

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء
مذكرة ماستر اكايمي
مجال علوم المادة
فرع: فيزياء
التخصص: فيزياء المواد
من اعداد الطالبة :صحراوي بسمة
بعنوان

تخضير ودارسة الخواض الضوئية الأغشية رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) المطعم
بالحديد (Fe) باستعمال تقنية رذاذ الانحلال الحرارية

نوقشت يوم :

2021/06/20

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة :

رئيسا	جامعة ورقلة	استاذ محاضر قسم أ	تليلي صالح
مناقشا	جامعة ورقلة	استاذ محاضر قسم ب	بن بلقاسم خلف الله
مساعد مشرف	جامعة ورقلة	استاذ محاضر قسم أ	عاشوري عبد الرحيم
مشرفا	جامعة ورقلة	استاذ محاضر قسم أ	بن حميدة سفيان

الموسم الجامعي 2021/2020

شكر و عرفان :

الحمد لله الذي أنار لي درب العلم و المعرفة وأعانتني على أداء هذا الواجب

ووفقني إلى انجاز هذا العمل

نتقدم بالشكر الجزيل و العرفان الجميل إلى الأستاذ "بن حميدة سفيان " لما قدمه من متابعة و نصح و توجيه

طيبة عملنا على هذه المذكرة, نسأل الله له دوام الصحة و العافية

و نتقدم بالشكر الجزيل إلى لجنة المناقشة " الأستاذ بن بلقاسم خلف الله وتليلي صالح " لقبولها مناقشة هذه
المذكرة

كما و نتقدم بالشكر للأستاذ الفاضل " عاشوري عبد الرحيم "

و الشكر موصول إلى أساتذة كلية علوم و المادة على كل ما بذلوه من مجهود خلال مشوارنا الجامعي

إلى كل من ساعد ونصح من قريب أو بعيد..... وإلى كل خريجي دفعة 2021

الإهداء

وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد التعب و المشقة, وها أنا ذا اختتم بحث تخرجي بكل همّة ونشاط,

و امتن لكل من كان له الفضل في مسيرتي, وساعدي ولو باليسير,

فلحمد لله الذي لا يطيب الكلام إلا بذكره ولا يتم الخير إلا بشكره ولا تطيب الآخرة إلا بعفوه

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة ونصح الأمة " سيدنا محمد عليه أفضل الصلاة و أزكى التسليم "

إلى سندي و مصدر ثقتيإلى من احمل اسمه بكل فخر "والذي العزيز "

إلى ملاكي في الحياةإلى معنى الحنان و سر الوجود....إلى شمعة الدرب و نور القلب " أمي الغالية "

اسأل الله أن يخفضكم لي لتريا ثمارا قد حان قطافها

إلى من يحملون في عيونهم ذكريات طفولتي و شبابي...إلى الإخوة " عادل و زوجته ,سليم و زوجته , عبد النور و ياسر "

إلى الأخوات " نبيلة و زوجها ,خولة , حنان و هدى, و دعوة "

إلى البراعم " يحي , مريم , ولاء و حذيفة "

حفظهم الله جميعا و رعاهم

إلى من ضاقت بيا السطور في ذكرهم فوسعهم قلبي بودهم " صديقات الدراسة " وخاصة رفيقة الدرب " حفصة "

إلى الأخت التي لم تلدها أمي....إلى صديقة الدرب و توأم الروح " سمرة عمري "

إلى كل من أهداني كلمة, نصيحة أو ابتسامه....إلى كل الأهل و الأقارب اهدي لكم هذا العمل .

صحراوي بسمة

قائمة الفهارس

فهرس المحتويات:

العنوان	الصفحة
شكر و عرفان	II.....
الإهداء.....	III.....
فهرس المحتويات.....	III –VI.....
قائمة الأشكال و الصور.....	VI-IX.....
قائمة الجداول.....	XI.....
قائمة الرموز.....	X-XI.....
قائمة الاختصارات.....	XII.....
المقدمة العامة.....	2- 4.....
مراجع المقدمة العامة	5.....
➤ الفصل الأول : دراسة عامة حول الاكاسيد الناقلة الشفافة.	
1-I- تمهيد.....	7.....
2-I- تعريف الاكاسيد الموصله الشفافة	7.....

- 8..... 3-I- أنواع الأكاسيد الموصلية الشفافة .
- 8..... 4-I- أهم مميزات الأكاسيد الموصلية الشفافة .
- 9..... 5-I- معايير اختيار الأكاسيد الموصلية الشفافة .
- 10..... 6-I- الخصائص الكهربائية و الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة .
- 10 1-6-I- الخصائص الكهربائية .
- 13..... 2-6-I- الخصائص الضوئية .
- 15..... 7-I- الأكاسيد الناقلة الشفافة في الحالة النقية و المطعمة .
- 15..... 1-7-II- الأكاسيد الناقلة الشفافة النقية .
- 16..... 2-7-I- الأكاسيد الناقلة الشفافة المطعمة .
- 16..... 8-I- أهم تطبيقات الأكاسيد الناقلة الشفافة .
- 17..... 9-I- أكسيد الزنك (ZnO) .
- 17..... 1-9-I- لمحة عامة عن أكسيد الزنك .
- 18..... 2-9-I- الخواص العامة لأكسيد الزنك .
- 18..... 1-2-9-I- الخواص الفيزيائية .
- 19..... 2-2-9-I- الخواص الكيميائية .
- 19..... 3-2-9-I- الخواص البنيوية .

19	..... الخواص الكهربائية. 4-2-9-I
20	..... الخواص الضوئية. 5-2-9-I
21	..... الخواص الكهرو حابية. 6-2-9-I
21	..... تطبيقات أكسيد الزنك. 3-9-I
21	..... ZnO الدراسات المرجعية الحديثة حول ZnO. 10-I
21	..... الدراسات المرجعية الحديثة حول أكسيد الزنك النقي. 1-10-I
23	..... الدراسات المرجعية الحديثة حول أكسيد الزنك المطعم. 2-10-I
29	..... خلاصة. 11-I
30	..... مراجع الفصل الأول. 4

➤ الفصل الثاني : الطرق العامة للترسيب و معاينة الأغشية الرقيقة.

36	..... تمهيد. 1-II
36	..... مفهوم الطبقات الرقيقة. 2-II
37	..... مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة. 3-II
38	..... آليات ترسيب الأغشية الرقيقة. 4-II
42	..... العوامل المؤثرة على تكوين الأغشية الرقيقة. 5-II
43	..... طرق ترسيب الأغشية الرقيقة. 6-II

44	..... الطرق الفيزيائية للترسيب	II-6-1-1
45	..... الترسيب الفيزيائي للأبخرة (PVD)	II-6-1-1-1
45	..... التبخير في الفراغ	II-6-1-1-1-1
46	..... الرش المهبطي	II-6-1-1-2
47	..... الاقتلاع بالليزر النبضي	II-6-1-1-3
48	..... تقنية التزديد البلازمي	II-6-1-2
48	..... الطرق الكيميائية للترسيب	II-6-2
49	..... الترسيب الكيميائي للأبخرة (CVD)	II-6-2-1
50	..... تقنية سائل - هلام	II-6-2-2
50	..... طريقة الترسيب بالغمس	II-6-2-2-1
50	..... طريقة الطرد المركزي	II-6-2-2-2
51	..... تقنية رذاذ الانحلال الحراري	II-6-2-3
52	..... مبدأ عمل تقنية رذاذ الانحلال الحراري	II-6-2-3-1
53	..... التركيب التحريبي	II-6-2-3-2
54	..... معايير اختيار تقنية الترسيب المناسبة	II-7
55	..... طرق معاينة الأغشية الرقيقة	II-8
56	..... طرق تحديد الخصائص البنيوية	II-8-1

56	.....(DRX) حيود الأشعة السينية	1-1-8-II
56	..... مبدأ عمل تقنية انعراج الأشعة السينية	2-1-8-II
57	..... قانون براغ	3-1-8-II
58	..... جهاز انعراج الأشعة السينية	4-1-8-II
58	..... طرق تحديد الخصائص الكهربائية	2-8-II
59	..... تقنية المسابر الأربعة	1-2-8-II
59	..... قياسات فعل هول	2-2-8-II
61	..... طرق تحديد الخصائص الضوئية	3-8-II
61	..... التحليل الطيفي للأشعة فوق بنفسجية (UV-Vis)	1-3-8-II
62	..... تحديد معامل الامتصاص (α)	2-3-8-II
63	..... تحديد الفاصل الطاقى (Eg)	3-3-8-II
64	..... تحديد طاقة اورياخ (Eu)	4-3-8-II
65	..... قياس سمك و قرينة الانكسار	5-3-8-II
65	..... الأشعة تحت الحمراء (IR)	4-8-II
66	..... مبدأ عمل مطيافية الأشعة تحت الحمراء	1-4-8-II
67	..... كيفية عمل الجهاز	2-4-8-II

68 9-II خلاصة

69 مراجع الفصل الثاني

➤ الفصل الثالث : تحضير العينات وتحليل النتائج ومناقشتها.

78 1-III مقدمة

78 2-III تحضير العينات و ترسيب الأغشية بتقنية رذاذ الانحلال الحراري

78 1-2-III التركيب التحريبي للجهاز

79 3-III تحضير الأغشية الرقيقة

79 1-3-III اختيار و تنظيف القواعد الزجاجية

79 4-III الشروط التجريبية لتحضير أغشية رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO)

80 1-4-III تحضير المحلول لعينات أكسيد الزنك الغير مطعم

80 2-4-III تحضير المحلول للعينات المطعمة

81 5-III ترسيب الأغشية الرقيقة

81 6-III طرق معاينة الأغشية المرسبة

81 7-III تحليل النتائج مناقشتها

81 1-7-III تحديد سمك الأغشية

82 2-7-III الخصائص الضوئية

82	..... طيف النفاذية الضوئية	III-7-2-1
83	..... معامل الامتصاص	III-7-2-2
83	..... تحديد طاقة الفجوة الممنوعة	III-7-2-3
84	..... معامل الانكسار	III-7-2-4
85	..... معامل الخمود	III-7-2-5
86	..... الخلاصة	III-8
87	..... مراجع الفصل الثالث	+

الصفحة	العنوان	الشكل
--------	---------	-------

➤ الفصل I: دراسة عامة للأكاسيد الناقلة الشفافة .

- الشكل (1-I) : مخطط مبسط يظهر نطاقات الطاقة للالكترونات في المعادن و أنصاف النواقل و العوازل ..7
- الشكل (2-I) : طيف النفاذية الانعكاسية و الامتصاصية للأكاسيد الناقلة الشفافة13
- الشكل (3-I) : رسم تخطيطي يوضح سويات الطاقة.....17
- الشكل (4-I) : أكسيد الزنك الأحمر.....20
- الشكل (5-I) : أكسيد الزنك على شكل مسحوق 20
- الشكل (6-I) : أنواع البنية البلورية لأكسيد الزنك.22
- الشكل (7-I) : أعمدة بيانية تمثل عدد الدراسات حول أكسيد الزنك النقي.25
- الشكل (8-I) : أعمدة بيانية تمثل عدد الدراسات حول أكسيد الزنك المطعم.....28
- الشكل (9-I) : مسح صورة بالمجهر الالكتروني لأكسيد الزنك المخدر.....29
- الشكل (10-I) : أطياف الامتصاص لأكسيد الزنك المخدر.....29
- الشكل (11-I) : أنماط حيود الأشعة السينية لعينات ZnO غير مخدرة30
- الشكل (12-I) : مسح ميكروغرافي الكتروني لعينات ZnO غير مخدرة30
- الشكل (13-I) : ملامح لورنتيز التجريبية لأغشية ZnO الرقيقة المشبعة31
- الشكل (14-I) : أنماط XRD لأغشية رقيقة من ZnO المخدر.....32
- الشكل (15-I) : أطياف XRD لأغشية ZnO : Co33
- الشكل (16-I) : طيف EDX لأغشية ZnO : Co33

➤ الفصل II :الطرق العامة للترسيب و معاينة الأغشية الرقيقة.

- الشكل (1-II) : مخطط توضيحي لمراحل تكوين طبقة رقيقة.....37
- الشكل (2-II) : مرحلة التنوي لتشكيل طبقة رقيقة38

- الشكل (3-II) : مرحلة الالتحام لتشكيل طبقة رقيقة..... 39
- الشكل (4-II) : مرحلة نمو طبقة رقيقة..... 39
- الشكل (5-II) : رسم توضيحي لمختلف أنماط نمو الطبقات الرقيقة..... 40
- الشكل (6-II) : الطرق المختلفة لترسيب الأغشية الرقيقة..... 42
- الشكل (7-II) : طريقة الترسيب عن طريق التبخير في الفراغ..... 44
- الشكل (8-II) : رسم توضيحي لطريقة الرش المهبطي 45
- الشكل (9-II) : رسم توضيحي لطريقة الاقتلاع بالليزر..... 46
- الشكل (11-II) : رسم يوضح ترسيب الأغشية الرقيقة بطريقة التريذ 46
- الشكل (12-II) : ترسيب الأغشية الرقيقة بطريقة البخار الكيميائي..... 47
- الشكل (13-II) : رسم توضيحي لتقنية هلام - سائل 49
- الشكل (14-II) : حالات الترسيب المختلفة اعتمادا على حجم القطرة المكونة..... 51
- الشكل (15-II) : رسم يوضح تقنية الانحلال الحراري..... 52
- الشكل (16-II) : التركيب المستعمل في طريقة رذاذ الانحلال الحراري 52
- الشكل (17-II) : حيود الأشعة السينية عند سقوطها على بلورة 56
- الشكل (18-II) : مخطط توضيحي لجهاز انعراج الأشعة السينية..... 56
- الشكل (19-II) : رسم تخطيطي لتقنية المسابر الأربعة 57
- الشكل (20-II) : رسم توضيحي لفعل هول..... 58
- الشكل (21-II) : رسم توضيحي لمطيافية الأشعة فوق بنفسجية 60
- الشكل (22-II) : جهاز التحليل الطيفي (UV , Vis)..... 60
- الشكل (23-II) : منحنى تغيرات (ah θ) بدلالة (h θ) 62
- الشكل (24-II) : منحنى يمثل تحديد فجوة الطاقة البصرية لأكسيد الزنك..... 64
- الشكل (25-II) : امتصاص الأشعة تحت الحمراء..... 65

الشكل (II-26) : إزاحة التوازن بين كتلتين مرتبطين بنابض. 65

الشكل (II-27) : جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء و لوحه 65

➤ الفصل III : تحضير العينات و تحليل النتائج و مناقشتها.

الشكل (III-1) : التركيب التجريبي لترسيب الأغشية الرقيقة بتقنية رذاذ الانحلال الحراري 77

الشكل (III-2) : القواعد الزجاجية في العمل 78

الشكل (III-3) : أطيايف النفاذية لأغشية أكسيد الزنك النقي و المطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة 82

الشكل (III-4) : منحني تغيرات معامل الامتصاص بدلالة الطول الموجي لأغشية أكسيد الزنك النقي و المطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة 83

الشكل (III-5) : منحني تغيرات $(\alpha h\nu)^2$ كدالة طاقة لأغشية أكسيد الزنك النقي و المطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة 84

الشكل (III-6) : منحني تغيرات قرينة الانكسار كدالة لطول موجة الفوتون لأغشية أكسيد الزنك النقي و المطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة 85

الشكل (III-7) : منحني تغيرات معامل الخمود كدالة لطول موجة الفوتون لأغشية أكسيد الزنك النقي و المطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة 86

الصفحة	العنوان	الجدول
--------	---------	--------

➤ الفصل الأول : دراسة عامة للأكاسيد الموصلة الشفافة .

9.....	معاملات الجودة لبعض الاكاسيد الناقلة الشفافة	الجدول (1-I) :
9.....	الخصائص الكهربائية و الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة	الجدول (2-I) :
10.....	الفاصل الطافي لبعض الاكاسيد الناقلة الشفافة	الجدول (3-I) :
21.....	الخصائص الفيزيائية لأكسيد الزنك.....	الجدول (4-I) :
2.....	الخصائص الكهربائية لأكسيد الزنك.....	الجدول (5-I) :
23.....	الخصائص الضوئية لأكسيد الزنك.....	الجدول (6-I) :

➤ الفصل الثاني : الطرق العامة للترسيب و معاينة الأغشية الرقيقة.

53.....	مقارنة بين التقنيات المختلفة لترسيب الأغشية الرقيقة.....	الجدول (1-II) :
63.....	مجال الأشعة تحت الحمراء,.....	الجدول (2-II) :

➤ الفصل الثالث : تحضير العينات و تحليل النتائج و مناقشتها.

80.....	يوضح كميات كلوريد الحديد حسب نسب التطعيم	الجدول (1-III) :
	قيم كل من سمك العينة , النفاذية , فجوة الطاقة الممنوعة , معامل الانكسار , ومعامل الحمود لأغشية أكسيد الزنك النقية و المطعمة بالحديد	الجدول (2-III) :
81.....		

قائمة الرموز و الوحدات:

الوحدة	المعنى	الرمز
$(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$	الناقلية الكهربائية	σ
cm^{-1}	معامل الامتصاص	α
Ω	المقاومة السطحية	R_s
$\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	الحركية الكهربائية	μ
eV	فجوة الطاقة الممنوعة	E_g
cm	كثافة حاملات الشحنة	N_v
C	الشحنة الكهربائية العنصرية للإلكترون	q
--	تركيز حاملات الشحنة	n
$\Omega \cdot \text{cm}$	المقاومية	ρ
cm	سمك الغشاء	d
s	زمن الاسترخاء	τ
Kg	الكتلة الفعالة للإلكترون	m^*
m/s	سرعة فيرمي للإلكترون	V_f
m	المسار المتوسط الحر بين تصادمين	l
--	شدة الضوء النافذ	I_T
--	شدة الضوء الوارد	I_0
--	شدة الضوء المنعكس	I_R
--	الامتصاصية	A
--	شدة الضوء الممتص	I_A
--	معامل الخمود	K
cm	طول الموجة الواردة على المادة	λ
--	معامل الانكسار	n
m/s	سرعة الضوء في الفراغ	c
nm	الطول الموجي للفواصل الطاقية	λ_g
nm	الطول الموجي للبلازما	λ_d
Hz	تواتر الموجة	ϑ

قائمة الرموز و الوحدات:

J . s	ثابت بلانك	h
--	السماحية الكهربائية	ϵ
nm	الطول الموجي الذي تكون من اجله قيمة الانعكاس دنيا	λ_0
cm^{-3}	الفاصل الطاقى الأساسى للمادة	Nc
°	زاوية الانعراج	θ
A°	طول موجة الأشعة السينية	λ
A°	المسافة بين المستويات البلورية	d _{hkl}
m. eV	طاقة اورياخ	Eu
eV	طاقة الفوتون	h θ
--	معامل الانكسار	s
A	التيار	I
V	الجهد	V
g	الكتلة	m
g/mol	الكتلة المولية	M
mol/l	التركيز المولى	C
l	الحجم	V
--	معامل النفاذية	T
--	الانعكاسية الضوئية	R

قائمة الاختصارات

اكاسيد موصلة شفافة	: Transparent carrier Oxides	: TCO
حزمة النقل	: Conduction band	: CB
حزمة التكافؤ	: Valence Band	: VB
التوضع الكيميائي للأبخرة	: Chemical Vapor Deposition	: CVD
انعراج الأشعة السينية	: X-ray diffraction	: XRD
ضغط منخفض	: Low Pressure	: LB
الترسيب الفيزيائي للأبخرة	: Physical Vapor Deposition	: PVD
الفوق بنفسجية	: Ultra Violet	: UV
التفريغ العالي	: Ultra-Higt Vacuum	: UHV
المرئية	: Visible	: Vis
إزاحة	: Burstien Moss	: BM
أكسيد الإنديوم المطعم بالتيتان	: Indium tin Oxide	: ITO
أكسيد الزنك	: Zinc Oxide	: ZnO
أكسيد الكاديوم	: Cadmium Oxide	: Cdo
أكسيد القصدير	: Tin dioxide	: SnO ₂
سيلكون	: Silicon	: Si
جارمانيوم	: Germanium	: Ge
رذاذ الانحلال الحراري	: Spray Pyrolysis technique	: SPT
المجهر الالكتروني الماسح	: Scanning Electron Microscope	: SEM
مطيافية الأشعة السينية الالكتروضوئية	: X-ray photoélectrique Spectroscope	: XPS

إن التطورات المتسارعة في المجالات المختلفة للتكنولوجيا ساهم في تطوير و صناعة عناصر كهربية من مواد تسمى أنصاف النواقل دقيقة التركيب و حساسة و ذات أبعاد من الرتبة النانو متر، تعددت المجالات الحيوية لاستعمالها مثل الطاقة الشمسية ، تكنولوجيا الالكترونيات الحديثة ، في مجالات الأقمار الصناعية ، كواشف الأشعة الكهرو مغناطيسية، التطبيقات البصرية ، كالمجال السمعي البصري و أجهزة الاتصال الحديثة كالهواتف النقالة ، أجهزة الكمبيوتر، وكواشف تسرب الغازات السامة في المصانع و الأماكن العامة و حماية المحيط من النفايات الملوثة [1].

كانت مركبات الاكاسيد المعدنية كأكسيد الزنك (ZnO) و أكسيد القصدير (SnO₂) و أكسيد الكاديوم (Cdo) من أهم أشباه الموصلات لتمييزها بارتفاع توصيلها الكهربائي و نفاذيتها البصرية مما يجعلها تأخذ مكان بارزا في البحوث النظرية و التطبيقية في فيزياء الحالة الصلبة[2]. قد اهتم الباحثون بأكسيد الزنك لكونه غير سام وذو بنية بلورية معروفة و هي السداسية المتراصة يمتاز بفجوة طاقة مباشرة حوالي (3.37 eV) عند درجة حرارة الغرفة وله طاقة ربط عالية (60meV) من النوع السالب n ينتمي إلى المجموعة (II-IV) في الجدول الدوري، ذو توصيلية عالية في حالتها المطعمة و الغير مطعمة [3].

الكم الهائل من الدراسات و الأبحاث القائمة في مجال استخدام الاكاسيد الناقلة الشفافة كأغشية رقيقة على اختلاف أنواع المواد و مواصفاتها أوجد الحاجة الماسة إلى ظهور تقنيات تحضير تلائم خصائص تلك الأغشية و مجالات تطبيقها، لذا شهدت تقنيات التحضير هي الأخرى تطورات كبيرة فاستحدثت العديد من الطرائق التي لم تكن معهودة كطريقة الرش فوق الصوتي و طريقة الحمام الكيميائي و الرش بالانحلال الحراري [4]. يعتمد استخدام طريقة دون غيرها على عوامل عديدة، من أهمها نوع المادة المستخدمة و مجال استخدام هذه الأغشية و كلفة التحضير [5]. ومن أهم و ابسط الطرق المتبعة لإنتاج و تحضير الأغشية الرقيقة تقنية رذاذ الانحلال الحراري. وقد اخترنا هذه التقنية لإنتاج أغشية رقيقة من أكسيد الزنك النقي نظرا لمرونتها و سهولة خطواتها. وفي هذا السياق وبالاعتماد على الدراسات والبحوث السابقة التي تطرقت إلى ترسيب الأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك باستخدام تقنيات ترسيب مختلفة قمنا في هذا العمل بترسيب أغشية رقيقة من أكسيد الزنك النقي بتقنية رذاذ الانحلال الحراري [6].

