°م)، حيث نلاحظ أنها جد حساسة لتغير درجة حرارة الركيزة مما يدل على زيادة العيوب البلورية في العينات كلما زادت درجة الحرارة [58].

الجدول 3.III : قيم الفاصل الطاقي للاغشية الرقيقة المحضرة تحت تأثير درجة حرارة الركيزة

درجة حرارة الركيزة (°م)	قيم طاقة اورباخ(meV)
033	110,71
083	176,56
463	273,55
543	149,82

4.2.III. العلاقة بين الفاصل الطاقي E_g و طاقة أورباخ E_{00}

يبين **الشكل (3-III)** تغيرات قيم الفاصل الطاقي وطاقة أورباخ بدلالة درجة حرارة الركيزة ، حيث يظهر جليا انه كلما زاد درجة الحرارة للتحضير او الركيزة تتزايد طاقة اورباخ ويتناقص الفاصل الطاقي و بالتالي فان العلاقة بينهما هي علاقة عكسية ، حيث تمثل طاقة أورباخ ذيل عرض عصابة التكافؤ وعصابة النقل أما الفاصل الطاقي فهو فرق الطاقة بين ذيول العصابات]4[.



الشكل 3-III تغيرات قيم طاقة أورباخ والفاصل الطاقي لاغشية من أكسيد الزنك عند درجات حرارة مختلفة

الخاتمة العامة

درسنا في هذه المذكرة بعض الخصائص الضوئية لأكسيد الزنك (ZnO) المحضرة عند درجات حرارة مختلفة، فلقد إستعملنا اسيتات الزنك كمصدر للزنك وتم ترسيبها على ركائز زجاجية عند درجات الحرارة (045°م و465°م و085°م و 055°م) بطريقة الرش بالإنحلال الحراري التي أثبتت رغم بساطتها نجاحها وكفائتها في تحضير مختلف الأغشية الرقيقة.

تمت دراسة الخصائص الضوئية للأغشية المحضرة بواسطة التحليل الطيفي للأشعة الفوق بنفسجية والمرئية من خلال تسجيل طيف النفاذية لمدى الأطوال الموجية (nm855-055)، و بينت النتائج أن نفاذية الأغشية المحضرة تتراوح بين 50.88% و88.99 % وهي تتزايد كلما زادت درجة حرارة الركيزة وهذا يمكن ان يكون بسبب نقص سمك الاغشية المترسبة وبالتالي نقص تشتت الفوتونات في هذه الاخيرة، لكن التناقص في شفافية العينة التي حضرت تحت اكبر درجة حرارة يمكن ان يكون سببه تغير في حجم الحبيبات وكذلك تزايد السمك فيها.

استنتجنا ايضا انه بالرغم من اختلاف درجة حرارة الركائز فلم تؤثر على السلوك البصري لاغشية الزنك المحضرة والمتمثل في سلوك الاكاسيد الناقلة الشفافة وهذا إن دل على شيء إنما يدل على أن هذه الأغشية المحضرة تنتمي لهذه المجموعة من الاكاسيد و تكون صالحة لتطبيقات الخلايا الشمسية لأن المنطقة الفعالة في هذه الاخيرة تقع في المنطقة المرئية.

بالنسبة لقيم الفاصل الطاقيEg لاغشية اكسيد الزنك فقد شهد تغيرا عكسيا تبعا لتغير درجة حرارة الترسيب إذ تتراوح قيمته بين 0.04eV عند درجة الحرارة 055°م و 3.26eV عند الدرجة 465°م وذلك يرجع الى انزياح حافة الامتصاص الى القيم الدنيا وهو مايعرف بتاثير Roth. بينما العينة المحضرة عند درجة الحرارة 045°م فلقد ظهر تاثير بروشتاين-موس والذي يدل على انزياح حافة الامتصاص الى القيم العظمى نتيجة الزيادة عدد الإلكترونات الحرة مشكلة نطاقات فوق نطاق التوصيل مما يؤدي إلى إتساع الفجوة الطاقوية ورغم هذا التغير فان القيم التجريبية تنتمي الى مجال القيم النظرية للفاصل الطاقي لاكسيد الزنك وهذا ان دل على شيء انما يدل على ان الاغشية المترسبة ذات طبيعة بنيوية وجودة عالية.