الهدف من هذا العمل هو الوقوف عند طرق تحضير الشرائح الرقيقة والتعرف أكثر على طريقة الرش بالانحلال الحراري وكذلك استخدام طرق المعاينة لتحديد خصائص شرائح محضرة من أكسيد الزنك النقي، وينقسم هذا العمل إلى ثلاثة فصول:

✓ الفصل الأول : بعنوان "دراسة عامة حول الاكاسيد الناقلة الشفافة " سيتم التطرق فيه لدراسة نظرية لأهم المفاهيم

العامة حول الاكاسيد الناقلة الشفافة حيث تستهل الدراسة بمفهوم هذه المواد تليها دراسة الخواص الكهربائية لها المتمثلة في الناقلية و عرض فاصلها الطاقى ,بالإضافة إلى معرفة طبيعة هذه المواد ,تتبعها دراسة الخواص الضوئية لها . ثم نخصص الدراسة على احد الاكاسيد الموصلة الشفافة المتمثلة في أكسيد الزنك و وصف خصائصه الفيزيائية المتمثلة في البنيوية، الضوئية و الكهربائية، ومن ثم نتطرق إلى بعض الدراسات الحديثة حول أكسيد الزنك النقي و المطعم مع ذكر بعض مجالات استخدامه.

✓ الفصل الثاني : تحت عنوان "طرق العامة للترسيب و معاينة الأغشية الرقيقة " سنتناول في هذا الفصل

دراسة تعريفية للأغشية الرقيقة بالإضافة إلى التقنيات التجريبية المستعملة في الترسيب , فيزيائية كانت أو كيميائية و لقد اهتمنا بتقنية رذاذ الانحلال الحراري التي سنعملها في هذا العمل . كما تم التطرق في هذا الفصل إلى شرح موجز لبعض الطرق وأجهزة معاينة و تشخيص الأغشية الرقيقة المستعملة في تعين مختلف خصائص الأغشية منها تقنية انعراج الأشعة السينية لمعرفة الخصائص البنيوية، تقنية المسابر الأربعة، تقنية مطيافية الأشعة تحت الحمراء.

✓ الفصل الثالث : هو بمثابة محصلة للعمل التجريبي و أهم ما تم إنجازه و هو بدوره ينقسم إلى جزئين حيث

في الجزء الأول تم عرض خطوات العمل التجريبي انطلاقا من وصف التركيب التجريبي وصولا إلى خطوات تحضير أكسيد الزنك ومن ثم ترسيب الأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك، كما سنتطرق أيضا إلى معاينة الخصائص البصرية للأغشية الناتجة. أما الجزء الثاني فهو يضم مناقشة النتائج المتحصل عليها وفي الأخير ننهي عملنا هذا بخاتمة عامة أوجزنا فيها ملخص لهذا البحث وعرض لنتائج المتحصل عليها.

مراجع المقدمة العامة :

[1] غلان سرحان احمد الدليمي , تحضير أغشية رقيقة من طبقة ليزرية مطعمة بالبوليمير و قياس مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة التطبيقية , العدد 2, مجلد 25, (2012).

[2] B .A. Abbas, the affect of Annealing on the Structural and Optical Properties of (ZnO) thin films, M .Sc. Thesis, University of Baghdad, (2009).

[3] ق . يسرى, ح. زينب , دراسة تأثير السترونشيوم (Sr) على شرائح رقيقة لأكسيد الزنك (ZnO), جامعة حماة لخضر الوادي, (2018).

[4] Syed Mansoor Ali Syed Tajammul Hussein Shahzad Abu Bakar, Jan Muhammad ,Naeen Ur Rahman, « Effete of dopng on the Structural and Optical Properties of SnO₂ Thin Films fabriated by Aerosol Assisted Chemical Vapor Deposition « University Islamabad, Pakistan, (2013).

[5] ردينه صديق عبد الستار الدليمي , " دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية Ni(1-X)ZnxO المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري " رسالة ماجستير , جامعة ديالى, (2013).

[6] م . بن خالد, دراسة بعض الخصائص الضوئية لطبقات من أكسيد القصدير المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري, مجلة الهندسة و التكنولوجيا, الحجم 30, العدد6, (2012).

الفصل الأول :

دراسة عامة للأكاسيد الناقلة الشفافة

I-1-تمهيد :

اكتشفت الاكاسيد الناقلة الشفافة (Les Oxydes Transparent Conducteurs TCOs) في بداية القرن العشرين من طرف العالم (k.Baedeker) سنة 1907 حيث قام بتشكيل طبقة رقيقة من أكسيد الكاديوم (Cdo) وكانت هذه الطبقة تمتاز بكونها ناقلة و شفافة [1] هذه الخاصية جعلتها تدخل في العديد من التطبيقات مثل الخلايا الشمسية, الصمامات الباعثة للضوء, أجهزة استشعار الغاز [2].

إن كفاءة المركبات الالكترونية الحديثة تعتمد على تطوير المادة التي تدخل في تركيب العناصر المكونة لها وعادة تكون الشرائح الرقيقة وتعتمد هذه الأخيرة على المواد الداخلة في تركيبها والتي تعرف بالأكسيد الشفافة الناقلة منها أكسيد القصدير, أكسيد الزنك... الخ فلقد حضرت هذه المواد في الآونة الأخيرة باهتمام كبير من طرف الباحثين نظرا لأهميتها من حيث التنوع, الوفرة, التركيبة البنيوية, وقد رجحت هذه العائلة لان تكون من أفضل العائلات المدروسة لما تحويه من خصائص فيزيائية مختلفة وخاصة الكهربائية و البصرية و البنيوية, وذلك بعد تطعيم هذه الاكاسيد الموصلة الشفافة بعناصر ملائمة لها من ضمنها الحديد (Fe), النيكل (Ni) و الزنك (ZnO).....الخ.

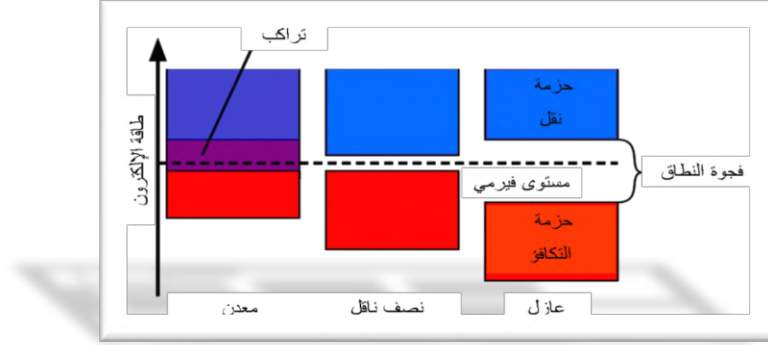
على هذا الأساس سوف يتم التطرق في هذا الفصل إلى مفهوم الاكاسيد الموصلة الشفافة ومختلف خواصها وتطبيقاتها وسنرجع في الأخير على أكسيد الزنك الذي سيكون محل دراستنا.

I-2- تعريف الاكاسيد الموصلة الشفافة (TCO) :

وهي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأكسجين أي أنها أشباه موصلات أكسيدية مثل NiO, ZnO, SnO₂, تكون فيها حزمة التوصيل مليئة بالالكترونات الحرة بسبب فراغات الأكسجين الناتجة عن عدم التكافؤ الجزيئي .

تصنف المواد بالاعتماد على نظرية عصابات الطاقة إلى ثلاث أنواع ناقل و عازل و شبه ناقل, في الناقل يكون هناك تداخل بين عصابات النقل (BC) وعصابات التكافؤ (BV) الذي يسمح بالحركة الحرة للإلكترونات, في حين إن للعازل عصابة ممنوعة كبيرة تصل قيمتها حوالي (5eV) تسمى بالفاصل الطاقي يرمز له ب (Eg) لا يمكن للإلكترونات فيها الانتقال إلا عند استلامها طاقة كافية مساوية أو أكبر من فاصل طاقتها[3].

أما في أشباه النواقل فتكون قيمة فاصل الطاقة اقل بكثير منها في العوازل، وتتميز بتأثيرها الكبير بدرجة الحرارة، تكون عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق بحيث تكون حزمة النقل (BC) فارغة أي لا توجد بها إلكترونات حرة وتكون ناقلة عند درجات الحرارة العالية، أما في درجة حرارة الغرفة ($27C^{\circ}$) يكون التيار الناتج ضعيفا ولا يمكن الاستفادة منه وذلك لان عدد الإلكترونات المكتسبة للطاقة الكافية والمنتقلة لحزمة النقل قليلة وبهذا تكون المواد الشبه موصلة ليست ناقلا جيدا ولا عازل كذلك [3].



الشكل (I-1): مخطط مبسط يظهر نطاقات الطاقة للإلكترونات في المعادن, أنصاف النواقل والعوازل.

I-3- أنواع الاكاسيد الناقلة الشفافة :

تصنف الاكاسيد الشفافة الناقلة (TCO) إلى نوعين أساسيين هما:

- **النوع n:** في هذا النوع من الاكاسيد الشفافة تكون الإلكترونات هي حاملات الشحنة ذات الأغلبية حيث أن غالبية مواد الاكاسيد الشفافة المعروفة هي من النوع n وبالتالي هي الأكثر شيوعا في التطبيقات العملية.
- **النوع p:** تعد الأكاسيد الناقلة الشفافة من النوع p قليلة ومحدودة مقارنة مع النوع n, لذلك كثفت الدراسات في الآونة الأخيرة من اجل الحصول على هذا النوع ومن أهم خصائصه انه تكون فيه الثقوب هي حاملات الشحنة ذات الأغلبية والتي تعطي الناقلة من النوع p .

I-4- أهم مميزات الاكاسيد الناقلة الشفافة :

تمتلك الاكاسيد الناقلة الشفافة بكونها أنصاف نواقل عددا كبيرا من المميزات تجعلها في غاية الأهمية في التطبيقات العلمية، ومن

تلك المميزات نذكر :

- ✓ ناقلتها الكهربائية تزداد بزيادة درجة الحرارة وتعتبر هذه الصفة من الصفات التي تميزها عن باقي المواد الناقلة.
- ✓ تمتاز بحساسيتها الشديدة عند احتوائها على شوائب أو أحداث بعض العيوب فيها، و مثل هذه العيوب أو الشوائب قد تؤدي إلى زيادة الناقلة والى ظهور نوع واحد من حاملات الشحنة، مما يؤدي إلى تناقص أو اختفاء النوع الأخر.

- ✓ عند تعرضها للضوء تبدي حساسية له وذلك من خلال الظاهرة الكهروضوئية أو من خلال التغير في المقاومة [4].
- ✓ عند درجات الحرارة المنخفضة يصبح شبه عازل [4].

5-I- معيار اختيار الاكاسيد الناقلة الشفافة :

في جل التطبيقات من الأفضل استخدام اكاسيد موصلة شفافة (TCO) بخصائص كهربائية وضوئية جيدة بمعنى ناقلية كهربائية جيدة وشفافية عالية في المجال المرئي. إن هذه الخصائص تتأثر بعوامل عدة كدرجة الحرارة (T) والسلك وكذلك التقنية المستعملة في عملية الترسيب، إن كل هذه العوامل تؤثر على كيفية اختيار المواد الموصلة الشفافة في التطبيقات العملية [5].

لمعرفة أفضل الاكاسيد الناقلة الشفافة والاختيار بينها اقترح العالم (G .Haache) معامل سماه بمعامل الجودة وذلك في سنة (1976) [6.7]، ويربط هذا المقدار بين الخصائص الضوئية و الكهربائية للأكاسيد الناقل الشفاف, يعرف هذا المعامل على انه النسبة بين النفاذية المتوسطة (T) في المجال المرئي (400-800) nm على المقاومة السطحية (Rs) لطبقة الاكاسيد الناقل الشفاف و وحدته (Ω^{-1}) ويرمز له بالرمز Ftc ويعطى بالعلاقة (1-I) [8].

$$FTC = \frac{T^{10}}{Rs} \quad (1-I)$$

حيث :

FTC : معامل الجودة (Ω^{-1}).

T : النفاذية.

Rs : المقاومة السطحية.

جدول (1-I): يوضح معاملات الجودة لبعض الاكاسيد الناقلة الشفافة [8].

معامل الجودة (Ω^{-1})	المواد
7	ZnO مطعم ب F
7	Cnd2Sno4
5	ZnO مطعم ب Al
4	In2o3
3	Sno2 مطعم ب F
3	ZnO المطعم ب Ga
2	ZnO مطعم ب B
0.4	SnO2 مطعم ب Sb
0.2	ZnO مطعم ب In

6-I- الخصائص الكهربائية و الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO) :

تتميز الأكاسيد الناقلة الشفافة بخصائص كهربائية و ضوئية. مهمة وهذا ما جعلها محل دراسة الباحثين لتطويرها والاستفادة منها، وذلك لشفافيتها العالية لضوء الناقلية الكهربائية الجيدة وتقنية الترسيب المتبعة، إن الخصائص الكهربائية والضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO) الأفضل في حدود المقادير الموضحة في الجدول (2-I) حيث معامل الامتصاص مقاس بالنسبة للطيف المرئي [9]

الجدول (2-I): يمثل خصائص الكهربائية و الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة.

الخصائص	TCO
الفاصل الطاقي Eg (eV)	(3 - 4.2)
المقاومية p ($\Omega.cm$)	اقل من ($1.0 * 10^{-4}$)
المقاومة السطحية Rs (Ω)	من 10 الى بعض الآلاف
الحركية μ ($cm^2/V.s$)	حوالي 50
كثافة حاملات الشحنة (cm^{-3})	أكبر من ($1.0 * 10^{20}$)
النفاذية T	أكبر من (90%)
معامل الامتصاص α (cm^{-1})	اقل من ($11.0 * 10^4$)

1-6-I- الخصائص الكهربائية :

منذ سنة 1970 بدأ الاهتمام بدراسة الخواص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة، وتصنف هذه الأكاسيد حسب خواصها الكهربائية على أنها أنصاف نواقل بفاصل طاقي كبير نسبياً، ومن هذه الخصائص نذكر: الفاصل الطاقي، الناقلية الكهربائية، المقاومة السطحية، الحركية الكهربائية

❖ **الفاصل الطاقي E_g لـ (TCO) :**

تتميز TCO بفاصل طاقي عريض ويسمى أيضا بفجوة الطاقة تتغير من 3eV إلى 4.2eV [9] ، يتغير عرض هذا الفاصل

حسب التقنية المستعملة في الترسيب والشروط التجريبية كما يعتمد أيضا على نوع المركب المستعمل. الجدول (3-I) يبين الفاصل الطاقي لبعض الأكاسيد:

الجدول (3-I) : يبين الفاصل الطاقي لبعض الأكاسيد الناقلة الشفافة .

المراجع	الفاصل الطاقي (E_g)	الأكاسيد الناقلة الشفافة
[10]	(3.6 - 4.3) eV	SnO ₂
[11]	(3.2 - 3.3) eV	ZnO
[12]	(3 - 3.2) eV	TiO ₂
[13]	(3,6 - 4) eV	NiO

❖ **الناقلية الكهربائية المقاومة :**

هي معيار لمدى قابلية الوسط لحركة الشحنة الكهربائية خلاله و يرمز لها بالرمز (σ) و وحدتها ($\Omega.cm^{-1}$)

ويعبر عنها بالعلاقة (2-I) [13]:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = q.n.\mu \quad (2-I)$$

حيث :

q : شحنة حاملات الشحنة (C).

n : كثافة حاملات الشحنة (cm^{-3}).

μ : حركية الشحنات ($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$).

يرمز للمقاومة الكهربائية ب **ρ** : وهي تعبر عن مقاومة المادة لسريان التيار الكهربائي عبرها ووحدتها ($\Omega\cdot\text{cm}$) [14]. فالمواد التي لديها مقاومة منخفضة هي نواقل جيدة بينما تعتبر المواد ذات المقاومة العالية عوازل جيدة [12].

❖ المقاومة السطحية :

تحضر الأكاسيد الناقلة الشفافة على شكل طبقات رقيقة و تعتبر المقاومة السطحية من أهم خصائصها الكهربائية , إذ يعبر عنها على أنها النسبة بين المقاومة الكهربائية ρ وسمك الطبقة الرقيقة d , ويرمز لها بالرمز (Rs) ووحدتها (Ω) ويعبر عنها بالعلاقة (3-I) [15].

$$R_s = \frac{\rho}{d} \quad (3-I)$$

❖ الحركية الكهربائية :

يرمز للحركية الكهربائية ب (μ) و هي تعبر بشكل أساسي عن حركية حاملات الشحنة البلورية للمادة و تعتبر من المقادير التي تأثر على الناقلية الكهربائية . إن في قيم هذه الكمية تساهم بشكل كبير في تحسين الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO), ووحدتها ($\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$) . ويعبر عنها بالعلاقة (4-I) [8] :

$$\mu = \frac{q \cdot l}{m^* \cdot V} = \frac{q \cdot \tau}{m^*} \quad (4-I)$$

حيث :

q : شحنة الإلكترون.

τ : زمن الاسترخاء بين التصادمين.

m^* : الكتلة الفعالة للإلكترون.

I : متوسط المسير الحر.

V : سرعة الحرارة للإلكترون.

❖ ثابت عزل الكهرياء :

يمثل ثابت العزل قابلية المادة على الاستقطاب , حيث تستجيب المادة لترددات مختلفة و بسلوك معقد , وعند الترددات البصرية الممثلة بالموجات الضوئية تكون الاستقطابية الالكترونية هي السائدة فقط على بقية أنواع الاستقطاب , وان درجة حرارة الاستقطاب للمادة لا تعتمد على المجال الكهربائي فقط بل تعتمد أيضا على الخصائص الجزئية للمادة التي تجعل منها مادة عازلة , وعادة يوصف التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط , وما ينتج عنه من استقطاب للشحنات بثابت العزل المعقد للوسط [16].

الذي يعبر عنه بالمعادلة (5-1) :

$$\epsilon = \epsilon_1 - i\epsilon \quad (5-1)$$

ϵ : ثابت العزل المعقد

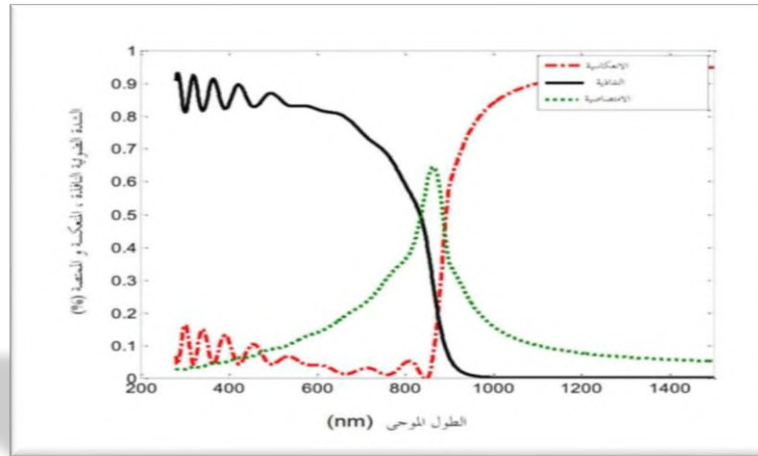
ϵ_1 : الجزء الحقيقي ثابت العزل الكهريائي .

ϵ_2 : الجزء الخيالي ثابت العزل الكهريائي .

I- 2-6- الخصائص الضوئية:

تتفاعل الأكاسيد الشفافة مع الأشعة الضوئية (الطيف الكهرومغناطيسي) كما هو مبين في الشكل (2-1)، حيث تتشكل نافذة بصرية شفافة عند الأطوال الموجية المرئية (400 – 700nm)، بينما تمتلك امتصاصية عالية عند الأطوال الموجية فوق بنفسجية، أما عند الأطوال الموجية تحت الحمراء تتميز الأكاسيد الناقلة الشفافة بالانعكاسية الكبيرة وهذا ما يجعل هذا النوع من المواد ذو أهمية كبيرة يمكن إن يستغل في عدة تطبيقات صناعية. تتمتع الأكاسيد الناقلة الشفافة بمجموعة من الخواص الضوئية المهمة نذكر منها:

النفاذية الضوئية (T)، الانعكاسية الضوئية (R)، الامتصاصية الضوئية (A)، معامل الامتصاص (α)، معامل الخمود (K)، التوصيلية البصرية (σ) [17].



الشكل (2-1): طيف النفاذية الانعكاسية و الامتصاصية للأكاسيد الناقلة الشفافة [21].

❖ النفاذية الضوئية (T):

تعرف النفاذية الضوئية على أنها النسبة بين الشدة الضوئية النافذة (I_T) عبر المادة والشدة الضوئية الواردة (I_0) على المادة

ويعبر عنها رياضيا بالعلاقة [18]:

$$T(\%) = \left(\frac{I_T}{I_0} \right) \cdot 100 \quad \text{العلاقة (6-1):}$$

❖ الانعكاسية الضوئية (R) :

تعرف الانعكاسية الضوئية على أنها النسبة بين الشدة الضوئية المنعكسة (IR) على سطح المادة و الشدة الضوئية الواردة (IO)

على المادة, ويعبر عنها رياضيا بالعلاقة [18] :

$$R (\%) = \left(\frac{IR}{IO} \right) . 100 \quad (7-I)$$

❖ الامتصاصية الضوئية (A) :

تعرف الامتصاصية على الضوئية على أنها النسبة بين الشدة الضوئية الممتصة (IA) من طرف المادة و الشدة الضوئية الواردة (IO)

على المادة, ويعبر عنها رياضيا بالعلاقة [18] :

$$A(\%) = \frac{IA}{IO} . 100 \quad (8-I)$$

❖ معامل الامتصاص (α) :

يعرف معامل الامتصاص بأنه نسبة النقصان في فيض طاقة الإشعاع بالنسبة لوحدة المسافة حيث يرتبط بطبيعة سطح المادة كما

قيمته وفقا لقانون (Beer-Lambart) [19].

$$\alpha = \frac{1}{d} \left(\frac{100}{T(\%)} \right) \quad (9-I)$$

حيث (cm⁻¹): يعبر عن معامل الامتصاص .

T (%): النفاذية الضوئية.

d (cm) : يمثل سمك المادة.

❖ معامل الخمود (K) :

يعرف معامل الخمود على انه الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة وهو كمية ما تمتصه الكترونات المادة من طاقة الفوتونات الساقطة، وعلى هذا الأساس فان قيمته تتحدد من خلال تفاعلات الموجة الكهرو مغناطيسية مع الوسط، ويتم حساب معامل الخمود من خلال قيم معامل الامتصاص المحسوبة من طيف الامتصاصية وذلك حسب المعادلة التالية [19]:

$$K = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \quad (10-I)$$

حيث K : هو معامل الخمود

α : يعبر عن معامل الامتصاص،

λ : طول الموجة الواردة على المادة.

❖ التوصيلية البصرية (σ) :

تعرف التوصيلية البصرية بأنها ظاهرة حصول زيادة في عدد حاملات الشحنة (الالكترونات أو الفجوات) نتيجة سقوط حزمة ضوئية على شبه الناقل ووحدها (S^{-1}) [12]. و يعبر عنها بالعلاقة :

$$\sigma = \frac{\alpha n c}{4\pi} \quad (11-I)$$

حيث :

n : معامل الانكسار.

c : سرعة الضوء.

I-7- الاكاسيد الناقلة الشفافة في الحالة النقية و المطعمة :

I-1-7- الاكاسيد الناقلة الشفافة النقية :

هي عبارة عن أشباه نواقل خالية من الشوائب والعيوب وهي التي تمتلك أعداد متساوية من حاملات الشحنة السالبة والموجبة (الالكترونات و الفجوات) [16] ، وهذه تمثل حالة توازن لشبه الناقل أي أن في هذه المواد تكون حزمة التكافؤ مملوءة كليا بالالكترونات في حين ستكون حزمة النقل فارغة كليا من الالكترونات عند درجة حرارة الصفر المطلق ولهذا تعد المواد شبه الناقلة عند هذه الدرجة [20].

أما عند ارتفاع درجة حرارة شبه الناقل تكتسب بعض الالكترونات التكافؤ طاقة حركية كافية تسمح لها بكسر رابقتها فتتحرر وتترك في مكانها ما يسمى بالفجوة، في هذه الحالة يصبح لدى شبه الناقل ناقلية كهربائية صغيرة جدا، لذلك أجريت العديد من التجارب لتحسين ناقلية شبه الناقل وذلك برفع درجة حرارته أو تطعيمه، حيث يزداد عدد حاملات الشحنة، ففي حالة التطعيم مثلا بذرات مانحة أو آخذة نحصل على ناقلية من النوع n أو p على الترتيب.

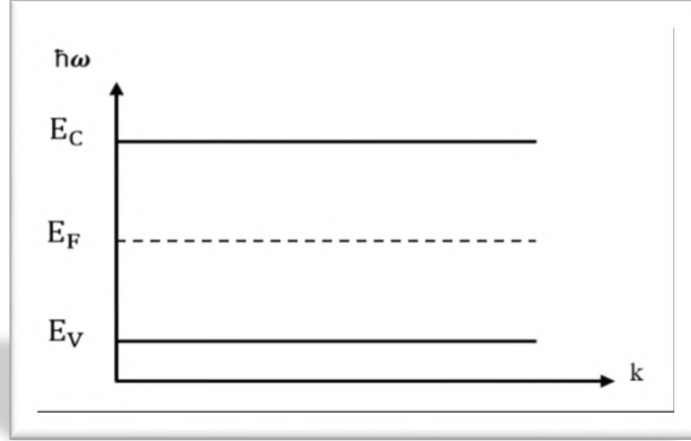
يقع سوي فيرمي في شبه الناقل الذاتي في منتصف فاصل الطاقة الممنوعة عند درجة الصفر المطلق، كما في المعادلة (I-12) [21].
والشكل (I-3) يوضح سويات الطاقة :

$$EF = \frac{(Ec+Ev)}{2} \quad (I-12)$$

حيث : EF : طاقة فيرمي.

Ec : طاقة النقل.

Ev : طاقة التكافؤ.



الشكل (3-I) : رسم تخطيطي يوضح سويات الطاقة (E_V , E_C , E_F).

I-2-7-2- الأكاسيد الناقلة الشفافة المطعمة :

تدعى عملية إقحام الذرات في بنيت شبه الناقل النقي بعملية التطعيم أو التشويب، وان هذه الشوائب تعمل على تكوين سويات طاقة جديدة تقع في الفاصل الممنوع بين حزمتي النقل والتكافؤ، يصنف شبه الناقل المطعم إلى نوعين حسب نوع الشوائب المضافة إليه [21].

✓ التطعيم من النوع n :

هذا النوع من التطعيم يسمى بالنوع السالب كون حاملات الشحنة فيه هي الالكترونات بينما حاملات الشحنة الأقلية فيه هي الفجوات، ويتم الحصول على هذا النوع بإضافة شوائب مانحة إلى شبه الناقل حيث تقوم ذرات التطعيم بتكوين سوي في الفاصل الطاقى تحت عصابة النقل [21].

في حالة الأكاسيد الناقلة الشفافة يجرى التطعيم من النوع n باستبدال ذرة المعدن أو الأكسجين إذ يرتبط هذا التطعيم بالخصائص الفيزيوكيميائية للذرات الوافدة ، مثل التطعيم بذرات النحاس (Cu) أو الحديد (Fe) أو الفلور (F) ، فهي تعزز الأكاسيد الناقلة الشفافة من النوع n ، حيث تقوم ذرات التطعيم بتكوين مستوي في الفاصل الطاقى تحت عصابة النقل ، و زيادة التطعيم تؤدي إلى تطوير هذا المستوي بتداخله مع العصابة أو بفارق طاقى ضعيف وبتالي فان عدد كبير من الالكترونات سوف تشارك في التوصيل ، وعليه تزيد الناقلية بزيادة التطعيم .

✓ التطعيم من النوع p :

هذا النوع من التطعيم يسمى بالنوع الموجب لكون حاملات الشحنة الأغلبية فيه هي الفجوات في حين حاملات الشحنة الأقلية هي الالكترونات، ويتم الحصول على هذا النوع بإضافة شوائب مستقبلة إلى شبه الناقل حيث تقوم ذرات التطعيم بتكوين سوي في الفاصل الطاقى قريب جدا من عصابة التكافؤ [20].

في حالة الاكاسيد الناقلة الشفافة لا يزال موضوع التطعيم من النوع p قيد البحث , ففي السنوات الأخيرة أجريت عدة دراسات على التطعيم من النوع p لبعض الاكاسيد الناقلة الشفافة , حيث حضى أكسيد الزنك بالحض الأوفر في هذا النوع من التطعيم عن طريق استبدال الأكسجين (O) بالازوت (N), يمكن ذلك عن طريق التطعيم المزدوج الألمنيوم-نيتروجين (AI-N) [21] .

I-8- أهم تطبيقات الاكاسيد الناقلة الشفافة :

لأكاسيد الناقلة الشفافة عدة تطبيقات نذكر منها [14,22,23] :

- تستعمل في المرايا الحرارية لتأمين الانبعاثية المنخفضة للزجاج .
- في منضومات الخلايا الشمسية كموافذ وكطاء مانع للانعكاس .
- صناعة شاشات العرض المسطحة الخاصة بالتلفزيون و الحاسوب .
- سماعات الترددات فوق السمعية .
- أجهزة الموجات السمعية السطحية .
- الصمامات الباعثة للضوء .
- متحسسات الغاز .

9-I- أكسيد الزنك (ZnO) :

1-9-I- لمحة عامة عن أكسيد الزنك :

الزنك هو عنصر كيميائي ذو الرمز (Zn)، يصنف من المعادن يتميز بمظهره اللامع ذو لون ابيض مائل إلى الزرقة، عدده الذري 30 وهو العنصر الأول في المجموعة (II) من الجدول الدوري بالإضافة إلى أن الزنك من بين 24 عنصر الأكثر وفرة على القشرة الأرضية كما لديه خمسة نظائر مستقرة من خواصه:

1. لين عند درجة حرارة الغرفة.

2. نقطة انصهاره منخفضة.

3. يمتلك إجهاد جيد وصلابة قليلة.

4. مقاوم للتآكل [24].

- أما أكسيد الزنك (*Zinc Oxide*): فهو عبارة عن مركب شائع للزنك، ويتشكل عندما يتعرض الزنك المعدني للهواء فيعطي طبقة واقية تحمي بقية المعدن، وهو عبارة عن مركب لا عضوي ذو الصيغة الكيميائية (*ZnO*)، ويكون على شكل مسحوق ابيض عديم الرائحة يصفر عند التسخين بسبب التشوهات الشبكية، كما انه مادة غير سامة بعكس مركبات الكاديوم،

يذوب في الكحول والحوامض المعدنية وكربونات الألمنيوم الهيدروكسييدات القلوية لذا فهو أكسيد امفوتيري ولا يذوب بسرعة في الماء [25].

- يتوفر أكسيد الزنك في القشرة الأرضية كفلز يعرف بالزنكيت وهو أكسيد الزنك الأحمر الشكل (4-I) ولكن معظم أكسيد الزنك المستخدم تجاريا يصنع تركيبيا، ويعد كذلك من المركبات نصف موصلة شفافة المهمة بسبب فجوة طاقة واسعة تقدر ب ($3.3ev$) وطاقة ربط كبيرة ($60mev$) عند درجة حرارة الغرفة [26].

يمكن أن يتواجد أكسيد الزنك في الطبيعة على شكل مسحوق أو كريستال صلب، كما في الشكل (5-I) .



الشكل (4-I): أكسيد الزنك الأحمر.



الشكل (5-I): الأكسيد الزنك على شكل مسحوق.

- يعتبر أكسيد الزنك من مركبات الزنك الكيميائية ذو تركيب بلوري سداسي من النوع المتراس (*Wurtzite hexagonal*) ويعد أحد أشباه الموصلات واسعة الاستخدام لكونه يمتاز بفجوة كبيرة، وهو شبه موصل من النوع n لديه توصليه عالية ناتجة من وجود فراغات الأكسجين، لديه نفاذية عالية في المنطقة المرئية وتحت الحمراء لذا صنف من ضمن (TCO)، ويمكن تعريف البنية المتراسة ب ($C=5.20A^\circ ; a=3.24A^\circ$). حيث يحتل مواقع رباعي الأسطح بين ذرات الأكسجين و المراكز المشغولة لشوارد Zn^{+2} [27].

2-9-I- الخواص العامة لأكسيد الزنك :

2-9-I-1- الخواص الفيزيائية لمركب ZnO :

يصنف أكسيد الزنك بوصفه احد أشباه الموصلات التي تنمي إلى المجموعة الثانية و السادسة في الجدول الدوري, إذ يمتاز بامتلاكه فجوة كبيرة نسبيا تصل إلى 3.27 eV , وطاقة ربط عالية تصل إلى (60 MeV), والجدول (4-I) يبين بعض هذه الخصائص الفيزيائية, كذلك يصنف ضمن مجموعة الاكاسيد التوصيلية الشفافة (TCO) والتي تمتلك نفاذية عالية في المنطقة المرئية وانعكاسية جيدة في المنطقة تحت الحمراء القريبة مع توصيلية كهربائية من النوع السالب ($n\text{-type}$) في اغلب الأحيان [28].

الفصل الأول : دراسة عامة للأكاسيد الناقلة الشفافة

الجدول (4-I): يبين بعض هذه الخصائص الفيزيائية لأكسيد الزنك.

الخواص الفيزيائية	
الطور	صلب
الكثافة (عند درجة حرارة الغرفة)	7.14 g.cm^{-3}
كثافة السائل عند نقطة الانصهار	6.57 g.cm^{-3}
نقطة الانصهار	$692.68\text{K}; 419.53 \text{ C}^\circ ; 787.15 \text{ F}^\circ$
نقطة الغليان	$1180 \text{ K} ; 907 \text{ C}^\circ ; 1665 \text{ F}^\circ$
حرارة الانصهار	7.32 KJ.mol^{-1}
حرارة التبخر	$123.6 \text{ KJ.mol}^{-1}$
السعة الحرارية (عند 25C°)	$25.470 \text{ J.mol}^{-1} .\text{k}^{-1}$

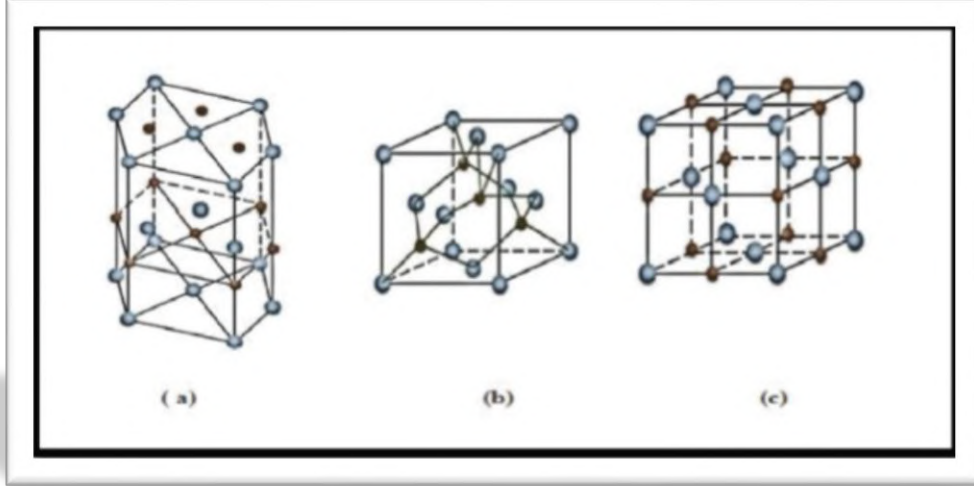
I-9-2-2- الخواص الكيميائية :

وتكون طبيعة الزنك في هاته الحالة عبارة عن بودة بيضاء أو مائلة للصفار، عديمة الرائحة، ناعمة جدا وخالية من الجزيئات الرملية الحشن ، وتمتص بشكل تدريجي CO_2 من الهواء. أما بالنسبة للانحلالية فهو عليم الانحلال في الماء أو الكحول، فهو ينحل في الحموضة المنخفضة، وله عدة استعمالات فقد يستعمل كواقى، مطهر، في المراهم واللاصقات.... الخ [29].

I-9-2-3- الخواص البنيوية :

- يمكن أن يكون التركيب البلوري أكسيد الزنك على ثلاث أنواع من الهياكل اعتمادا على شروط التوضع وهي:
- بنية المكعب، وهو غير مستقرا و يظهر تحت الضغط العالي.
 - بنية سداسية مستقرة في ضل الظروف العادية.
 - بنية الملح الصخري، الذي يظهر تحت ضغوط عالية جدا [27].

كما هو موضح في الشكل (6-I).



الشكل (6-1): مختلف أنواع البنيات البلورية لأكسيد الزنك.

(: ذرة الأوكسجين، : ذرة الزنك)

I-9-2-4- الخصائص الكهربائية:

يملك أكسيد الزنك العديد من الخصائص الكهربائية المميزة و التي تجعله يدخل في الكثير من التطبيقات الحديثة و الجدول (5-1) يوضح ذلك:

جدول (5-1) : بعض الخصائص الكهربائية لـ (ZnO) [30].

مباشرة	طبيعة فجوة الطاقة الممنوعة
3.4 eV	عرض فجوة الطاقة الممنوعة
3.4 ± 0.02 eV	عرض فجوة الطاقة الممنوعة $300 K$
p و n	نوع التوصيل
0.28 m_0	الكتلة الفعالة للإلكترونات
0.6 m_0	الكتلة الفعالة للثقوب
$3.71 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$	الكثافة عند Bc
$1.16 \cdot 10^{19} \text{cm}^{-3}$	الكثافة عند Bv
$2.2 \cdot 10^7 \text{cm} \cdot \text{S}^{-1}$	السرعة الحرارية للإلكترونات
$1.5 \cdot 10^7 \text{cm} \cdot \text{S}^{-1}$	السرعة الحرارية للثقوب
$10^6 \Omega \cdot \text{cm}$	المقاومية القصوى

I-2-9-5- الخصائص الضوئية:

أكسيد الزنك هو مادة شفافة ذات قرينة انكسار 2 في شكله الصلب, أما في حالة الطبقات الرقيقة فيتراوح معامل انكساره بين 1.9 و2.2, بحيث يختلف معامل الانكسار و الامتصاص تبعاً لظروف إنتاج هذه الطبقات [31], كما انه يمتلك نفاذية عالية في المنطقة المرئية وانعكاسية جيدة في المنطقة تحت الحمراء إذ أن معامل امتصاصه في الطيف المرئي محدود (5.10^3 cm^{-1}) [32].

بالإضافة إلى خاصية الشفافية لأكسيد الزنك تظهر هذه المادة أيضاً خاصية الإضاءة بالتأثير طاقة الشعاع الضوئي الأعلى في الفاصل الطاقي لأكسيد الزنك ZnO حيث يتم انبعاث الفوتونات من أكسيد الزنك هذه الفوتونات عموماً تكون في الطول الموجي 550nm القريب من الضوء الأخضر [33]. يمكن تلخيص هذه الخصائص في الجدول التالي :

الجدول (I-6) : الخصائص الضوئية لأكسيد الزنك [34].

$\epsilon_{\parallel}=8.7$ $\epsilon_{\perp}=7.8$	ثابت العزل
10^4 cm^{-1}	معامل الامتصاص
1.8-1.9	معامل الانكسار 560nm
2.013-2.029	معامل الانكسار 590nm
$90\% <$	النفاذية ($500 < \lambda < 2500$)

I-2-9-6- الخصائص الكهرو جابية:

يتميز أكسيد الزنك بفعل كهروجابي الأكبر من بين كل أنصاف النواقل , وهذا ناتج عن البنية البلورية لأكسيد الزنك , و التشوه الناتج عن الإجهاد الخارجي يتحول إلى تيار كهربائي ذو قطبين , قطب موجب و يكون الجزء المشحون جزئياً بالشحنات الموجبة و القطب السالب الجزء الآخر الذي توجد به أغلبية الايونات [35].

I-9-3- تطبيقات أكسيد الزنك:

بما أن أكسيد الزنك يعتبر من الأكاسيد التي لديها خصائص متميزة وذو تكلفة منخفضة لوفرتة في الطبيعة فقد لقي هذا الأكسيد قدرا كبيرا من الاهتمام، ومن بين التطبيقات الصناعية والتكنولوجية لأكسيد الزنك نذكر منها [36]:

1. الأقطاب الشفافة للصمامات الثنائية الليزرية.
2. الأقطاب الكهربائية الشفافة في لوحات العرض المستوية.
3. يستخدم كعامل مساعد بصري ذي فعالية كيميائية عالية.
4. أشباه الموصلات المغناطيسية الخفيفة.
5. الزجاج المخفف لقوة الشعاع.
6. مجاميع الخلايا الشمسية الحرارية.
7. الترانزستورات.
8. خطوط المايكرويف .

I-10- الدراسات المرجعية الحديثة حول (ZnO) :

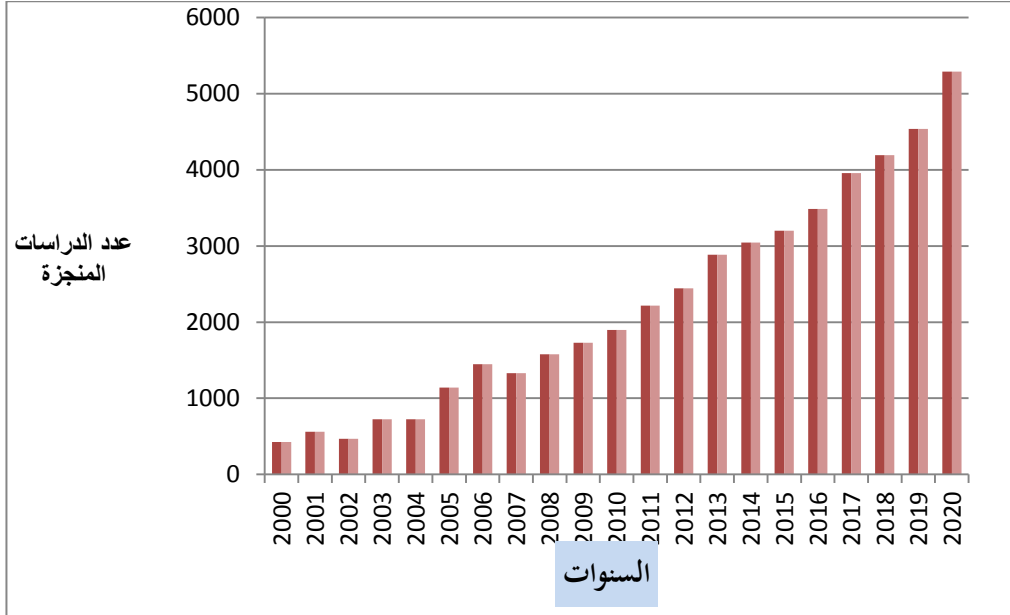
نشرت عدت أبحاث خلال العشرية الأخيرة عنيت بدراسة خواص أكسيد الزنك بنوعيه (المطعم و النقي) و استعمالاته في عدة ميادين تكنولوجية، منها استعماله كمحفز في تحضير الميثانول وفي استقرار البوليثيلين , ويستعمل محفزا في تنقية المياه من التلوث [38].....الخ.

I-10-1- الدراسات الحديثة حول الزنك النقي (الغير مطعم) :

بفضل ما يتمتع به أكسيد الزنك من خصائص فيزيائية هامة جعلته من بين أكثر أشباه النواقل استخداما، إذ يبين المنحنى كما في الشكل (I-7) دراسات علمية تم الحصول عليها من محرك البحث (Science directe) والتي توضح بصورة جلية تصاعد الأبحاث

الفصل الأول : دراسة عامة للأكاسيد الناقلة الشفافة

في استغلال أكسيد الزنك في مختلف التطبيقات التكنولوجية، كما أن خواصه المميزة سمحت له بان يكون من بين المواد القليلة التي تمتاز بتعدد الوظائف ومكنت من استخدامه في كثير من التطبيقات الصناعية [37].



أعمدة بيانية تبين عدد الدراسات حول أكسيد الزنك النقي بدلالة السنوات

❖ بعض الدراسات الحديثة حول أكسيد الزنك :

✓ سنة 2015 :

قام العالم (L ; Zheng) مع مجموعة العلماء بدراسة آليتين مختلفتين لتعزيز انبعاث الأشعة فوق البنفسجية في أغشية Ag-

[39] doped ZnO thin films

تمت زراعة أغشية رقيقة من $Ag-doped ZnO$ (SZO) عن طريق ترسيب الليزر النبضي على ركائز $Si(111)$, باستخدام ليزر

أكسيمر KrF بطول موجة 248 نانومتر . آثار $Ag-doping$ على البنية المجهرية وتمت دراسة الخصائص الالكترونية للأغشية

الرقيقة ZnO بواسطة حيود الأشعة السينية ومعامل درجة الحرارة .

منحنى مقاومة (TcR) ظهرت فيه جميع أغشية SZO تتجه في الاتجاه (002) و(002), ذروة التحولات الأولى إلى درجة منخفضة ثم إلى درجة عالية مع زيادة تركيز Ag -doping.

تتأثر قيم TCR بشدة بكميات Ag ودرجة حرارة الترسيب . أفضل قيم TCR (k/17.5%) , لوحظ عند الدرجة 244 كلفن (10SZO) غشاء رقيق ينمو عند 350 درجة مئوية, والذي يمكن استخدامه كمرشح.

✓ سنة 2017 :

قام العام M. A. Selman , R , & Shabannia بدراسة تأثيرات درجة حرارة النمو على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية ZnO الرقيقة التي تنمو كيميائياً على ركيزة سيلكون مسامية [40] :

تم تصنيع أغشية ZnO الرقيقة الحالية من البذور بواسطة طريقة ترسيب الحمام الكيميائي على ركائز سيلكون مسامية , تم التحقق بشكل منهجي في تأثيرات درجة حرارة النمو على الخصائص التركيبية والبصرية للأغشية الرقيقة ZnO بواسطة حيود الأشعة السينية (XRD), والمجهر الإلكتروني لمسح الانبعاث الميداني (FESEM) والتحليل الطيفي الضوئي (PL) .

يزداد حجم الحبيب للأغشية الرقيقة ZnO تدريجياً مع زيادة درجة حرارة النمو . اظهرت صور FESEM أن سمك أغشية ZnO الرقيقة يزداد مع زيادة درجة حرارة النمو . وفي الوقت نفسه , اظهرت قياسات اللمعان الضوئي ذروة انبعاث الأشعة فوق البنفسجية الحادة و الشديدة الكثافة عند درجة حرارة نمو تبلغ 95% . تشير هذه النتيجة إلى أن الخصائص البصرية و البلورية للأغشية الرقيقة ZnO قد تحسنت مع درجة حرارة نمو تبلغ 95% .