طاقة أورباخ من الخواص الضوئية لمدروسة في هذه المذكرة ولقد وجدنا قيمها تنتمي الى المجال]149.81meV , 110.71meV[وهي ايضا متناسبة عكسيا مع الفاصل الطاقي ، وكذلك مع درجة الحرارة وهذا يدل على زيادة العيوب البلورية في الاغشية المحضرة، وبحساب سمك الأغشية الرقيقة وجدنا أنه يتناقص بارتفاع درجة ترسيب أغشية اكسيد الزنك.

نستنتج مما سبق أن الخصائص الضوئية للأغشية الرقيقة حساسة جدا لتغير درجة حرارة ترسيبها او درجة حرارة الركيزة.

لقد إقتصر عملنا في هذه المذكرة على دراسة تأثير تغير درجة الحرارة على الخصائص الضوئية لأغشية أكسيد الزنك في حين أنه يوجد عوامل أخرى قد تؤثر على خصائص هذه الأغشية مثل التغير في زمن الترسيب أو سرعته أونوع التطعيم ولا ننسى كذلك نوع المسند المستخدم إذا ما استخدمت نفس الاغشية المترسبة، ويوجد الكثير من الدراسات التي تعمل ضمن هذه المجالات .

المراجع

[1] https://link.springer.com/article/10.1007/s10854-010-0256-y

[2] Benoit Chavillon. Synthèse et caractérisation d'oxydes transparents conducteurs de type p pourapplication en cellules solaires à colorant.Matériaux. Université de Nantes, 2011.

[3] Synthèse et caractérisation d'oxydes transparents conducteurs de type p pour application en cellules solaires à colorant, par Benoit Chavillon,Université de Nantes, 2011.

[4] https://theses.hal.science/tel-00674543/document

[5] http://www.theses.fr/2007CAEN2052

[6] https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/sciences-et-technologies-du-verre-42573210/vitrages-a-isolation-thermique-renforcee-be9080/couches-minces-a-base-d-oxydes-transparents-conducteurs-be9080niv10006.html

[7] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038110113000405

[8] https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.5b09246

[9] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S00381101130004

[11] https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.5b09246

[11] M. A. El-Sayed, "Optoelectronic properties of ZnO-based transparent conducting oxides", PhD thesis, University of Cambridge, 2010.

[12] S. K. Park, "Optoelectronic properties of In2O3-SnO2 transparent conducting oxides", Master's thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 2012.

[13] https://dspace.univ-bba.dz/handle/123456789/1000

[14] : Zinc oxide nanostructures: growth, properties and applications

[15] : Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives

[16] Hydrothermal growth of ZnO nanostructures : [Flexible triboelectric generator]

[17] https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3348

[18] Ü. Özgür, Ya. I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M. A. Reshchikov, S. Doğan, V. Avrutin, S.-J. Cho, and H. Morkoç, "ZnO Materials and Devices: A Review," Journal of Applied Physics, vol. 98, no. 4, p. 041301, 2005.

[19]A. K. Zak, M. E. Abrishami, and S. H. Hosseini-Tabatabaei, "A Review on Synthesis Methods and Applications of ZnO Nanostructures," Journal of Alloys and Compounds, vol. 695, pp. 3093-3126, 2017.

[21]J. Wang, Z. L. Wang, and J. Yang, "Piezoelectric Nanogenerators Based on Zinc Oxide Nanowires," Advanced Materials, vol. 23, no. 24, pp. 2832-2838, 2011.C. Soci,

[21]A. Zhang, B. Xiang, S. A. Dayeh, D. P. R. Aplin, J. Park, X. Y. Bao, Y. H. Lo, and D. Wang, "ZnO Nanowire Arrays as Ultrasensitive Gas Sensors," Nano Letters, vol. 7, no. 4, pp. 1003-1009, 2007.

[22]High-Pressure Phase Transformations in ZnO, by J. Haines et al. (2001): This article delves into the pressure-induced transformation of ZnO from wurtzite to zinc blende, exploring the conditions and mechanisms involved.

[23]ZnO Materials and Devices: A Review" (2005). This means it readily absorbs ultraviolet (UV) light, making it a potent UV absorber for sunscreens and other protective applications.