✓ سنة 2019 :

قام العالم , w. Yang و مجموعة علماء بدراسة تصنيع أغشية ZnO الرقيقة ذات الاتجاه التفضيلي و ذات الثقوب المكشوفة بواسطة درجة حرارة عالية لتلدين أغشية ZnO الرقيقة ذات درجة الحرارة المنخفضة على ركائز مختلفة [41] :

في هذا العمل، بينت الدراسة أن أغشية ZnO الرقيقة ذات التوجه التفاضلي (001) ذات الثقوب المكشوفة المزروعة على ركائز $Si(100)$ و $Si(111)$ والياقوت (001) بواسطة رش المغنطرون يتم تصنيعها بدرجة حرارة عالية . لقد وجد أن أغشية ZnO الرقيقة

ذات الثقوب المكشوفة المزروعة على ركائز Si(100) والياقوت (001) تمثل فقط (001) بنية سداسية الاتجاه ZnO, بينما أغشية ZnO الرقيقة ذات الثقوب المكشوفة المزروعة على الركائز Si(111) ليس فقط عرض (001) هيكل سداسي الاتجاه ZnO ولكن أيضا يظهر هيكل Sphalerite المكعب ZnO. كشفت دراسة إضافية أن الإجهاد المتبقي يتأثر بشكل كبير بعدد الثقوب الموجودة على سطح أكسيد الزنك، وان تكوين الثقوب المكشوفة مفيد لتقليل الإجهاد المتبقي مع زيادة عدد و حجم الثقوب المكشوفة، يتم تقليل الإجهاد المتبقي و تغييره من إجهاد الضغط إلى إجهاد الشدة، تؤدي الزيادة الإضافية في الثقوب المكشوفة إلى إجهاد شدة أكبر . أخيرا تم أيضا اقتراح نموذج تكوين الثقوب المكشوفة على سطح الأغشية الرقيقة ZnO.

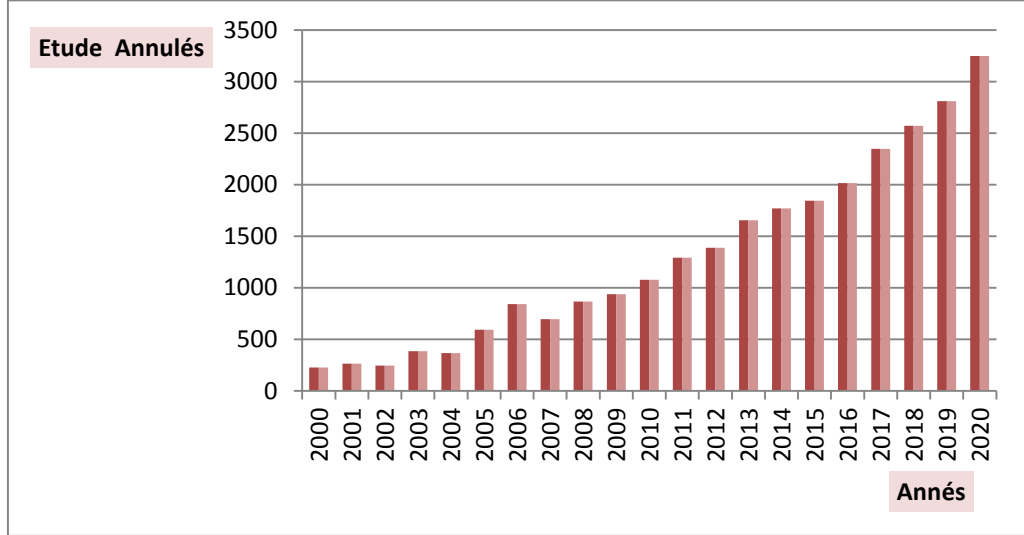
I-10-2-الدراسات الحديثة حول الزنك المطعم :

يتميز ZnO بمقاومة عالية تعيقه عن النقل الكهربائي الجيد, مما يدفع إلى تخفيض هذه الأخيرة. و للوصول إلى هذا الغرض تستعمل المجموعة الثالثة من الجدول الدوري , ومن أهمها Ga و Al بحيث نلاحظ زيادة الناقلية بشكل ملحوظ [43,42].

وهذه الخاصية هي السبب في استعمال ZnO المطعم في صناعة الخلايا الشمسية المتميزة بنفاذية عالية [43]. فعند التطعيم تحدث عملية تبادل لايون (Zn^{2+}) مع العنصر المطعم المتميز بتكافؤ أكبر .

يكتسب ZnO خصائص إضافية حين تطعيمه، فإضافة الغاليوم مثلا تؤدي إلى تكوين طور جديد يدعى الغلاط صيغته ($ZnGa_2O_4$) , هذا التطعيم هو المتسبب في الإرسال في المجال الأزرق الذي يعطينا اللون الأزرق عند طول الموجة 254nm إلى 455nm [38] . وتجدر الإشارة أيضا إلى استخدامه في صناعة الوصلات الثنائية N-P التي تستوجب تطعيم ZnO تطعيما خاصا للحصول على النوع P حيث لا يزال هذا المجال محلا للبحث [38].

يبين المنحنى كما في الشكل (I-8) بعض الدراسات العلمية والتي تم الحصول عليها من محرك البحث (*Science directe*) والتي توضح بصورة جلية تصاعد الأبحاث في استغلال أكسيد الزنك المطعم في مختلف التطبيقات التكنولوجية.



أعمدة بيانية تبين نسبة الدراسات حول أكسيد الزنك المطعم بدلالة السنوات

❖ بعض الدراسات الحديثة حول أكسيد الزنك المطعم:

✓ سنة 2015 :

قام العاملان بورنيما ,ك , جوبالا كريشنان ,ك . و آخرون بدراسة النقاط الكمومية Cds المحسنة من النحاس المخدر للأغشية

الرفيقة ZnO ذات البنية النانوية لتطبيقات الخلايا الشمسية [44] :

تم تحضير أغشية ZnO nanorods و ZnO nanorods المشبعة بالنحاس بطريقة بسيطة حرارية مائية. يتم توعية النقاط الكمومية

Cds بأغشية رفيقة من ZnO nanorods مطعم بالنحاس باستخدام طريقة امتصاص الطبقة الأيونية المتتالية والتفاعل (SILAR).

تكشف دراسة حيود الأشعة السينية أن العصي النانوي ZnO و Cds المحسنة بنقطة الكم Cds النانوية ZnO المغطاة بالنحاس

تظهر بنية سداسية. تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح وجود ZnO nanorods. يبلغ متوسط قطر وطول nanorods المخاذي

300 نانومتر و 1.5 ميكرومتر على التوالي كما في الشكل (9-I). كفاءة التحويل للخلية الشمسية ذات الأغشية الرفيقة المصنوعة من

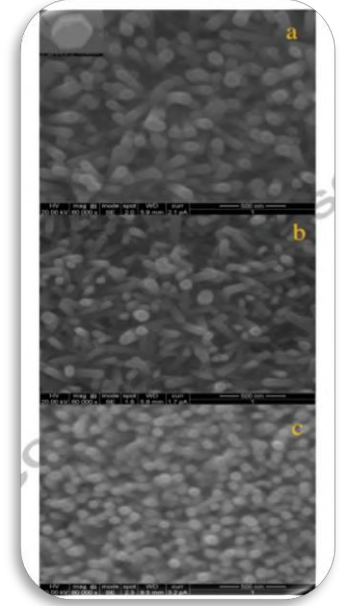
النحاس المطلي ب ZnO nanorods المحسن من Cds هي 1.5% كما في الشكل (9-I).

الشكل (9-I): مسح صورة بالمجهر الالكتروني ل :

ZnO nanorods (a)

ZnO nanorods المخدر بالنحاس. (b)

Cds / المحسنة بأغشية رقيقة من ZnO nanorods المخدرة بالنحاس. (c)

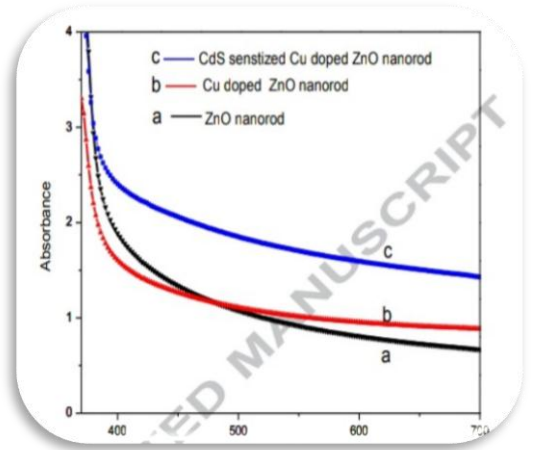


الشكل (10-I) : يبين أطياف الامتصاص ل :

ZnO nanorods (a)

ZnO nanorods المخدر بالنحاس. (b)

CdS (c) المحسنة بالنحاس المطحون بأكسيد النيتروجين.

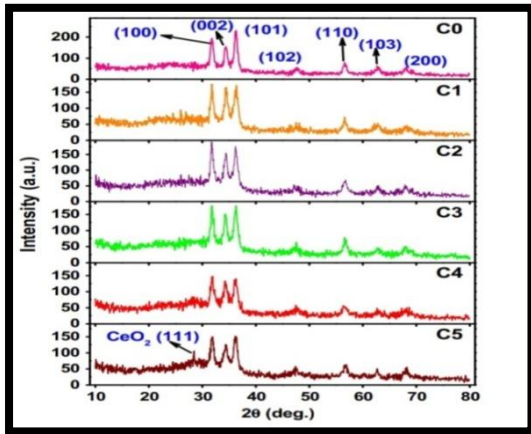


✓ سنة 2016 :

قام العالم . A, Kulandaisamy و آخرون بدراسة طبقة رقيقة من ZnO مغطاة بالبنية النانوية – مستشعر للتنفس [45] :

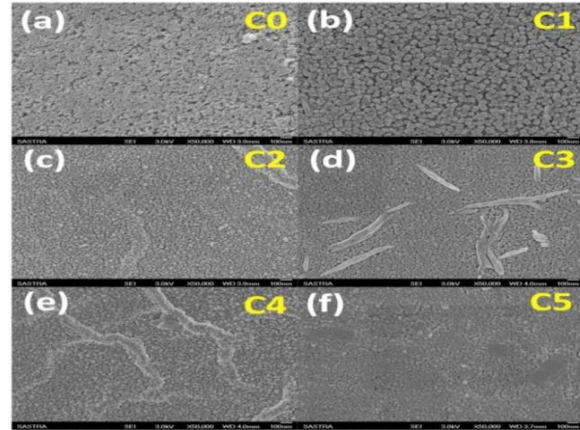
برز تحليل التنفس كإحدى تقنيات التشخيص الدقيقة، والتي يمكن استخدامها لربط حالات المرض بالتركيزات غير الطبيعية لبعض المؤشرات الحيوية الموجودة في الزفير. في هذه الخلفية، تم تطوير مستشعرات ZnO المقاومة للمواد الكيميائية السيريوم المشبعة بالأغشية الرقيقة للكشف عن الأسيتون و الإيثانولامين، وهما من العلامات الحيوية البارزة لمرض السكري و السرطان على التوالي. تم ترسيب أغشية ZnO الرقيقة المشبعة ب Ce على ركائز زجاجية باستخدام تقنية الانحلال الحراري بالرش. أكدت أنماط حيود الأشعة السينية

كما في الشكل (11-I) تكوين أغشية رقيقة من ZnO مخدرة ب Ce مع هيكل Wurtzite سداسي متعدد البلورات. كشف مسح الصور المجهرية الإلكترونية و أطياف الامتصاص البصري لأغشية ZnO الرقيقة المطعم ب Ce عن انخفاض في متوسط حجم الحبوب و زيادة فجوة النطاق على التوالي مع زيادة تركيز Ce-dopant. اظهرت أفلام ZnO التي تحتوي على 0.004 و 0.008 M من تركيزات Ce-dopant استجابة استشعار أفضل لدرجة حرارة الغرفة تجاه الأستيون و الإثانولامين على التوالي. يمكن اعتبار الطبيعة الانتقائية للغاية لعناصر الاستشعار المطورة تجاه الأستيون و الإثانولامين مع الاستجابة السريعة و أوقات التعافي طريقة غير جراحية وفعالة من حيث التكلفة للكشف عن أمراض مثل مرض السكري و السرطان.



الشكل (11- I) : يمثل انماط حيود الاشعة السينية لعينات

ZnO غير المخدرة و Ce-doped.



الشكل (12-I) : يمثل مسح الميكروغرافيا الإلكترونية لعينات الشكل

ZnO غير مخدر و Ce-doped.

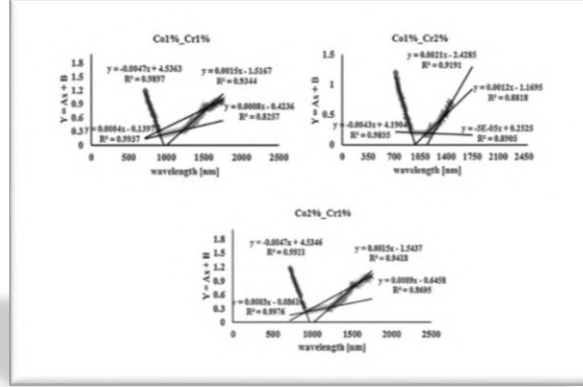
✓ سنة 2017 :

قام العالم بيتكوبا , ف , و ميموني , ر , بدراسة نموذج مذذب فردي لأغشية ZnO الرقيقة غير المشبعة و المغطاة بالمخدر المشترك [46] :

تم ترسيب أغشية أكسيد الزنك الرقيقة غير المشبعة والمتداخلة على ركائز زجاجية باستخدام تقنية الرش الكيميائي. تم قياس أشكال لورانتز التجريبية لأغشية ZnO الرقيقة المطعمة في المنطقة الطيفية 720-1750 نانومتر كما الشكل (12-I). يتم إنشاء نموذج مذذب فردي للمواد الناتجة عن طريق حساب:معامل الانكسار بتردد صفري, متوسط الطول الموجي لمذذب النطاق البيني (λ_0),

الفصل الأول : دراسة عامة للأكاسيد الناقلة الشفافة

قوة المذبذب (SO), طاقة التشتت (Ed), طاقة مذبذب وحيد الفعالية (EO), تردد تذبذب البلازما (ω_p) وقوة انتقال النطاق البيني (M-1 , M-3).

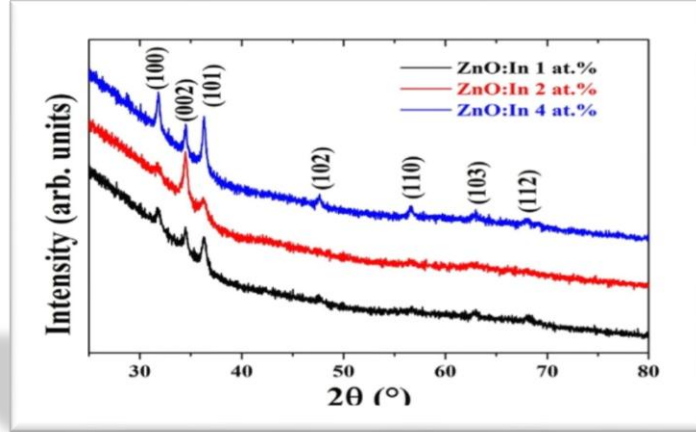


الشكل (I-13): يمثل ملامح لورنتز التجريبية لأغشية ZnO الرقيقة المشبعة المشتركة في المنطقة الطيفية 720 - 1750 نانومتر .

✓ سنة 2018 :

قام العالمان بوعين ,أ, و غندوز , ه , وآخرون بدراسة توليف وتوصيف في فيلم رقيق ZnO مخدر كمرشح أكسيد موصل شفاف فعال [47] :

تم تحضير الأغشية الرقيقة عالية التوصيل والشفافة في ZnO المطعم على الركيزة الزجاجية باستخدام تقنية الطلاء الدوراني Sol-gel. تم دمج الإنديوم بتركيزات مختلفة من 1 و 2 و 4 في المائة. تم دراسة تأثير منشطات الإنديوم على الخصائص التركيبية و البصرية و الكهربائية للأغشية المنتجة. اظهر تحليل حيود الأشعة السينية أن جميع الأفلام كانت متعددة البلورات مع بنية سداسية من Wurtzite , ويفضل النمو على الاتجاه (002) فقط لتركيز 2 في % المنشطات . تفاوتت شفافية أغشية ZnO الرقيقة المطعم من 70 إلى 92% في النطاق المرئي. اطهرت الطبقة الرقيقة من أكسيد الزنك المخدر بتركيز 4% اكبر حجم حبيبة و اقل فجوة بصرية وأعلى كمية عيوب جوهريّة و اقل مقاومة كانت 6.10*10⁻⁴ سم. يمكن أن يكون لهذه الأغشية الرقيقة في ZnO المخدر اهتمام كبير في صناعة الخلايا الشمسية.



الشكل (14-I) : أنماط XRD للأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك المخدر.

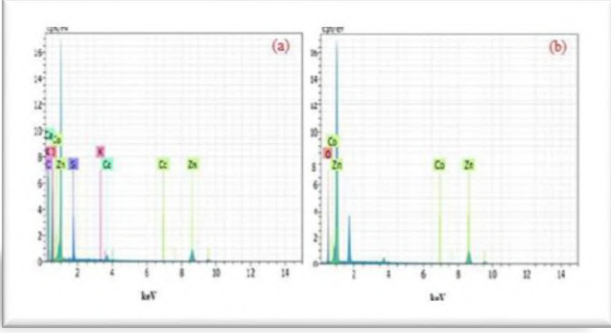
✓ سنة 2020 :

قام العالم, V . Balaprakash وآخرون بدراسة الخصائص الهيكلية و المرفولوجية و البصرية لأغشية ZnO الرقيقة

المصنوعة من الكوبالت المشبعة بالنو [48] :

يتم تحضير الأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك (ZnO) المطعم بالكوبالت (Co) على ركيزة زجاجية عن طريق عملية الطلاء بالغمس بال Sol-gel مع تغير تركيز Co المتغير من 0 إلى 2%.

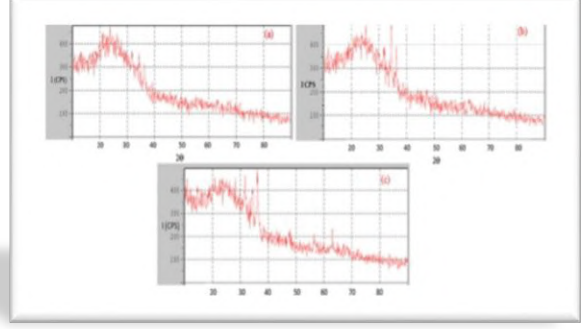
يتم استخدام مقياس انحراف الأشعة السينية (XRD)، والمجهر الإلكتروني لمسح الانبعثات الميداني (FESEM) والطيف المرئي للأشعة فوق البنفسجية (UV-vis) لتقييم الأغشية الرقيقة المصممة. تظهر قمم XRD لأغشية ZnO (ZnO : Co) ذات البنية النانوية المحضرة من الكوبالت كما في الشكل (14-I) ، ذروة الكثافة النسبية لاتجاه (002) وهو السائد لجميع الأفلام المعدة . تعرض جميع الأغشية سلوكا بلوريا وهيكل سداسي Wurtzite. تؤكد صورة EDX وجود الزنك والأكسيد والكوبالت في الأغشية المجهزة وخالية من الشوائب الأخرى كما في الشكل (16-I). تكشف صورة FESEM أن شكل الحبيبات كروي بطبيعته و في 2%، تظهر أغشية ZnO الرقيقة المطعمة بالكربون اقل حجم حبيبات، تبلغ حوالي 53 نانومتر. تعرض أفلام ZnO المخدرة نفاذية بصرية تزيد عن 70% وتستخدم كقطب كهربائي شفاف في شاشات العرض المسطحة.



الشكل (16-I) : طيف EDX ل :

(a) 5ats ZnO .Co

(b) 1ats Zad. Co



الشكل (15-I) : طيف XRD ل :

(a) 5 atx ZnO : Co

(b) 1ats ZnO: Co

(C) 2ats ZnO. Co

11-I- الخلاصة :

تم التطرق في هذا الفصل للخصائص العامة للأكاسيد الموصلة الشفافة، والتي تعد من بين المواد التي تحضي بأهمية بالغة في تطور العلوم التكنولوجية، حيث تم التعرف على أبرز خصائصها الكهربائية والكيميائية. ثم عرجنا بالدراسة على أكسيد الزنك والذي هو محل الدراسة في هذا الفصل وتم عرض أهم خصائصه البنيوية، الفيزيائية والكيميائية بالإضافة إلى تطبيقاته الواسعة التي تعتمد على تقنيات ترسيبه على شكل أغشية رقيقة والتي ستكون محل الدراسة في الفصل القادم.

مراجع الفصل الأول :

[1] **K.L.MENOUER**, ‘‘Etude et réalisation d’une cellule solaire multicouches du type Si-SiO₂-ZnO Par APCVD ’’, Thèse de Doctorat, **UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU**, (2011).

[2] **A.TABET**, ‘‘Optimisation des conditions d’élaboration (température de substrat et distance bec-substrat) des films minces de ZnO par spray’’, Mémoire de Magister, **UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA**, (2013).

[3] م. بن خالد , دراسة بعض الخواص البصرية لأغشية كبريتيد الرصاص المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري , مجلة الهندسة و التكنولوجيا , المجلد 30 , العدد 6, (2012) .

[4] ا.زيد عبد , دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية (NiO) ,رسالة ماجستير , جامعة ديالى , العراق , (2012) .

[5] **S.S AI-Rawi, S.J .Shakir and Y N .Husan**, ‘‘Solid State physics ’’, Pbpublishing of Mousal University Arabic Version (1990).

[6] **M .I .B .Bernardri, N .E Soledade, I. A Santos, E .R Longo, J .A Varela**, Influence of the concentration of Sb₂O₃ and the viscosity of the precursor solution on the electrical and optical properties of SnO₂ thin films produced by the pechini method, Thin Solid Films, Vol.405, P .228-233, (2002).

[7]**A .Yadav ,E .U .Masumdar ,A .V .Moholkar ,M .NeumannSpallart ,k.Y .Rajpure ,C .H .electri cal structural and optical properties of SnO₂ /Sub> :F thin films effect of the substrate temperature , Journal of Alloys and Compounds , Vol.488,N° .1,p. 350-355 ,(2009) .**

[8] م . حريز بالقاسم , دراسة الخصائص البنيوية و الضوئية و الكهربائية لأكسيد القصدير المطعم بالفلور المتوضع بتقنية الأمواج فوق الصوتية , مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة الوادي , (2012) .

[9] ع.دقة عبد , ا. مصباحي , تحديد بعض خصائص أكسيد النيكل (NiO) المطعم بالحديد (Fe) , مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة الوادي , (2017) .

[10] م. سعد ,ع. قسيس, استخدام تقنية الرشاشة في تحضير طبقات رقيقة من أكسيد التوتياء و توصيفها ,الرقم التسلسلي , سوريا , (2009) .

[11] B .K Mohammed, Study of Some optical Properties of PbS thin deposited by Chemical Spray Pyrolysis Method, Vol. 30, N 6, (2012).

[12] ا.زيد عبد , دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية(NiO), رسالة ماجستير , جامعة ديالى ,العراق , (2012) .

[13] F .O HASSANI, ” Couches Minces D’oxydes Spinelles Et De Nanocomposites Spinelles-CuO A Proprietes Semi-Conductrices Destinees A La Realisation De Capteurs De Gazé ” , Thesis de doctorat, Université de Toulouse, (2009).

[14] ل .سقني , "تحديد خصائص أكسيد القصدير (SnO) المطعم بالحديد (Fe) " ,مذكرة ماستر أكاديمي ,جامعة الوادي , (2017) .