[57]ع. سميحة،دراسة تاثير المذيبات على الخصائص الفيزيائية للطبقات الرقيقة لأكسيي الز ك (ZnO)، مذكسرة ماستر، جامعة قاص ي مرباح ورقلة، 2020.

[25]A. Hafdallah, Etude du dopage des couches minces de ZnO élaborées par spray ultrasonique, Mémoire de Magister, Université de Constontine1, Constontine,(2007)

[26]Ü. Özgür et al.'s "ZnO Materials and Devices: A Review" (2005). Its flexibility opens doors for next-generation wearable electronics.

[27]"ZnO Nanowire Arrays as Ultrasensitive Gas Sensors" (2007). The potential for UV LEDs for sterilization and water purification adds another dimension.

[28]J. Wang et al.'s "Piezoelectric Nanogenerators Based on Zinc Oxide Nanowires" (2011). This could revolutionize low-power and flexible electronics.

[29]X. Chen et al.'s "ZnO Nanostructures for Photovoltaic Applications" (2011). Its potential in photocatalysis for hydrogen production adds to its green credentials

[31]C. Soci et al.'s (2007) work. This paves the way for environmental monitoring and leak detection applications.

[31]S. Xu et al.'s "Recent Progress in ZnO-Based Photodetectors" (2014). This holds immense potential for clean water solutions.

[32]Özgür et al. (2005). Further research is actively exploring its potential in bone regeneration and tissue engineering.

[33] B. Danoumbé, Étude de couches minces de cuivre sur substrat YIG en vue de réaliser des composants magnétiques passifs planaires pour un fonctionnement à haute température, Université de Lyon(2017) Français.

[34]L. Youssef, Elaboration et caractérisation des couches minces conductrices et transparentes pour les cellules solaire de type TCO/Zn S/CIS, Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran(2011).

[35]K.Kamli, Elaboration et caractérisations physico-chimique des couches minces de sulfure d'étain par spray ultrasonique : Effet des sources d'étain, Mémoire de Magister, Université Mohamed Khi der-Biskra(2013).

[36] H. Belgacemi, Dépôt et Caractérisations des Couches minces de ZnO Avec différentes Sources de Zinc, Mémoire de Magister, Université Mohamed kheider Biskra(2011).

[37]M. Khechba, Elaboration et étude des couches minces d'oxyde d'étain, thése de doctorat, Université frères mentouri Constantine 1(2018).

[38]L.Fouzia, Etude de l'interaction entre une couche mince de tungstène et un substrat d'acier, Mémoire de Magister, Université mentouri Constantine (2009).

[39] A. Hafdhallah, Étude du Dopage des Couches Minces de ZnOÉlborées par Spray Ultrasonique, Mémoire de Magister, Université frères mentouri Constantine (2007).

[43] K.Bouchouareb, Elaboration et caractérisation des couches minces CuInS2, Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran(2015).

[44]https://www.researchgate.net/publication/234152257_Spray_Pyrolysis_Processing

[45]http://thesis.univ-biskra.dz/4595/3/Chapitre%202.pdf

[46]https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/spray-pyrolysis

[47]http://staff.ustc.edu.cn/~fuzp/course/paper/Thin%20film%20deposition%20using%20spray%20pyrolysis.pdf

[48]https://123dok.net/article/la-m%C3%A9thode-de-d%C3%A9p%C3%B4t-par-spray-pyrolyse-ultrasonique.yd23xr1q

[49]https://greenpower.equipment/fr/articles/la-pyrolyse-une-methode-prometteuse-de-traitement-des-dechets-principes-de-base-et-avantages/

[50]Tayeb BROURI ,Élaboration et étude des propriétés électriques de couches minces et de nanofils de ZnO,Thèse de doctorat ,d'Université Paris-Est,2011.

[51]Liu Yang,Caractérisation de couches minces de ZnO élaborées par la pulvérisation cathodique en continu. Autre. Université du Littoral Côte d'Opale, 2012. Français.

[52] م.عيبى. منصور، ي. حيين محم ، تأثير بعض عوامل التحضير على الخصائص البصرية لأغشية ZnO المرسبة بتقنية الترسيب البخاري الكيميائي(CVD) ، مجلة التربية والعلم، المجل .22، الع د.2،جامعة الموصل، العراق،2000.