[15] ح. بن سالم ,دراسة الخصائص البنيوية و الكهربائية و الضوئية لشرائح أكسيد القصدير SnO₂ مطعم بالانتيموان Sb موضع بطريقة الأمواج فوق الصوتية , مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة الوادي , (2014) .

[16] ر . الدليمي , دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية Zn_x ONi (1-x) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ,رسالة ماجستير , جامعة ديالى , العراق , (2011) .

[17] J .M .Dekkers, Transparent Conducting Oxides on Polymeric Substrates by Pulsed Laser Deposition, Ph .D .these University of Twenty, The Netherlands, Vol .24, No .4, (2017).

[18] Benkhetta Youcef, L’effet du déposées du la solution, Sur les propriétés des coches minces d’oxid de zinc (ZnO) déposées par spray ultrasonique, Mémoire de fin d’étude en Master, Université Med Khider Biskra, (2013).

[19] ع.عيادة إبراهيم , ر. عبد الوهاب إسماعيل , و. نشعان ندا , دراسة تأثير التشويب بالرصاص (Pb) على الخصائص البصرية لأغشية كبريتيد الكاديوم (Cdo) الرقيقة المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري , مجلة تكريت للعلوم الصرفة , (2015) .

[20] ن. محمد علي الكرخي, دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية (ZnO :Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري , رسالة ماجستير , جامعة ديالى , العراق , (2012) .

[21] A. khawwam Mohammed, Studying the effect of Annealing on the Structural and Optical Properties of (Zn_{1-x} Fe_xO) Thin Films Prepared by Chemical Spray Pyrolysis Method, Thesis the Degree of M .Sc, Diyala University, Iraq, (2014).

[22] S .M .H .Al-Jawad , A .S .Sabr , A .K .Elttayef , Doping Effect on Structure , Optical , & Sensing of Nanocrystalline (SnO₂) Thin Films Prepared by Chemical Bath Deposition (CBD) Technique , (2016) .

[23] م. ع منصور, دراسة الخواص التركيبية و البصرية لأغشية (ZnO :Cu) المحضرة بطريقة APCVD , المجلد 5, العدد 2, (2012).

[24] د. بومدين , "تحضير و تحليل المواد النانوية لكبريت الزنك ZnS" , مذكرة ماجستير أكاديمي , جامعة الوادي , (2019) .

[25] م .ناجم الزكوم , " الكيمياء اللاعضوية " , كتاب مترجم , الجزء الثاني , (1988) .

[26] ز . كنزة , " دراسة الأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك الغير مطعم و المطعم بالألومنيوم و المغنيزيوم , المحضرة بتقنية الصول-جال " , مذكرة ماجستير أكاديمي , جامعة أم لبواقي , (2016) .

[27] H .Lekiket ; « Elabortionet Caractéristion des hétérojonctions àbases de ZnO et ZnS » ; Diplôme de Magister ; University Constantine ; (2008).

[28] C. Jagadish, S. Pearton, ‘‘Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures ‘’, Elsevier Limited, (2006).

[29] **Takahashi, kiyashi, Yashikawa**, Akihiko, Sanadha, Adarsh (2007), Springer. 357.

[30] A .Hafdallah ; « Etude De Dopage Des Couches Minces ZnO Elaborées par Spray Ultrasonique » ; Thèse De Magister ; University De Constantine ; (2007).

[31] T .K .Subramanyam ; B .Srinivaslu Naidu ; S. Uthanna ; Cryst .Res . Technol; Vol 35; (2000).

[32] D .R .Lide ; « Chemical Rubber Company » ; Hand Book of Chemistry And Physics ; Crc press ; Boca Raton ; Florida ; Use ; 7 the Edition ; (1996).

[33] A .Moustaghfir ; « Elaboration Et Caracterisation De Couches Minces D'oxyde De Zinc. Application A La Photoprotection Du Polycarbonate » ; These Docteur ; University Blaise pascal ; (2004).

[34] L .Youssef ; « Elaboration Et Caracterisation Des Couches Minces Conductrices Et Transparentes pour Les Cellules Solaire De Type Tco/ZnS/Cis » ; Mémoire De Magister ; Université Des Sciences Et De La Technologie D'oran ; (2011).

[35] ز. كنزة , " دراسة خصائص الأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك الغير مطعم و المطعم بالألومنيوم و المغنيزيوم المحضرة بتقنية الصول-جال " , مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة أم لبواقي , (2016) .

[36] T .K .Subramanyam, B .Srinivasulu, and S .Uthanna, ‘Physical Propertie of Zinc Oxide Films Prepared by dc Reactive Magnetron Sputtering at Different Sputtering Pressures ‘ ; Crystal Research and Technology ; Vol. 35 ; no.10 ; p. 1193 ; (2000).

[37] س . رحمانى , ج . واسع , تحضير و دراسة طبقات أحادية و ثنائية لأكسيد الزنك و أكسيد النيكل بطريقة الرش الكيميائي الحراري , مذكرة ماستر , جامعة ورقلة , (2017) .

[38] Kai –Hung Hsu and Ko-Shao Chen, Ceramics International Vol 26 (5), (2000) P469-473.

[39] Xu ,L, Zheng ,G ., Zhao ,L ., & Pei ,S .(2015) .Two different mechanisms on UV emission enhancement in Ag-doped ZnO thin films . Journal of Luminescence, Vol 158, P 396-400.

[40] Shabannia, R, &Selman, A .M. (2017). Effects of growth temperature on Structural and Optical properties of ZnO thin films grown chemially on porous silicon substrate .Chinese Journal of Physics, Vol 55(6), P 2218-2223.

[41] Yang ,W,Liu ,J,Liu ,M,Liu ,Y,Wang ,N,Shen ,G,Fu ,Y .(2019).Fabrication of preferential orientation ZnO thin films with exposed holes by high temperature annealing low- temperature-grown ZnO thin films on different Substrates .Superlattices and Microstructures .106291

[42] F .L .Souza, J .W. Gomes, P .R. Bueno .M .R .Cassia-Santos, A .L .Araujo, E .R .Leite, E .Longo, J .A. Varela, Materials Chemistry and Physics, Vol 80, (2003), P 512-516.

- [43] A.Bougrine, A. El Hichou, M .Addou, J .Ebothé, A .Kachouane, M. Troyon, Materials Chemistry and Physics, Vol (80), (2003), Pa (438-445).
- [44] Poornim ,K ,Gopala krishnan ,k,Lalitha ,B ,& Raja , M .(2015).CdS quantum dots sensitized Cu doped ZnO nanostructured thin films for solar cell applications Superlattices and Microstructures , Vol 83 , P147-156 .
- [45] Kulandaisamy ,A .J .,Elavalagan ,V.,Shankar ,P .,Mani ,G .K .,Babu ,k.J .,& Rayappan ,J .B .B .(2016).Nanostructured Cerium-doped ZnO thin film – A breath Sensor .Ceramics International ,Vol 42 (16),P 18289-18295 .
- [46] Petkova ,P,Nedelchev ,L,Nazarova ,D,Boubaker ,K,Mimouni ,R,Vasilev ,P, ...Bachvarova ,D .(2017).Single oscillator model of undoped and Co-doped ZnO thin films .Optik ,Vol 139, P 217-221 .
- [47] BOUAINE, A, Bourebia, A., Guindez, H. &Riane, Z. (2018). Synthesis and characterization of in doped ZnO thin film as efficient transparent conducting Oxide candidate .Optik, Vol 166, P 317-322.
- [48] Balaprakash ,V,Mohan ,M .,Gowrisankar ,P .,Thangavel ,K ., & Sudha ,S .(2020). Structural, morphological and optical properties of nano structured cobalt doped ZnO thin films .Materials today: Proceedings.

الفصل الثاني :

الطرق العامة للترسيب و معاينة الأغشية
الرقيقة

1-II - تمهيد:

تعتبر فيزياء الأغشية الرقيقة أحد أهم فروع الحالة الصلبة والذي تبلور عنها وأصبح فرعاً قائماً بحد ذاته، وذلك نظراً للخصائص والمميزات التي تمتلكها الغشية الرقيقة والتي لا تكون متوفرة في تراكيب المواد الأخرى [1]. تعد تقنية الأغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي ساهمت في تطوير دراسة أشباه الموصلات وأعطت فكرة واضحة عن العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد، التي يصعب الحصول عليها بشكل طبيعي. هذه التقنيات تختلف عن بعضها البعض ويرجع ذلك إلى تنوع مجالات استخدام هذه الطبقات، هناك نوعان من الطرق لتحضير الأغشية الرقيقة بعضها فيزيائية والأخرى كيميائية [2]. حيث تم دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية للأغشية الرقيقة من أجل استخدامها في عدة تطبيقات وقد أدى العمل التجريبي لتحضيرها إلى حدوث ثورة في مجال التطبيقات الصناعية بسبب أنها أضحت البديل المناسب عن مواد أخرى ذات أحجام كبيرة في تحقيق نفس الأهداف في تكنولوجيا أشباه النواقل الحديثة [3].

ينقسم هذا الفصل إلى قسمين رئيسيين، القسم الأول يتضمن مفهوم الأغشية الرقيقة ومختلف طرق ترسيبها الفيزيائية والكيميائية، أما الثاني فستتطرق إلى أهم طرق معاينة الأغشية الرقيقة المستخدمة في تعيين خصائصها المختلفة.

❖ الطبقات الرقيقة للأكاسيد الناقلة الشفافة وطرق الترسيب:

II-2- مفهوم الطبقات الرقيقة :

من حيث المبدأ الطبقة الرقيقة لمادة معينة هي ترتيب لعناصر هذه المادة في بعدين (مستوي) بحيث يكون البعد الثالث صغيراً ويعبر عنه من رتبة النانو متر ، هذا السمك يتغير من مادة لأخرى و هذا في الغالب يكون تبعاً للخواص الفيزيائية لهذه المواد، الفرق الجوهري بين المادة في الحالة الصلبة وفي حالة الطبقات الرقيقة يتمثل في أنه : في الحالة الصلبة للمادة عموماً نعمل دور الحدود (السطوح) في الخصائص ولكن في حالة الطبقات الرقيقة على العكس من ذلك تأثير الحدود على الخصائص يكون هو الغالب حيث كلما زاد انخفاض السمك زاد تأثير السطوح في الخصائص الفيزيائية [4] .

أما الميزة الثانية الأساسية للطبقات الرقيقة تتمثل في الطريقة المتبعة في تصنيعها، وبناء على ذلك يجب أن أخذ بعين الاعتبار أهمية تركيب الركيزة، حيث تأثر هذه الأخيرة على الخصائص البنيوية للطبقة الرقيقة، بحيث أثبتت الدراسات قام بها العالم (Yusta) وآخرون حول تأثير تشكل الركيزة على الخصائص الفيزيائية فوجد أن أكسيد القصدير (SnO_2) النقي المرسب على ركيزة بيركس لديه مقاوميه ضعيفة مقارنة مع ركيزة السيليسيوم [5].

II-3- مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة :

لغرض ترسيب شريحة رقيقة على سطح ركيزة صلبة يجب أن تمر جسيمات المادة المكونة للشريحة عبر وسط ناقل بحيث يكون هذا الوسط في اتصال مباشر مع الركيزة، بمجرد وصول الجسيمات لسطح الركيزة جزء منها يتمسك بالسطح من خلال قوى (Van des Waals)، أو تتفاعل معها كيميائيا، يمكن أن تكون هذه الجسيمات عبارة عن ذرات أو جزيئات أو ايونات، وقد يكون وسط نقل الركيزة إما وسطا سائلا أو غازيا أو صلب [6].

1- وسط النقل سائل: تتميز هذه الطريقة بسهولة استخدامها، ويرجع ذلك لتنوع طرق الترسيب فيها مثل:

طريقة المحلول الهلامي (Sol-gel) أو الحمام الكيميائي.

2- وسط النقل غازي أو فراغ: تتمثل هذه الطريقة في تقنيات الترسيب بالأبخرة الكيميائية، ويكمن الاختلاف

الأساسي بين الوسط الغازي والفراغ في متوسط المسار الحر للجزيئات (المسار بين التصادمين).

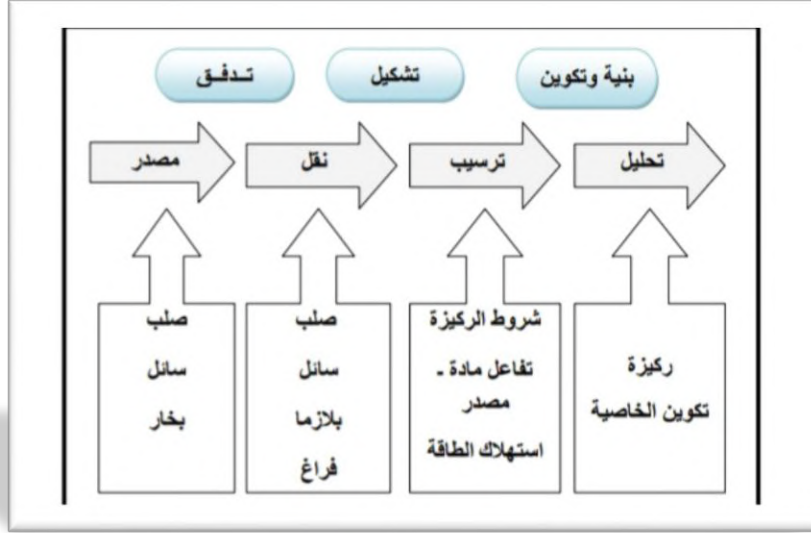
3- وسط النقل صلب: في هذه الحالة قد تكون الركيزة في تماس مع المادة المراد ترسيبها لكن الجسيمات فقط

تنتشر على الركيزة لتشكل غشاء رقيق، غالبا ما يكون الحصول على أغشية رقيقة عن طريق الاتصال بين الجسيمات صعب جدا [7].

-ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ انه لا توجد طريقة مرجعية لترسيب الطبقات الرقيقة حيث يمكن استخدام طرق متنوعة وغالبا ما يكون إعداد الركيزة خطوة مهمة جدا لترسيب طبقة رقيقة للحصول على التصاق جيد و تستخدم عدة تقنيات و أساليب لتحقيق هذه الأغراض [8].

II-4- آليات ترسيب الأغشية الرقيقة :

تتم عملية تشكل الطبقات الرقيقة عبر أربعة مراحل متتالية، والتي يمكن اختصارها في الشكل (II-1):



الشكل (II-1) : مخطط توضيحي لمراحل تكوين طبقة رقيقة [9].

✓ المصدر :

يعرف المصدر على انه المنبع الأساسي للمادة المراد ترسيبها لتكوين الطبقة الرقيقة، التي يمكن أن تكون في الطور الصلب، السائل أو الغازي، كما يعبر أيضا على مكان حدوث عملية تشتت عناصرها (ذرة، شاردة) ليتم نقلها فيما بعد إلى الركيزة بإتباع طرق ووسائط مختلفة مناسبة [9].

✓ النقل :

يتم نقل المواد من المصدر إلى الركيزة عبر وسط بيني، الذي يمثل موضع التفاعلات الكيميائية بين ذرات المادة المرسبة والمحيط (الرواسب الفعالة) [10]. يحتمل أن يكون الوسط البيني في عدة حالات فيزيائية: صلب في حالة الركيزة والمادة الصلبة متلامسين، ما يسمح بترسيب الجسيمات الناتجة من المصدر كطبقة رقيقة فقط [11]. بينما الوسط

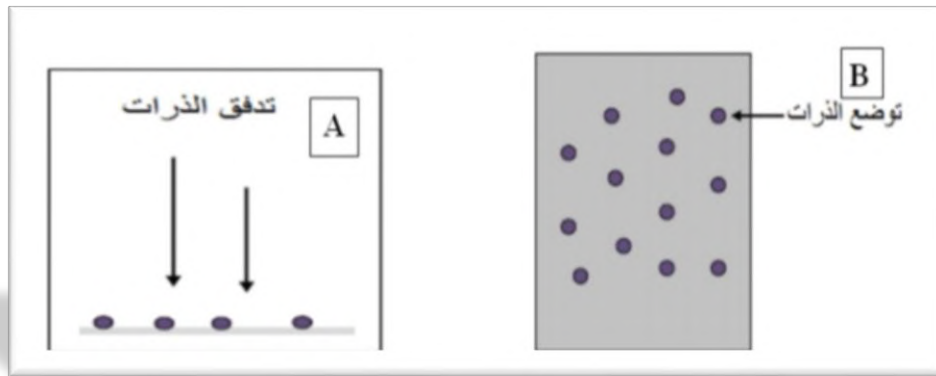
السائل يعتبر سهلا مقارنة بالحالة الأولى لكون المادة أكثر تنوعا، كما يمكن أن يتم النقل ضمن وسط غازي (بلازما)، أو داخل الفراغ أين يختلفان في متوسط المسير الحر للجسيمات [12].

✓ الترسيب :

يمثل الترسيب الخطوة الثالثة من عملية إنتاج الطبقات الرقيقة على سطح ركيزة، فعند وصول المواد المراد ترسيبها من المصدر عبر الوسط البيني إلى سطحها تلتصق به إما بواسطة قوى "فان دي فال" أو عبر تفاعل كيميائي، فـجسيمات المادة يمكن أن تكون ذرات جزيئات، شوارد، أو جزيء من جزيئات متباينة [13]. كما تشمل مرحلة الترسيب عدة خطوات حتى يتم تكوين الطبقة الرقيقة التي تلخص كالآتي :

1- مرحلة التنوي (La nucléation) :

يصاحب ظاهرة التنوي تشكل تجمعات من الذرات (نوى) على سطح الركيزة، هذه النوى عندما تصل إلى حجمها الحرج المتوافق مع الطاقة الحرة العظمى، تبدأ النوى بعدها في جمع الذرات ذات الطاقة الأدنى من طاقة العتبة ما يؤدي إلى نمو الطبقات [14]. وهذا ما يمكن توضيحه من خلال الشكل (2-II) المعطى فيما يلي :

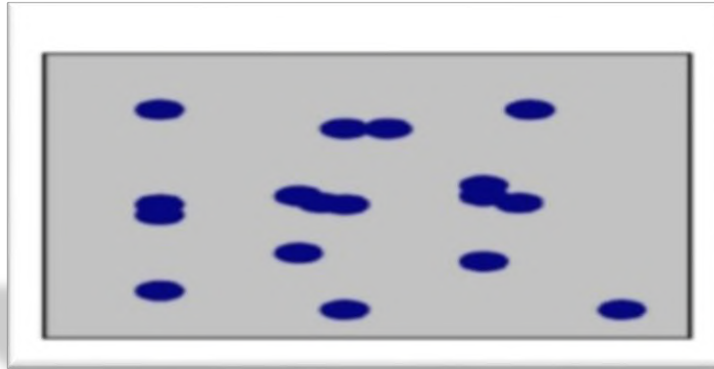


الشكل (2-II) : رسم توضيحي لمرحلة التنوي لتشكيل طبقة رقيقة , A : تدفق الذرات على سطح الركيزة . B :

تشكل النوى.

2-مرحلة الالتحام (La coalescence) :

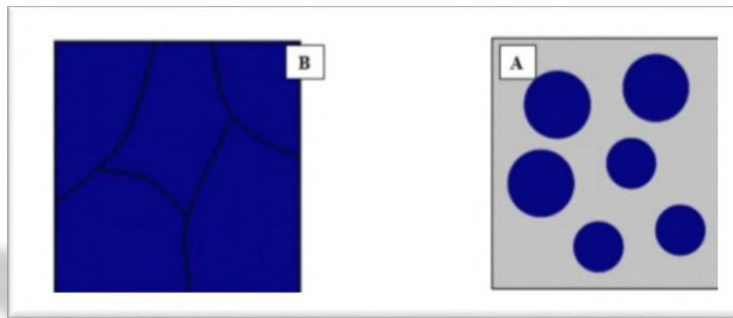
في هذه المرحلة من الترسيب تلتحم النوى الصغيرة مع الأكبر منها حجما، ما يميز هاته المرحلة عن سابقتها بأنها أسرع منها، بعد الوصول إلى كثافة معينة تقوم التجمعات الناتجة بزيادة مساحة تغطية الركيزة [15]. هذه الخطوة يمكن ملاحظتها من خلال الشكل التوضيحي (3-II) التالي:



الشكل (3-II) : رسم توضيحي لمرحلة الالتحام لتكوين الطبقة الرقيقة [11].

3-مرحلة النمو (La croissance) :

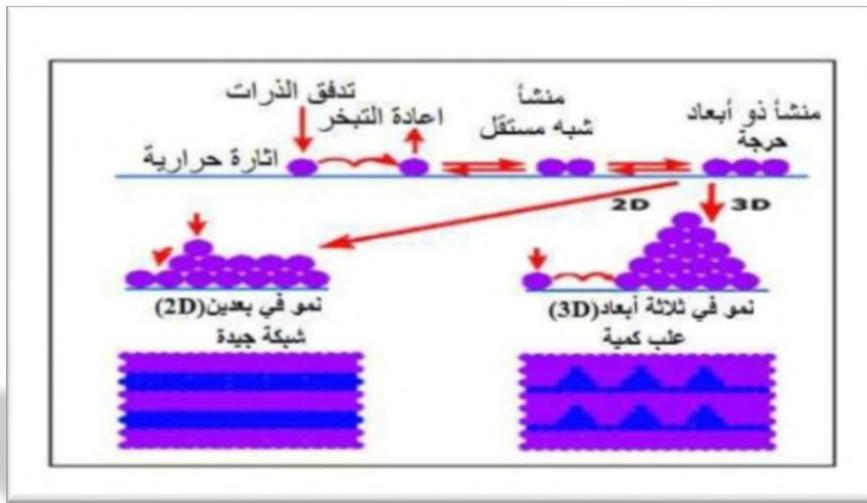
بمجرد الانتهاء من مرحلة الالتحام , فإنه يتم نمو الطبقات على مستوى البعد الثالث (السماك) بعد ملء القنوات و الثقوب الفارغة ما يشكل أفلام مستمرة و متجانسة [14] , بتكثيف المادة على سطح الركيزة عن طريق زيادة درجة حرارتها [13] , وهو ما يمكن عرضه بواسطة الشكل (4-II) الذي يوضح هذه المرحلة :



الشكل (4-II):رسم توضيحي لمرحلة نمو الطبقة الرقيقة، A:الخطوة الأخيرة للالتحام. B : مرحلة نمو الطبقات

الرقيقة [11].

لوحظ كذلك خلال تطور نمو الطبقات الرقيقة على سطح ركيزة بأنه ليس ضروريا انتشارها بطبقة مستمرة متجانسة لتغطية كامل السطح، بل يمكن أن يكون في ثلاث أطوار متمثلة في ثنائي الأبعاد (2D) ويسمى بنمط Fank-Vander-Merwe، نمط ثلاثي الأبعاد (3D) يعرف بنمط Voimer-Weber، وأخيرا نمط Krastanov-Stranski هو عبارة على نمط مختلط يبدأ بالنمط 2D ثم يصبح 3D بعد سمك معين للطبقة [12]. جميع الأنماط المذكورة سابقا تعتمد في نموها على القيم النسبية لطاقة تفاعل ذرة - ذرة للفيلم الرقيق، وكذلك تفاعل ذرة الطبقة - ذرة الركيزة [14].



الشكل (5-II): رسم توضيحي لمختلف أنماط نمو الطبقات الرقيقة [12].