[53]أ.د. علاء ال ين عي الله النعيمي ، أ. م . د. ميلم فاضل جزاد الزبي ي، زهراء حيين حياة ، دراسة الخواص البصرية لأغشية ستا يت كسادميوم Cd_2SnO_4الرقيقة المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري، مجلة الهن سة والتكنولوجيا، المجل .22، الع د.4، قيم العلوم التطبيقية، جامعة بغ اد، العراق،2009.

[54]م.عيبى. منصور،دراسة الخواص التركسيبية والبصرية لأغشية(ZnO :Cu) المحضرة بطريقةAPCVD، المجلة الارد ية للفيزياء، المجل .5،الع د.2،جامعة الموصل،العراق ،2002.

[55]ش.م.العي ،ال راسة الطيفية لطبقات اكسيي النحاس المتوضعة على ركسائز من اكسيي الز ك (ZnO/ CuO) بالغمس ، مذكسرة ماستر، جامعة قاص ي مرباح ورقلة،2002.

[56]ق. إيمان،تحضير وتوصيف أغشية أكسيي الز ك الرقيقة النقية والمطعمة بالح ي بتقنية الرش الا حلالي الحراري و أغشية أكسيي الز ك النا وية بالطريقة الكيميائية ، مذكسرة ماستر، جامعة محم خيضر بيكرة ،2020.

[57]غ. ليليا،ارتباط الخصائص الضوئية لأغشية رقيقة من أكسيي الز ك بقيمة التركسيز المولي لنترات الز ك، مذكسرة ماستر، جامعة الشهي الشيخ العربي التبيي تبية ،2022.

[58]R.Ferro, J.A.Rodriguez,Study of some optical properties of CdO:F thin film,J.Phys.State.Sol.(b).Vol.220,(2000).

[59]M.K.Hudait, P.odak and S.B.Krupanidhi,Si incorporation and Burstein-Moss in n-type GaAs,Materials scienc and Engineering. Vol.56.PP1-11,(1999).

Abstract

In this work, we prepared thin layers of zinc oxide on glass substrates at different temperatures by spray pyrolysis technique.

The aim of this work is to study the effect of temperature change on the optical properties of conductive Zinc oxide transparent.

The optical properties were studied using a UV-Vis spectrophotometer.

The results showed that the transmittance decreases with increasing temperature and there is an inverse relationship between there and the Urbach energy, because the Urbach energy increases with increasing temperature due to of the reduction in structure

Key words: transparent conductive oxide, zinc oxide, pyrolysis spray technique, .temperature, ultraviolet and visible spectroscopy

Résumé

Dans ce travail, nous avons préparé de fines couches d'oxyde de zinc sur des substrats de verre à différentes températures par la technique de pulvérisation pyrolyse

Le but de ce travail est d'étudier l'effet du changement de la température sur les propriétés optiques du transparent conducteur d'oxyde de Zinc.

Les propriétés optiques ont été étudiées à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis.

Les résultats ont montré que la transmittance diminue avec l'augmentation de la température et qu'il existe une relation inverse entre la et l'énergie d'Urbach, car l'énergie d'Urbach augmente avec l'augmentation de la température en raison de la diminution de la structuration

Mots clés : oxyde conducteur transparent, oxyde de zinc, technique de pulvérisation pyrolyse, température, spectroscopie ultraviolette et visible.

ملخص

في هذا العمل، قمنا بتحضير طبقات رقيقة من أكسيد الزنك على ركائز زجاجية عند درجات حرارة مختلفة بواسطة تقنية الرش بالانحلال الحراري.

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير التغير في درجة الحرارة على الخواص البصرية لأكسيد الزنك الموصل الشفاف.

تمت دراسة الخصائص البصرية باستخدام جهاز قياس الطيف الضوئي.UV-Vis

أظهرت النتائج أن النفاذية تتناقص مع زيادة درجة الحرارة وأن هناك علاقة عكسية بينها وبين طاقة أورباخ، لأن طاقة أورباخ تزداد مع زيادة درجة الحرارة بسبب انخفاض البنية.

الكلمات المفتاحية: أكسيد موصل شفاف، أكسيد الزنك، تقنية رش بالانحلال الحراري، درجة الحرارة، التحليل الطيفي فوق البنفسجي والمرئي.

مذكرة ماستر بلغيث هديل

2024/2023