1- مرحلة التحليل (L'analyse) :

تمثل مرحلة التحليل آخر خطوة في آلية نمو الطبقات الرقيقة، فهي ضرورية لقياس ودراسة خصائص الطبقات المتحصل عليها عبر اللجوء إلى تجارب و طرق تحليل و الوصف الضرورية لتحديد مدى توافق سماتها مع التطبيقات التكنولوجية المتاحة لها [9].

5-II- العوامل المؤثرة على تكوين غشاء :

- البنية البلورية للركيزة: ومن شروط اختيارها أن يكون عدم التوافق البلوري صغيرا جدا بين مادة الركيزة و مادة الغشاء حيث لا يحدث تفاعل كيميائي بين الركيزة و الغشاء في درجات الحرارة العالية [15].

• **درجة حرارة الركييزة:** عند الذرات المراد توضعها على الركييزة تتعرض هذه الذرات إلى عدد من العمليات الحركية تتضمن الاهتزاز و التطاير و التنويه و حتى إعادة التبخر , فإذا كانت الجسيمات تملك طاقة أعلى من طاقة الترابط المميزة فإنها تتبخر من جديد من سطح الركييزة إلى الوسط الناقل لذلك تحتاج إلى تسخين الركييزة . إضافة إلى أن تسخين الركييزة يؤمن سطح غير أملس يزيد من إمكانية حصول تنويه، أما الزيادة في تسخين الركييزة فقد يتسبب بإعادة تبخر الغشاء بعد أن يتشكل. أما في الحالة تكون فيها درجة حرارة الركييزة مرتفعة بشكل كاف فإن الذرات تمتلك طاقة حركية كافية لتعديل مواضعها على الركييزة بحيث تتوزع بشكل متجانس [15].

• **تأثير موقع الركييزة ومساحتها:** إن الركائز المتواجدة فوق الهدف مباشرة تحصل على أعلى توضع ممكن ويكون الغشاء أكثرها ثخانة وثقل ثخانة الغشاء تدريجياً مع إبعاد موقع الركييزة عن الهدف.

إضافة إلى أن كبر مساحة الركييزة الموضع عليها تسبب وجود غشاء متباين في السماكة بشكل واضح لذلك نلجأ إلى قص الركائز إلى مساحات صغيرة للحصول

على أغشية منتظمة السماكة بشكل تقريبي [16].

II-6- طرق ترسيب الأغشية الرقيقة :

نتيجة للتطبيقات الواسعة للأغشية الرقيقة وعلى اختلاف أنواع المادة ومواصفاتها، وجدت الحاجة الماسة إلى ظهور تقنيات تحضير جديدة تلائم الأغشية ومجالات تطبيقاتها [17]. لقد ساهمت التطبيقات المهمة والرائدة في مجال الأغشية الرقيقة بتوسيع دائرة البحث والدراسة ودفع الباحثين إلى ابتكار طرائق مختلفة لتحضير هذه الأغشية، ونتيجة للتطور العلمي فقد تطورت الطرائق بدورها وأصبحت على درجة عالية من الدقة والتحكم.

إن اختيار الطريقة المناسبة واستخدام طريقة دون غيرها يعتمد على عدة عوامل أهمها:

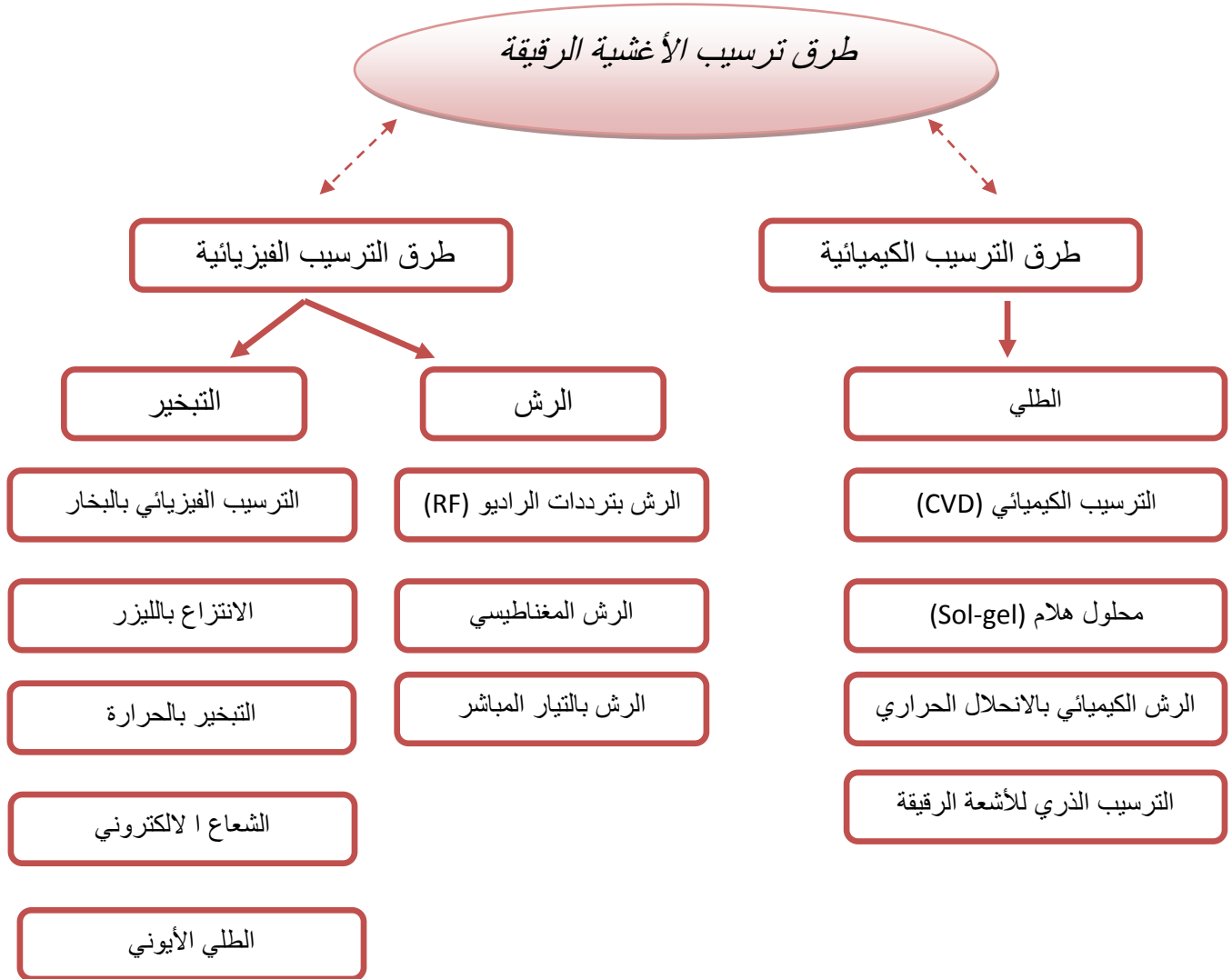
• نوع المادة المستخدمة.

• مجال استخدام الأغشية المحضرة.

• كلفة التحضير.

حيث تكون بعض الطرائق مناسبة لمواد معينة وغير مناسبة لمواد أخرى وبعضها تكون سهلة الاستعمال وبعضها الأخر يكون معقداً أو اقل توفراً [18]. بصفة عامة يمكن تقسيم طرق الترسيب إلى نوعين أساسيين هما : طرق فيزيائية و طرق

كيميائية كما هو موضح بالشكل (6-II)



الشكل (6-II): مخطط يوضح الطرق المختلفة لترسيب الأغشية الرقيقة.

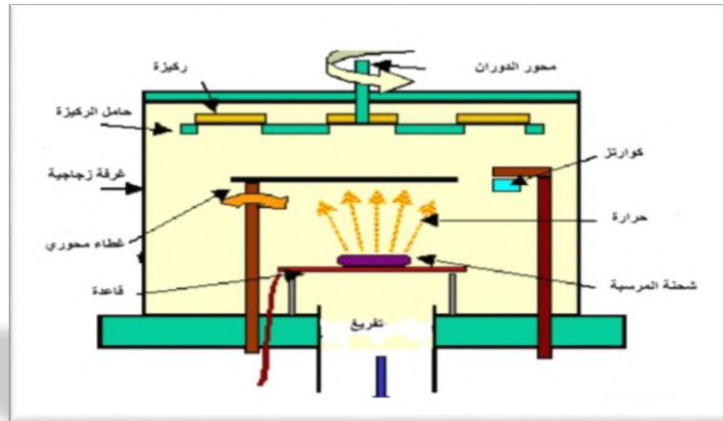
السطح عمودي على تدفق البخار وعموما تعتمد سرعة الترسيب على درجة حرارة المصدر والمسافة بين المادة المبخرة والركيزة [21]. ولهذه التقنية مجموعة من الايجابيات والسلبيات نذكر منها:

• ايجابياتها :

السيطرة على معدل الترسيب بسهولة بالإضافة إلى قلة تكلفتها و بساطتها كما ان الأضرار على سطح الركيزة تكون اقل [22].

• سلبياتها :

من سلبيات هذه التقنية أنها تحتاج إلى طاقات عالية، تتفكك الاكاسيد نتيجة درجة الحرارة العالية، التفاعلات الجانبية للمواد المبخرة التي تكون على اتصال فيما بينها [23].



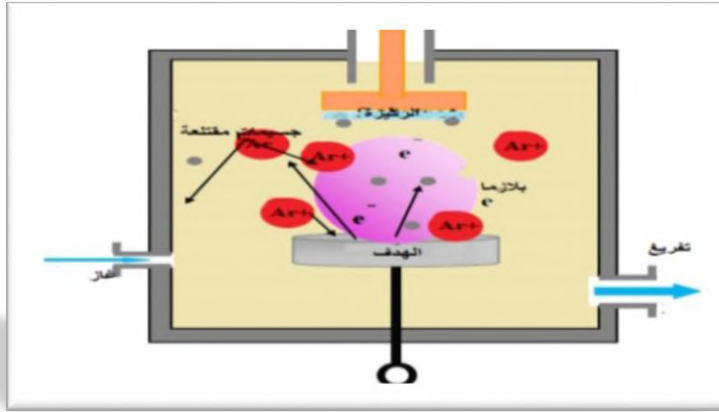
الشكل (7-II): رسم يوضح طريقة الترسيب عن طريق التبخير في الفراغ بمفعول جول [11].

II-6-1-1-2- الانتزاع ألمهبطي :

توضع الركيزة في هذه الطريقة داخل غرفة تحتوي على غاز (عموما يكون غاز الأرجون) تحت ضغط منخفض، هذه الضغط المنخفض يسبب تفرغ شحني، هذا التفرغ يلعب دورا هاما في تأين ذرات الغاز، الأيونات الناتجة تسرع بفرق جهد لتصطدم بالكاثود بطاقة كبيرة (الكاثود يكون مكون من المادة المراد ترسيبها) [23]. تحت تأثير ايونات

الغاز المسرعة المصطدمة بالكاثود تقتلع منه ذرات و تتوضع على سطح الركيزة، في بعض الحالات يتم إدخال غاز ثاني بالإضافة للأرغون بحيث يتفاعل كيميائيا مع الذرات المقتلعة لتشكيل معها مركبات مرغوبة و تتوضع على الركيزة [25.24].

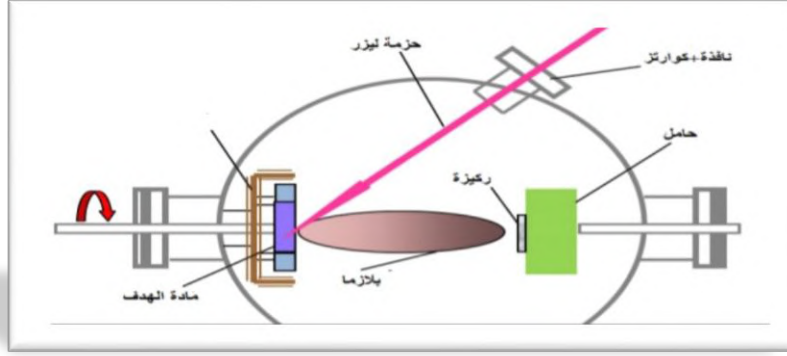
من بين أهم مميزات هذه الآلية سهولة تنفيذها، السماح بترسيب كل أنواع المواد الصلبة، وبالمقابل تظهر سرعة بطيئة لتكوين الطبقات مع عدم تجانس في السمك على كامل مساحة السطح [26].



الشكل (8-II): رسم توضيحي لطريقة الرش المهبطي [27].

II-1-1-6-3- الاقتلاع بالليزر (Pulsed Laser Deposition) "PLD":

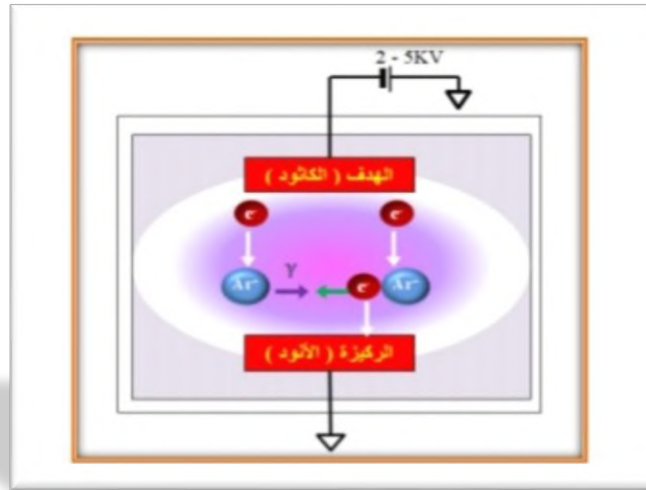
تعتمد هذه التقنية على تركيز حزمة ليزر ذات طاقة كبيرة على الهدف الذي يمثل المادة المراد ترسيبها [28], ما يتسبب في اقتلاع ذرات من مادة الهدف و تحويلها إلى بلازما اعتمادا على كثافة طاقة المادة المستهدفة , هذه الحزمة ترسل عموديا و تكون استطاعتها عالية بما فيه الكفاية لإخراج كمية من مادة الهدف لتشكيل سحابة من المادة المقتلعة التي ترسب على الركيزة الساخنة الموضوعة على التوازي مع الهدف [29] . أثناء عملية الترسيب يمكن إدخال غازات محايدة للغرفة والتي يمكن أن تتأثر على الفيلم المتشكل , وتكون الركيزة ساخنة أثناء النمو لتوفير الطاقة لتحفيز تبلور الطبقة الرقيقة كما في الشكل (9-II).



الشكل (9-II): رسم توضيحي لتقنية الاقتلاع بالليزر [30].

II-6-1-2- تقنية التريذ البلازمي المغناطيسي المستمر :

هذه التقنية تعتمد على الديود DC الذي يتميز بالتردد العالي للبلازما و التي تنشأ من تفريغ الكاتود البارد , تنتج هذه العملية ايونات والتي تستدعي استعمال توتر مفرغ نسبيا , هذه التقنية البسيطة تستعمل في ترسيب المواد المعدنية ومن غير الممكن استعمالها في العوازل إذ انه من الصعب جدا الحصول على الالكترونات من اجل تأين البلازما و يعتمد مبدأ عملها على تقنية الرش المهبطي [34] .



الشكل (11-II): رسم يوضح ترسيب الأغشية الرقيقة بطريقة التريذ (D.C. Sputtering) [35].

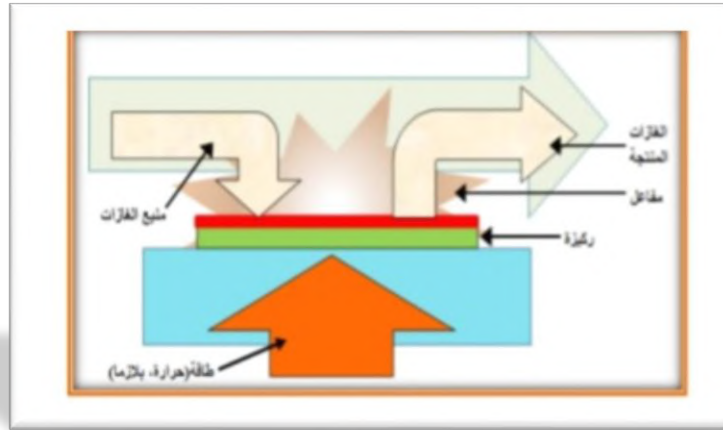
II-6-2- الطرق الكيميائية للتريسيب :

تعتمد هذه الطرق على تحضير الأغشية للمواد من محاليلها أو محاليل مركباتها، ومن هذه الطرق [36]:

II-6-2-1- التريسيب الكيميائي للأبخرة (CVD) :

تستخدم هذه الطريقة للحصول على أغشية رقيقة نقية من المعادن وأشباه الموصلات و العوازل و ذلك من خلال تبخير المادة من مركب متطاير (Volatile Compound)، يتفاعل بخار المادة مع غازات أو سوائل أو مع أبخرة أخرى على القاعدة المراد ترسيب الغشاء عليها، و ينتج من هذا التفاعل نواتج غير متطايرة تترسب تدريجياً (ذرة بعد ذرة) على القاعدة مكونة غشاء رقيق [37]. تتطلب طريقة (CVD) درجة حرارة عالية لتلبية احتياجات التفاعل لطاقة التنشيط، بينما الاحتياجات الصناعية تفضل درجات الحرارة المنخفضة.

من بين ما يميز CVD هو الحصول على أفلام غير نقيه مع ارتفاع تكلفة الانجاز من جهة، ومن جهة أخرى تعد سهلة التنفيذ م سريعة [26]. كما خضعت الطريقة لعدة تحسينات للحد من سلبياتها يذكر منها:



الشكل (II-12): رسم يوضح تريسيب الأغشية الرقيقة بطريقة البخار الكيميائي (CVD) [38].

A-الترسيب الكيميائي في الفراغ العالي(Ultra High Vacuum CVD) "UHV CVD" :

ترسيب الأفلام في هذه الحالة يكون تحت ضغط اقل من 10 باسكال، الإيجابيات الرئيسة لهذه التقنية هي:

✓ تمكين تبلور الأفلام (الطبقات الرقيقة) دون اللجوء لعملية التلدين.

✓ القدرة على التحكم في التركيبة المرسبة خلال عملية الترسيب.

ومع ذلك هذه التقنية لها سلبيات نذكر منها:

✓ إعطاء أفلام غير نقية بصفة كبيرة وهذا نتيجة بقايا الغازات المتفاعلة للأفلام السابقة.

✓ غالبا ما تكون درجة حرارة تنشيط التفاعل عالية [39].

B-الترسيب الكيميائي للأبخرة بواسطة البلازما (Plasma Assisted CVD) "PA CVD" :

تستخدم هذه الطريقة قصد تعزيز التفاعل الكيميائي و تنشيطه، ما يسمح بترسيب المواد على سطوح الركائز تحت

درجات حرارة منخفضة، لآجل تحسين البنية البلورية للطبقات المتحصل عليها [30 , 40] .

C-الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض (Low Pressur CVD) "LP CVD" :

في هذه الحالة يتم الترسيب بواسطة تفاعلات كيميائية تحت ضغط منخفض جدا، فينتج منها طبقات تكون غير

متجانسة من حيث السمك [40].

II-2-2-6-2-تقنية سائل هلام (Sol-gel) :

تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق شيوعا و اقتصادا في إنتاج الأغشية بحيث يشكل محلول مكون من المتفاعلات

مذابة في الكحول (في اغلب الأحيان) قد يكون مادة محفزة (حمض أو قاعدة) مع الماء [41]. انطلاقا من المحلول

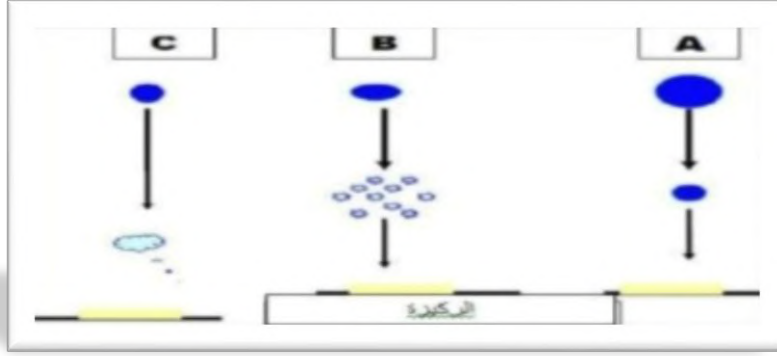
المحتوي على المتفاعلات يمكن تشكيل الأفلام الرقيقة بطريقتين هما :

(Auger & Hotel) عام 1959 إذ قام بتحضير غشاء من النحاس الأسود على قاعدة الألمنيوم باستخدام سطحاً انتقائياً . و هي تقنية تعتمد على رش المحلول الذي يحوي ذرات المادة المراد ترسيبها على هيئة طبقة رقيقة – بالاستعانة بضغط الهواء – على شكل رذاذ بحيث تتفاعل المواد الكيميائية مكونة طبقة صلبة على سطح الركيزة الساخنة . الطبقة المتحصل عليها بواسطة هذه الطريقة يمكن أن تكون عشوائية البنية , أو متعددة أو أحادية التبلور و هذا يعتمد على الخصائص التالية :

- الضغط : و يساهم في سرعة و مقدار تدفق المحلول المستخدم.
 - الركيزة : نوعيتها الكيميائية, المعالجة التي خضعت لها قبل الترسيب لها اثر كبير على تطور عملية الترسيب.
 - درجة الحرارة المستعملة أثناء عملية التحضير.
- تستخدم هذه التقنية لمعالجة السطوح و تستخدم أيضا في البحوث العلمية من اجل تحضير طبقات رقيقة متفاوتة السمك. و هي أيضا تمثل طريقة إنتاجية بسيطة و غير مكلفة [44].

II-2-3-1- مبدأ عمل تقنية رذاذ الانحلال الحراري :

تتلخص هذه الطريقة برش محلول المادة المراد تحضير منها قواعد ساخنة وبدرجة حرارة معينة من نوع المادة المستخدمة، إذ يحدث تفاعل كيميائي بين المادة والقواعد الساخنة ونتيجة هذا التفاعل هو تشكل غشاء رقيق [46]. إن مبدأ تكوين الأغشية الرقيقة بطريقة الرش الكيميائي الحراري يعتمد على حجم قطرة المحلول النازلة من جهاز الرش (Nozzl) لان حجم القطرة إذا كان كبير فان الحرارة تكون غير كافية لتحويله إلى بخار وهذا يؤدي إلى تكوين راسب صلب غير متجانس، أما إذا كان حجم القطرة صغير جدا فإنها تجف قبل وصولها إلى قاعدة الترسيب، أما إذا كان حجمها متوسط وهي الحالة المثالية (الحالة B) للترسيب إذ يتبخر المذيب قبل وصولها إلى القاعدة وبالتالي يصل إلى القاعدة الساخنة على هيئة بخار فيحصل التفاعل لتكوين غشاء. والشكل (II-15) يبين حجم القطرات المذكورة سابقا [47].



الشكل (II-14) : حالات الترسيب المختلفة اعتمادا على حجم القطرة المكونة [47].

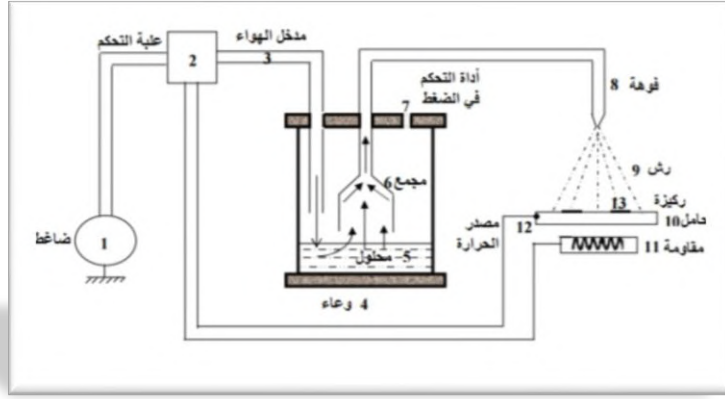
من ايجابيات هذه الطريقة:

- تعد طريقة اقتصادية لقلّة تكلفة الأجهزة المصنعة والمستخدمّة في تحضير الأغشية.
- يمكن تحضير أغشية ذات تجانس جيد وبمساحات كبيرة.
- يمكن تحضير أغشية على مدى واسع، لها درجات انصهار مختلفة التي يصعب تحضيرها بطرق أخرى.
- يمكن تغيير عوامل الترسيب للحصول على أغشية منتخبة من حيث الصفات التركيبية والبصرية والكهربائية وذلك عن طريق مزج مادة أو مادتين أو أكثر أو تغيير تركيز العناصر الداخلة في تركيب الغشاء أو تغيير درجة حرارة القاعدة.

ومن سلبياتها:

- تتطلب الكثير من الجهد والوقت للحصول على أغشية متجانسة.
- تستخدم فيها المحاليل الكيميائية فقط أي لا يمكن ترسيب مسحوق المادة بشكل مباشر لاستخدام

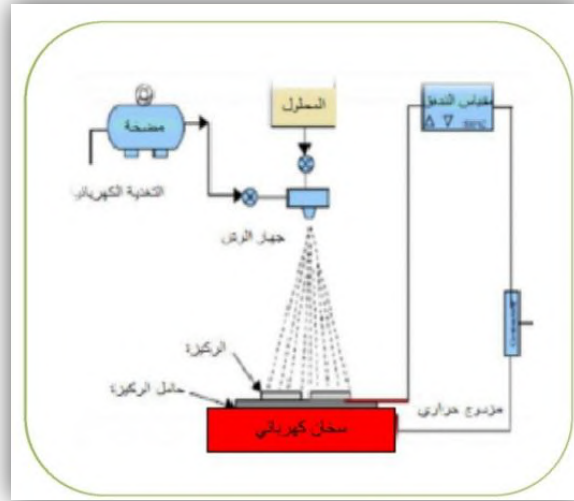
السبائك [47].



الشكل (II-15): رسم توضيحي لتقنية الانحلال الحراري [48].

II-6-2-3-2-6-2 التركيب التجريبي :

يبين الشكل الموالي التركيب التجريبي لجهاز رذاذ الانحلال الحراري.



الشكل (II-16): يوضح التركيب المستعمل في طريقة رذاذ الانحلال الحراري [3].

II-7- معايير اختيار تقنية الترسيب المناسبة :

اعتمدت الدراسة في الآونة الأخيرة بشكل واسع على استخدام التقنيات المختلفة لترسيب أغشية الأكاسيد الناقلة الشفافة فآلية النمو والتطور تلعب دورا مهما في التأثير على الخصائص المختلفة للأغشية الرقيقة وذلك لان الترسيب لنفس المادة بتقنيتين مختلفتين يقدم نتائج مختلفة وعادة ما تكون مختلفة الخصائص الفيزيائية.

وكل هذا يعود في الحقيقة إلى كون الخصائص الكهربائية والضوئية لهذه الأغشية الرقيقة يعتمد بشكل كبير على البنية والتشكل وكذلك طبيعة الشوائب الموجودة. وهو ما يعني انه يجب إجراء دراسة شاملة ومفصلة عن العلاقة القائمة بين خصائص الأغشية وتقنيات الترسيب المختلفة فتتواجد العديد من التقنيات التي تساهم في نمو الأغشية الرقيقة للأكاسيد الناقلة الشفافة [49].

انطلاقا من معايير الترسيب المختلفة والخصائص التي تتمتع بها الأغشية الرقيقة للأكاسيد الناقلة الشفافة تم تقديم مقارنة بين مختلف تقنيات الترسيب كما هو موضح في الجدول (I-II).

التبخير (Evaporaion)	الترسيب الكهربائي (Plating)	الرش (Spray)	(CVD)	تقنيات الترسيب
مرتفعة	حرارة الغرفة	مرتفعة	مرتفعة	درجة حرارة الركيزة
مرتفع	منخفض	مرتفع	مرتفع	معدل النمو
معتدل	ممتاز	ضعيف	مرتفع	الانتصام
معتدل	ممتاز	معتدل	مرتفع	التكرار
معتدلة	مرتفعة	منخفضة	معتدلة	التكلفة
معتدلة - ممتازة	ممتاز	معتدلة - ممتازة	معتدلة - ممتازة	الناقلية الكهربائية
معتدلة	ممتازة	معتدلة - ممتازة	معتدلة - ممتازة	النفذية

الشكل (II-1): مقارنة بين التقنيات المختلفة لترسيب الأغشية الرقيقة [49].

❖ تقنيات معاينة الأغشية الرقيقة:

II-8- طرق المعاينة لطبقات الاكاسيد الناقلة الشفافة :

الهدف من هذا الجزء هو التعرف على التقنيات المستخدمة في تحديد الخواص البنيوية و الضوئية و كذلك الكهربائية للأفلام المرسبة، من اجل الحصول على أغشية مثالية و دقيقة يجب اختيار التقنية المناسبة لتحضرها كما أن تقنيات معاينة و وصف الطبقات تعتبر عامل أساسي يمكن من معرفة الخصائص جهاز التحليل الطيفي المذكورة سابقا، نذكر من هذه التقنيات جهاز الأشعة السينية و جهاز التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية و للأشعة تحت الحمراء و كذلك جهاز المسابر الأربعة.

II-8-1- طرق تحديد الخصائص البنيوية :

تساهم دراسة الخواص التركيبية للأغشية في تحديد هوية الأغشية المتحصل عليها، من ثوابت البنية وكذلك المستويات البلورية السائدة، تساعد دراستها على تفسير النتائج المتباينة بسبب تغير ظروف التحضير من نوع و نسب مواد التطعيم وغيرها من المؤثرات الأخرى [50].

II-8-1-1- حيود الأشعة السينية (DRX):

اكتشفت الأشعة السينية في أواخر القرن 19 من قبل الفيزيائي الألماني ويليام رونتجن و ذلك من خلال تجربته التي تدرس التفريغ الكهربائي في الغازات المنخفضة و ذلك سنة 1895 , حيث لم يكن يعلم بعد عن خصائصها . ولقد تأكدت طبيعتها الموجية عندما أجريت أول تجارب الحيود التي اقترحها "فون لاوي" ثم بينت التجارب اللاحقة أن لأشعة السينية موجات مستعرضة , و أنها موجات كهرومغناطيسية يتراوح طولها (0.1 → 100) انج سترون [51]. تستخدم تقنية انعراج الأشعة السينية (DRX) (diffraction des rayons X) بشكل واسع في تحديد الخواص البنيوية للأجسام الصلبة و ذلك للشرائح الرقيقة كونها طريقة غير مدمرة للعينات بحث تتيح الحصول على معلومات حول البنية مثل دراسة حالة الإجهاد المطبقة على الشرائح بالإضافة إلى البنية المجهرية مثل اتجاهات النمو البلوري

للطبقات , قياس ثوابت الشبكة و تحديد حجم البلورة . و للوصول إلى كل هذه المعلومات يجب الاستعانة بمنحنيات الانعراج الناتجة [52] .

II-8-1-2- مبدأ عمل تقنية انعراج الأشعة السينية :

عند توجيه حزمة أحادية الطول الموجي من الأشعة السينية على المادة (العينة) تعمل هذه الأخيرة على انعكاس جزء من هذه الأشعة من قبل مستوياتها الذرية. تتألف البلورات الحقيقية من ذرات مرتبة بشكل منتظم تلعب هذه الذرات دور مراكز تبعث الأشعة السينية، ونتيجة لتداخل الأشعة المبعثرة يكون هذا التداخل إما هداما ويحصل في معظم اتجاهات التبعر أو بناءا ويحصل في بعض الاتجاهات القليلة، يلعب التداخل البناء دور أساسيا في تشكيل الأشعة المنعرجة [53].

II-8-1-3- قانون براغ :

تمكن العالم الانجليزي براغ (Bragg) من اقتراح نموذج بسيط للتركيب البلوري يمكن بواسطته معرفة اتجاه حيود الأشعة السينية من البلور بعد سقوطها عليه , و ينص هذا النموذج على أن المستويات المختلفة التي تتكون من ذرات البلورة يمكن أن تعكس الأشعة السينية كمرآة عاكسة [54] , و الشكل (II-17) يوضح حيود الأشعة السينية عند سقوطها على سطح البلورة و قانون براغ يوصف بالعلاقة التالية [55] :

$$n\lambda = 2dhkl \sin\theta \quad (1-II)$$

حيث :

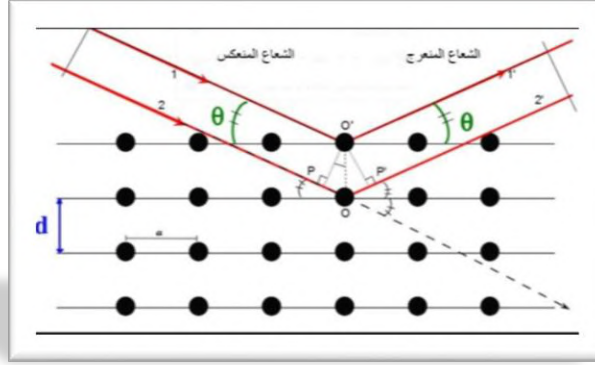
n : عدد صحيح يمثل رتبة الانعكاس.

λ : الطول الموجي للأشعة الساقطة.

θ : زاوية سقوط الأشعة السينية أو زاوية براغ .

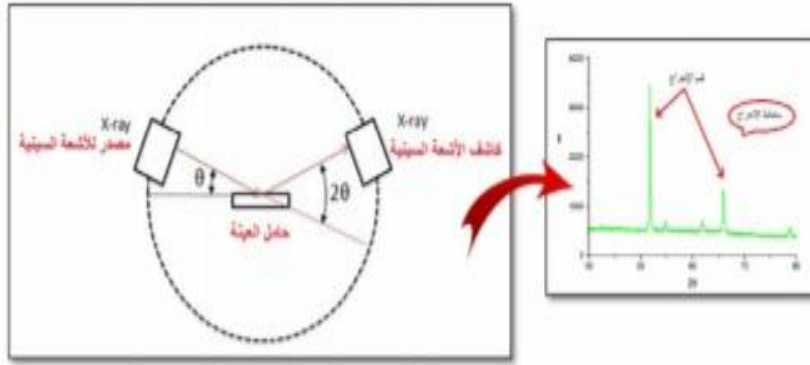
$dhkl$: المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين من العائلة نفسها.

الشكل (II-17) : يوضح حيود الأشعة السينية عند سقوطها على البلورة .



II-8-1-4- جهاز انعراج الأشعة السينية :

يمكن جهاز الانعراج الموضح في الشكل من تسجيل شدة انعراج الأشعة السينية بدلالة الزاوية 2θ المشكلة مع الشعاع المباشر . حيث تسمح منحنيات الانعراج بدراسة عدد كبير من المعلومات حول الخصائص البنوية و المجهرية للعينة مثل البنية البلورية، حجم البلورات الخ . كما تتيح لنا مواضع الزاوية لخطوط الانعراج بتحديد ثوابت الشبكة البلورية و حساب المسافة الشبكية [52].



الشكل (II-18) : يمثل مخطط توضيحي لجهاز انعراج الأشعة السينية.

شدة الخطوط و مواضعها للمواد الشائعة المعروفة درست و أدرجت في قاعدة بيانات لتسهيل استخدامها
تقارن النتائج التحريبية المتحصل عليها مع نتائج قاعدة البيانات و هذا لإيجاد طبيعة مركبات كل أطوار العينة [52] .

II-8-2- طرق تحديد الخصائص الكهربائية :

تم دراسة الخصائص الكهربائية عن طريق تقنية المسابر الأربعة التي من خلالها نقوم بتحديد المقاومة و
الناقلية الكهربائية للعينة و لتحديد نوع نصف الناقل نستخدم قياسات فعل هول.

II-8-2-1- تقنية المسابر الأربعة :

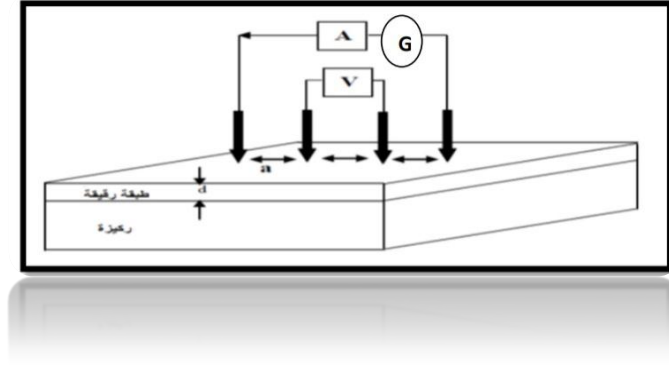
تستخدم هذه التقنية في تحديد الخصائص الكهربائية للشريحة، مثلا لمعرفة المقاومة السطحية R_S . حيث يتكون
الجهاز من أربعة مسابر متصلة بالعينة متباعدة بشكل متساوي، يوفر مصدر التيار I يمر عبر مسابر الأطراف للعينة و
يقاس الجهد U في النقطتين الداخلتين، عندما تكون المسافة a بين المسابر أكبر بكثير من سمك الشريحة d , يمكن
اعتبار أبعاد الأطراف لا نهائية و نعتبر العينة نموذج ثنائي البعد للتوصيل و نكتب [56] :

$$\frac{U}{I} = k \frac{\rho}{d} \quad (2-II)$$

ρ : مقاومة الطبقة.

$\frac{\rho}{d}$: خاصية للشريحة و تسمى بالمقاومة السطحية (R_S) .

حيث عبارة المقاومة السطحية مضروبة في معامل التناسب k و تمثل النسبة بين الجهد U و التيار I .



الشكل (II-18) : رسم تخطيطي لتقنية المسابر الأربعة [57].

II-8-2-2- قياسات فعل هول :

تستخدم هذه التقنية من اجل تحديد الخصائص الكهربائية للطبقات الرقيقة من أنصاف النواقل هذه التقنية تمكننا من معرفة النصف الناقل، المقاومة الكهربائية، الحركية و تركيز حاملات الشحنة [58].

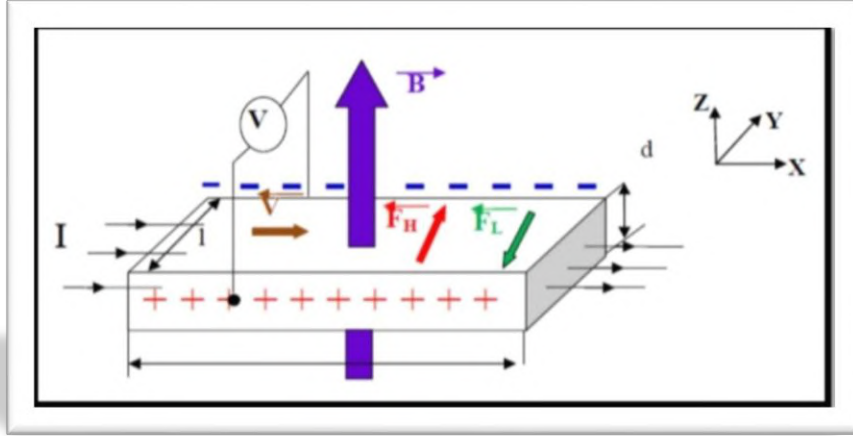
❖ مبدأ فعل هول:

قوة لورانتز هو المبدأ الفيزيائي الذي يعتمد عليه فعل هول , كما سنراه في الشكل القادم , الشريحة النصف ناقلة مستطيلة الشكل لها محاور X.Y.Z. كما أن التيار الكهربائي موجه وفق المحور X. و نطبق على الشريحة حقل مغناطيسي \vec{B} في الاتجاه Z, هنا حاملات الشحنة تتعرض لقوة مغناطيسية على المحور Y, تدعى قوة لورانتز و تكتب كما يلي [58] :

$$\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B} \quad (3-II)$$

حيث :

q : شحنة الإلكترون و V : سرعة حاملات الشحنة.



الشكل (19-II): رسم توضيحي لفعل هول [58].

هذه القوة تسبب تراكم للشحنات المتضادة على الوجوه العمودية , فيصبح الجانب الأيسر للعينة ذو شحنة موجبة بينما يكون الجانب الأيمن سالب الشحنة , هذا الاختلاف في الشحنات يخلق حقلا كهربائيا يسمى حقل هول . في حين الاختلاف القوة الناتجة تدعى بقوة هول تكافئ قوة لورانتز \vec{FH} , يتوقف هذا التراكم للشحنات على الجوانب عندما تتساوى القوتين أي :

$$\vec{FH} + \vec{FL} = 0 \quad \text{هذا يعني :}$$

و من هذا يمكن كتابة جهد هول :

$$RH = \frac{IB}{d} \quad VH = \frac{IB}{nqd} \quad (4-II)$$

$$RH = \frac{1}{nq} \quad \text{يدعى بمعامل هول.}$$

من خلال هذه المعامل يمكننا أن نحسب تركيز حاملات الشحنة كما هو مبين في العلاقة التالية [58]:

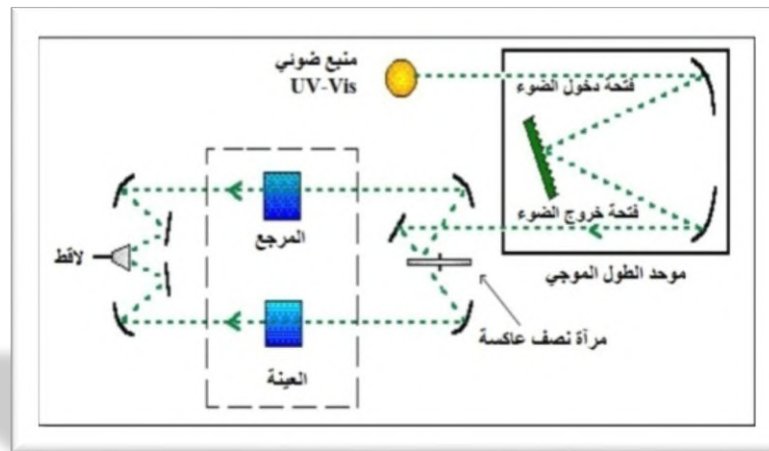
$$(5-II) \quad n = \frac{IB}{qdVH}$$

II-8-3-طرق تحديد الخصائص الضوئية :

هذه الدراسة تتم عن طريق التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية والمرئية حيث تسمح بتحديد عدد كبير من الثوابت المميزة للطبقة الرقيقة من بينها الفاصل الطاقى، سمك الطبقة، النفاذية، ومعامل الامتصاص والإخماد الخ. تمتاز الطرق الضوئية على الأساليب الكهربائية بكونها غير متلفة وحساسة، و لهذا تم اختيار الأساليب التي تعمل على تحليل الخصائص الضوئية للأغشية الرقيقة منها.

II-8-3-1- التحليل الطيفي للأشعة فوق بنفسجية – المرئية (La Spectroscopie UV - Vis) :

تبعاً لأطوال الأمواج يقسم الطيف الضوئي إلى مجالات: فوق البنفسجية و المرئية ، تحت الحمراء و الميكروويف . و قصد تحقيق دراسة الخصائص البصرية للأغشية الرقيقة يستخدم تقنية قياس الطيف الضوئي في مجال الأشعة فوق البنفسجية و في المجال المرئي ، بحيث تعتبر تقنية لتحديد الخصائص الضوئية ، و يعتمد مبدأ هذه التقنية على تفاعل الضوء مع العينة المراد تحليلها ، جزء من الشعاع الساقط يتمص أو ينفذ عبر العينة ، عندما تمتص المادة الضوء في نطاق الأشعة فوق البنفسجية و المرئية فإن الطاقة الممتصة تسبب اضطرابات في البنية الإلكترونية للأغشية الرقيقة مما ينتج عنها انتقال الإلكترونات من مستوي طاقي اقل إلى مستوي طاقي أعلى ، حيث تقع هذه التحولات الإلكترونية في المجال المرئي (350nm – 800 nm) و الأشعة فوق البنفسجية بين (200nm – 350nm) [59] .



الشكل (II-20) :رسم توضيحي لجهاز التحليل الطيفي ثنائي الحزمة [60]

بحيث تمر حزمة الضوء الناتجة عبر موحد للطول الموجي لتحديد الطول الموجي بعد عملية معالجة الموجة بموحد الطول الموجي تنتج حزمة فوتونات في كل مرة لها طول موجي هذه الحزمة توجه نحوى مرآة نصف عاكسة لتقسيم حزمة الفوتونات إلى حزمتين واحدة تمر عبر العينة و الأخرى تمر عبر مرجع يكون من الزجاج، بعد ذلك توجه الحزمتان نحوى لاقط لمقارنة النتائج و رسمها كما هو موضح في الشكل (21-II) [60].



الشكل (21-II): جهاز تحليلي طيفي (UV - Vis).

II-8-3-2- تحديد معامل الامتصاص (α):

يمكننا طيف النفاذية من تحديد معامل الامتصاص α و كذلك معامل الإخماد K للطبقات الرقيقة و ذلك باستخدام علاقة (Beer-Lambert-Bouguer) أو ما يطلق عليه بقانون Beer و الذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$\alpha = \exp(T - d) \quad (6-II)$$

d : سمك البقة الرقيقة.

أما معامل الإخماد يعطى بالعلاقة التالية :

$$K = (\alpha \cdot \lambda) / 4\pi \quad (7-II)$$

3-3-8-II- تحديد الفاصل الطاقي (Eg) :

يعد الفاصل الطاقي من الثوابت البصرية المهمة، إذ تزداد قيمة الفاصل الطاقي في بعض أشباه النواقل، في حين تقل في بعضها الآخر، إن مستويات الطاقة في الفاصل الطاقي لشبه الناقل النقي لا تكون خالية تماما، إذ توجد فيها مستويات موضعية ناتجة عن العيوب التركيبية، و يمكن حساب الفاصل الطاقي من خلال نموذج (Tauc) [61] .

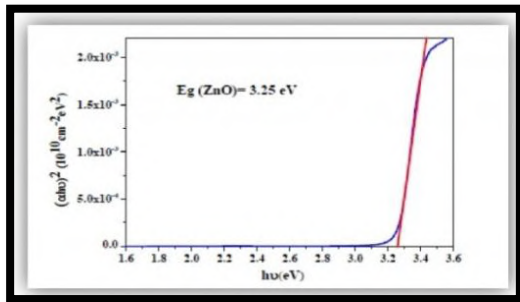
$$(\alpha h\nu)^2 = B (h\nu - E_g) \quad (8-II)$$

حيث :

B : ثابت.

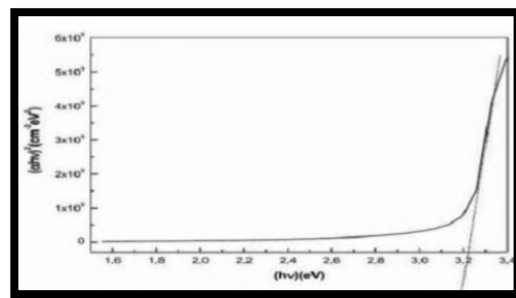
hν : طاقة الفوتون (eV).

برسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ و طاقة الفوتون $(h\nu)$ و بمد المستقيم أو المماس للمنحنى ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ التي تمثل قيمة الفاصل الطاقي و هذا يحقق المعادلة $(h\nu = E_g)$ و يمثل الفاصل الطاقي البصري الممنوع للانتقال المباشر المسموح , أي أن نقطة القطع سوف تمثل قيمة الفاصل الطاقي الممنوع للانتقال المباشر المسموح [62] .



الشكل (II-23) :

منحنى يمثل تحديد فجوة الطاقة



الشكل (II-22): منحنى تغيرات $(\alpha h\nu)^2$

بدلالة طاقة الفوتون $(h\nu)$ البصرية لأكسيد الزنك [63] .

II-8-3-4- تحديد طاقة اورباخ Eu :

تعد طاقة Urbach من الثوابت المهمة التي تميز الخصائص البصرية للطبقة الرقيقة و بموجب قانونه فإن العلاقة التي تربط بين علاقة اورباخ و معامل الامتصاص يعبر عليها بالعلاقة التالية [64] :

$$\alpha = \alpha_0 \exp \frac{h\nu}{Eu} \quad (9-II)$$

α_0 : معامل الامتصاص الذي من اجله تكون قيمة الامتصاص دنيا.

Eu : طاقة اورباخ.

كما يمكن التعبير عن طاقة اورباخ وفقا لمعامل الامتصاص بالعلاقة التالية:

$$\ln \alpha = \ln \alpha_0 + (h\nu/Eu) \quad (10-II)$$

ويمكننا إيجاد طاقة اورباخ بأخذ مقلوب الميل ضمن مدى الطاقة من حافة الامتصاص.

$$Eu = (\ln \alpha / h\nu_0)^{-1} \quad (11-II)$$

II-8-3-5- قياس سمك و قرينة الانكسار :

من اجل حساب سمك و قرينة انكسار الأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك المطعم و غير المطعم، يمكن استخدام برنامج (Hebal Optic) على جهاز الكمبيوتر الذي يوفر سمك و قرينة الانكسار للأغشية المحضرة انطلاقا من قيم النفاذية.

II-8-4- الأشعة تحت الحمراء IR :

الأشعة تحت الحمراء هي أشعة حرارية، وتنبعث من كافة الأشياء من حولنا أو من الاحتكاك أو تسخين أجسام، وهي الأشعة التي تصلنا من الشمس. لا تكفي طاقة الأشعة تحت الحمراء لإحداث إثارة إلكترونية في معظم المواد، إلا أنها كافية لإحداث اهتزازات إمتطاطية وانشاء في الروابط، جميع أنواع الروابط تستجيب لهذا المقدار من

الطاقة لتحدث فيها اهتزاز لذلك تمتص في منطقة تحت الحمراء بشرط أن يؤدي الامتصاص إلى تغير في العزم القطبي، و هذه الاهتزازات مكتمة و حدوثها يعني أن المركب يمتص طاقة تحت الحمراء في جزء معين من الطيف. و ينقسم مجال الأشعة تحت الحمراء حسب العدد الموجي إلى ثلاث مناطق كما في الجدول (2-II) :

الجدول (2-II) : مجال الأشعة تحت الحمراء [66].

الطول الموجي (μm)	العدد الموجي (cm ⁻¹)	المنطقة
2.5 – 0.75	4000 – 13300	الأشعة تحت الحمراء القريبة
25 – 2.5	400 – 4000	الأشعة تحت الحمراء المتوسطة
500 – 25	20 – 400	الأشعة تحت الحمراء البعيدة

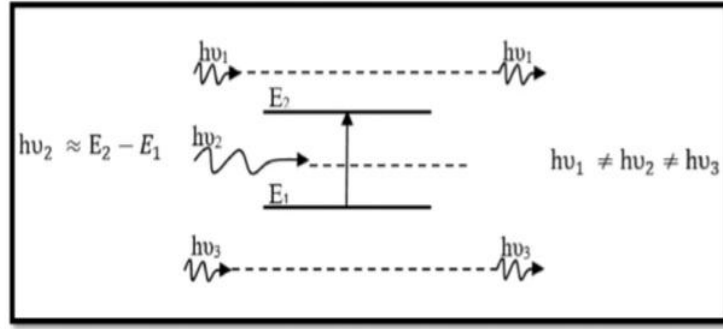
حيث أن اغلب التحليلات تجرى في المنطقة تحت الحمراء الوسطى. لان هذه المنطقة تحدث فيها اغلب الاهتزازات الجزيئية والباحث يجد فيها كفاية من المعلومات لتحديد المعلومات الجزيئية للمركبات المدروسة [66]. إن هذه التقنية تعد وسيلة جيدة لدراسة تغيرات الطاقة الدورانية و الطاقة الاهتزازية و الطاقة الدورانية-الاهتزازية , فمن المعروف أن الامتصاص و الانبعاث الناتج عن الحركات الدورانية و الاهتزازية للجزيئات يكون في منطقة الأشعة تحت الحمراء الصغيرة التي تمتلك عزما كهربائيا حيث يمكنها أن تبعث أو تمتص الضوء ذو التردد الذي يقل عن (250cm⁻¹) بسبب حركتها الدورانية إلا أن الجزيئات التي تمتص كم واحد من الطاقة الاهتزازية تظهر حما في المنطقة (3500-200cm⁻¹) , إن استعمال تحليلات فورية للأشعة تحت الحمراء لم يقتصر على دراسة أطيف الجزيئات العضوية بل اشتملت على دراسة حزم امتصاص أشباه النواقل [67] .

II-4-8-1- مبدأ عمل مطيافية الأشعة تحت الحمراء :

يعتمد مطياف الأشعة تحت الحمراء على طاقة الاهتزاز للجزيئات و التي تتمثل في طاقة الجهد و الطاقة الحركية التي تمتلكها الجزيئات بسبب حركتها الاهتزازية حيث أن هذه الطاقة تكون مكتمة , عندما يحدث تغير في ثنائية

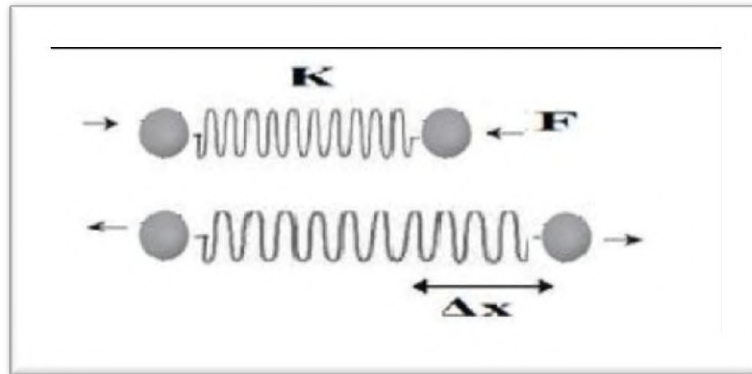
الاستقطاب للمركب يحدث امتصاص للأشعة تحت الحمراء بحيث يجب أن تكون طاقة الفوتونات مساوية لطاقة الجزيء التي تمكنه من الانتقال من حالة طاقة مثارة و تحويل هذه الطاقة إلى طاقة اهتزاز.

الشكل التالي مثل مخطط لهذه الظاهرة :



الشكل (II-24): امتصاص الأشعة تحت الحمراء [68].

إن اهتزاز الجزيئات يكون تحت تأثير الروابط من ناحية التمدد و التقلص و الذي يشبه إلى حد سلوك النابض كما هو مبين في الشكل :



الشكل (II-25): إزاحة التوازن بين كتلتين مرتبطتين بنابض [69].

II-4-8-2- كيفية عمل الجهاز :

يستعمل جهاز المطياف من اجل الحصول على طيف خاص بالعينة المدروسة، حيث يحتوي مصدر الضوء المتعدد

الألوان. مخطط مبدأ عمله موضح بالشكل التالي:



الشكل (II-26): جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء ولواحقه.

يكون مصدر الضوء متعدد الأطوال الموجية، حيث تنقسم الحزمة الضوئية إلى نصفين وتوجه كالحزمة باستخدام مرآة العتبة، يمكن لواحدة من بين المرآيا أن تتحرك حتى تسمح بالحصول على المنحني، أي وجود فرق مسير الحزمة الضوئية. في مركز المنحني يوجد كاشف يقوم بقياس شدة الإشارة بدلالة انتقال المرآة فتتحصل على إشارة مأخوذة عن العينات. تقوم بجعل هذه الإشارة رقمية ثم يتم حساب تحويل فوري للحصول على طيف الأشعة تحت الحمراء [70].

II-9- خلاصة:

تضمن الجزء الأول من هذا الفصل دراسة تعريفية حول الأغشية الرقيقة من حيث مفهومها وآليات نموها بالإضافة إلى الطرق المختلفة لترسيبها حيث تبين لنا أن طرق الترسيب سواء الفيزيائية أو الكيميائية عديدة ومختلفة اختلافا جوهريا بالإضافة إلى أن جميعها تمتلك مميزات كما أن لها عيوب ولذلك لا يمكن تفضيل طريقة بعينها، أما الجزء الثاني فقد تضمن مختلف طرق وأجهزة المعاينة والتي من خلالها يمكننا تحديد خصائص الأغشية المرسبة .

مراجع الفصل الثاني :

[1] ط. مصباحي, ع. دقة , تحديد بعض خصائص أغشية أكسيد النيكل (NiO) المطعم بالحديد (Fe) , مذكرة
ماستر , جامعة حمّة لخضر الوادي , (2017) .

[2] ح . عدوية جمعة , ح ناهدة بخت , ح . علي صالح , " دراسة تأثير التطعيم بالمغنيز Mn على الخصائص البصرية
لأغشية كبريتيد ZnS المحضرة بتقنية الترسيب بالليزر النبضي " ,مجلة جامعة بابل العلوم الصربية و التطبيقية , مجلد 22
العدد 1 , (2012) .

[3] إ. بالطيب , دراسة الخواص البنيوية , المرفولوجية و الضوئية لأغشية أكسيد الزنك المطعمه بالنيكل بتقنية رذاذ
الانحلال الحراري , مذكرة ماستر , جامعة قاصدي مرباح ورقلة , (2019) .

[4]A .MOUSTAGHFIR, ‘‘ Elaboration et caractérisation de couches minces d’oxyde
de zinc ’’, UNIVERSITE BLAISE PASCAL, pp (19), novembre (2004).

[5] ل . سقني , " تحديد خصائص أكسيد القصدير (SnO) المطعم بالحديد (Fe), مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة
الوادي (2017) .

[6] ح. بن سالم , دراسة الخصائص البنيوية و الكهربائية و الضوئية لشرائح أكسيد القصدير SnO₂ مطعم
بالانتيموان Sb موضع بطريقة الأمواج فوق الصوتية , مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة الوادي , (2014) .

[7] O. Daranfad ; « Elaboration et Caracterisation des couches minces de Sulfure de
zinc préparées par Spray Ultrasonique » ; thèse de magister ; Université de
Constantine ; (2010).

[8] A. Rahal, ‘‘ Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des
verres ordinaires ’’, Mémoire de magister, UNIVERSITE D’EL OUED, (2013).

[9]S. SEMMARI ,l’effet de la molarité et de la température du substart sur les propriétés
des couches minces d’oxyde d’Etin (SnO₂) déposéées par spray ultrasonique , mémoire
de magister , université de Biskra , (2012)9-13 .

- [10] A. MENNAD ,les technique de dépôt de couches et leurs application énergies renouvelables , renouvelables , vol .18,N° .4 , (2015)713-719 .
- [11]O. DARANFAD, élaboration et caractérisation des couches minces de sulfure zinc préparées par spray ultrasonique, mémoire de magister, université Mentouri Constantine, 5-13, 16, 17,21.
- [12] A. RAHAL, élaboration des verres conduction par déposition de ZnO sur des verres ordinaires ,université d'EL-Oued, (2013) 33-34,46-47.
- [13] O. DARANFAD, élaboration et caractérisation des couches minces de sulfure zinc préparées par spray ultrasonique, mémoire de magister, université Mentouri Constantine, 5-13, 16, 17,21.
- [14] M. GAIDI, films minces de SnO₂ dopés au palladium et utilises pour la détection des gaz polluants analyses in-situ des corrélation entre la répons électrique et le comportement des agrégats métallique , thèse de doctorat , Institut national poly technique de Grenoble , (1999)56-57 .
- [15]E. Cetinorgu,S. Gold Smith, R.L .Boxman, "Influences of Annealing on the Physical properties of filtered vacuum are deposited in the Oxide thin film", journal of noncrystalline solids, vol. 353, pp .25, 5-2602, (2007)
- [16] K. Matras-Postolek, University of Applied Sciences Department of Chemical Engineering Steinfurt/Muenster, (2009).
- [17] K. Wasa,M .Kitabatake and H. Adechi, "Thin Film Materlas Technology ", Springer, William Andrew, Inc. (2004).
- [18] Père Roca I Cabarrocas, Thèse De Doctorat, Paris V 11 (1988).
- [19] م. حرير بلقاسم . دراسة الخصائص البنيوية و الضوئية و الكهربائية لأكسيد القصدير المطعم بالفلور المتوضع بتقنية الأمواج فوق الصوتية . مذكرة ماستر أكاديمي . جامعة الوادي . (2014) .
- [20] سقني ليلي . تحديد خصائص أكسيد القصدير (SnO₂)المطعم بالحديد (Fe) . مذكرة ماستر أكاديمي . جامعة الوادي . (2016) .

[21]A. Benzagouta, These De Doctorat, Effet De La Stoechiometrie Sur Les Proprietes Structurelles, Dynamiques Et Electroniques Des Systemessi-C, Etude Par La Dynamique Moleculaire. Universite De Constantine, (2004).

[22] ف .خلفاوي , تحديد خصائص أفلام أكسيد القصدير (SnO₂) المطعم بالكوبالت (Co) , مذكرة ماستر , جامعة حمه لخضر الوادي , (2018) .

[23] عبيد , سعدية , " دراسة ثلاثية الأبعاد للمقادير الكهربائية في جهاز الرش المهبطي المغنطوني باستعمال طريقة الهجوم المنتهية " . مذكرة ماجستير , جامعة قاصدي مرباح ورقلة , (2012) .

[24]B. J .Lokhande ,P .S .Patil ,M .D, Uplane ,Depostion of Highly Oriented ZnO Films By Spray Pyrolysis And Their Structural , Optical And Electrical Characterization , Materials Letters , Hydrogene . Thèse De Doctorat, Paris 7 (1988). Vol .57, P573-579. (2002).

[25] Yan-Neijiang, These De Doctorat, Pulverisation Cathodique Assistee Par Ordinateur, These De Doctorat, Universite De Paris – Sud (1992).

[26] N .BOUBRIK , comparaison des effets antireflets du SnO₂ et ZnO utilisés comme couches antireflet sur les proprités de la cellule solaire à homo –jonction , mémoire de magister , université de Tizi-Ouzou , (2013) 38,42 .

[27]K .MELLEJNOUN, étude et réalisation de semi-conducteurs transparents ZnO dopé Vanadium et oxyde de Vanadium en couches minces pour applications photovoltaïques, thèse de doctorat, université de Tizi-Ouzou, (2015)12, 23,27.

[28]T .J . SANI MIROVA, P .A . ATANASOV,I. G. DIMITROV,A. O. DIKOVASKA, Investigation on the structural and optical properties of tin Oxide films grown by pulsed Iaser deposition, journal of optoeletrs mince and advanced materials ,vol. 7, N°. 3, (2005) 1335-1340.

[29]F. Ynineb, ‘‘ Contribution à l’élaboration des couches minces d’oxydes transparents conducteurs (TCO) ‘‘ , Mémoire de Magistère, UNIVERSITE DE CONSTANTINE, (2010).

- [30]K .MELLEJNOUN, étude et réalisation de semi-conducteurs transparents ZnO dopé Vanadium et oxyde de Vanadium en couches minces pour applications photovoltaïques, thèse de doctorat, université de Tizi-Ouzou, (2015)12, 23,27.
- [31]L. Baghriche, ‘‘ Elaboration Et Caracterisation Des Couches Minces D’oxyde De Zinc Obtenues Par Pulverisationreactive Et Spray Ultrasonique ‘‘, Mémoire De Magister, Universite De Constans tantine, (2006).
- [32] ن .نقودي , دراسة الخصائص البنيوية و الكهربائية و الضوئية لأغشية أكسيد القصدير (SnO₂) المطعمة بالنيكل (Ni) و المرسة بتقنية الرش الكيميائي الحراري , مذكرة ماستر , جامعة حمه لخضر الوادي , (2018) .
- [33] S .MENAKH, ‘‘ Contribution des Propriétés de Films ZnO ‘‘, Mémoire de magister, université de Constantine, (2010).
- [34] ع .مدخل , ترسيب الأغشية الرقيقة لأكسيد النحاس (Cu_xO_y)المحضرة بطريقة التريذ البلازمي المغناطيسي المستمر , مذكرة ماستر , جامعة حمه لخضر الوادي , (2019) .
- [35]S .Abed, ‘‘ Elaboration et caractérisation da couches minces d’oxyde de Zinc obtenues par spray pyrolyse ‘‘, Thèse de Magister, Université Mentouri –Constantine.
- [36]M .Krunks, ‘‘ Thin Films for Photovoltaics by Chemical Methods ‘‘, Tallinn University of Technology, Estonia, (2004).
- [37] T. Maruyama, and T. Kanagawa, ‘‘ Electro chromic Properties of Niobium Oxide Thin Films Prepared by Chemical Vapor Deposition ‘‘, Journal of the Electrochemical Society, Vol. 141, no .10, PP. 2868, (1994).
- [38]B. Ahmed, ‘‘ Etude des couches minces du monoxyde de nickel Nio ‘‘, Thèse de Magister, Université d’Oran, (2014).
- [39]H. YANAGI, T .HASE, S. IBUKI, UEDE and H. HOSONO , Biolarity in electrical conduction of transparent Oxide semiconducteur Cu In O₂ with delafossite syructure , Appl , Phy . Lett, American Institute of Physics, Vol 178, pp1583-1585, (Mar .2001).

[40] P. M. MARTIN, Introduction to surface engineering and functionally engineered materials, Scrivener-**WILEY**, Canada, (2011) 91, 102.

[41] H. YANAGI, T. HASE, S. IBUKI, K. UEDA and H. HOSONO, Bipolarity in electrical conduction of transparent Oxide semiconductor CuInO₂ With delafossite structure, Appl, Phy s. . Lett, American Institute of Physics, vol 78, p (1583-1585), (Mar. 2001).

[42] J. Garnier, ‘‘ Elaboration De Couches Minces D’oxydes Transparente Et Conducteurs Par Spray Cvd Assisté Par Radiation Infrarouge Pour Application Photovoltaïques’’, These De Doctorat, L’ecole Nationale Supérieure D’arts Et Métiers, (2009).

[43] H. BENELMADJAT, ‘‘ Elaboration et Caractérisation de Matériaux Cristallins ou Amorphes Pures et Dopés ’’, thèse de doctorat, université de Constantine, (2011).

[44] E. Charaf, ‘‘ Détermination Des Caractéristiques Optiques Des Couches Minces Du ZnO élaborées Par Spray Ultrasonique ’’. Centre Universitaire d’el – Oued, (2012).

[45] G. Blandenet, M. Court, and Y. Lagarde, ‘‘ Thin layers deposited by the pyrosol process ’’, Thin Solid Films, vol. 77, 1-3, pp.81-90, 1981.

[46] S. H. Jeong. W. Lee, S. B. Lee, J. H. Boo, ‘‘ Deposition of aluminum doped zinc Oxide films by RF magnetron Sputtering and study their structure. Electrical and optical properties ’’, Thin Solid films, 435, (2003) 78-82.

[47] K. L. Chopra. S. Major and D. K. Panday ‘‘ Transparent Conductors-Astates Review ’’. Thin Solid films .vol . (201), pp (1-46), (1983).

[48] G. Huertas, Etude des nouveaux matériaux d’électrode positive et d’électrolyte Solid vitreux sous forme des couches pour micro batteries ou lithuim, Thèse Doctorat (2006).

[49] Fassel Yineb, ‘‘ Contribution à l’élaboration couches minces d’oxydes Transparents Conducteurs (TCO) ’’ Présente Obtenir le Diplôme De Magister En Physique, Université Mentouri Constantine, (2010).

[59] م . حريز بلقاسم . دراسة الخصائص البنيوية و الضوئية و الكهربائية لأكسيد القصدير المطعم بالفلور المتوضع بتقنية الأمواج فوق الصوتية . مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة الوادي , (2014) .

[60] A .FRANK, ' ' Han book of instrumental techniques for analytical Chemistry' ,
Setter, Edit. Prentice Hall, U.S.A, (1997).

[61] خ , مشري , دراسة الخصائص الفيزيائية للأغشية الرقيقة لأكسيد الزنك (ZnO) المطعمة باللانثانوم (La) و
المرسبة بتقنية رذاذ الانحلال الحراري , مذكرة ماستر , جامعة ورقلة , (2016) .

[62] Ban Kalid Mohammed, Study of Some optical Properties of PbS thin deposited
by Chemical Spray Pyrolysis Method, J. Technology, Vol. 30, Nos. 6, P. 140, (2012).

[63] س .رحماني , ج . واسع , تحضير و دراسة طبقات أحادية و ثنائية لأكسيد الزنك و أكسيد النيكل بطريقة
الرش الكيميائي الحراري , مذكرة ماستر , جامعة قاصدي مرباح ورقلة , (2017).

[64] حريز بلقاسم منال " دراسة الخصائص البنيوية و الضوئية و الكهربائية لأكسيد القصدير المطعم بالفلور
المتوضع بتقنية فوق الصوتية " مذكرة ماستر , فرع الفيزياء , جامعة الوادي .

[65] حنكة مسعودة , " تحديد الخصائص البصرية للطبقات الرقيقة لأكسيد القصدير SnO2 المطعم بالفلور
المحضرة بطريقة الرش فوق الصوتي " , مذكرة ماستر , جامعة ورقلة , (2014).

[66] L .Bornstein . Semiconducteur quantum structures, Su volume C ; Optical
properties part 3 Vol 34. Pringer.

[67] سميحة بوضياف , " دراسة التركيب الجزيئي لرمال كثبان ورقلة باستخدام مطيافية ما تحت الأشعة الحمراء و
حيود الأشعة السينية " , قسم الفيزياء , جامعة قاصدي مرباح ورقلة , مذكرة ماستر .

[68] ج .بوصبيح صالح , ص . لبيهيات , " دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية أكسيد النيكل (NiO)
المطعمة بالنحاس (Cu) " , مذكرة ماستر أكاديمي , جامعة الوادي , (2018).

[69] I. C. Naukwe, ‘ ‘ Solution growth Characterization and applications of zinc sulphide thin films ‘ ’, solar calls, vol .40, p 123 – 131, (1996).

[70] ط. مصباحي, ع. دقة , " تحديد خصائص أغشية أكسيد النيكل (NiO) المطعم بالحديد (Fe) " , مذكرة
ماستر أكاديمي , جامعة الوادي , (2017).

الحزء التجريبي :

الفصل الثالث :

التركيب التجريبي " تحضير العينات و
تحليل النتائج و مناقشتها "

✓ **حامل الركيزة:** هو لوحة توضح فيها القواعد الزجاجية بحيث يسخن بواسطة مفعول جول ، ودرجة الحرارة يمكن

التحكم فيها بواسطة جهاز منظم لدرجة الحرارة التي يتصل بها المزدوج الحراري.

✓ **المرذاذ:** وهو جهاز يقوم بتحويل المحلول المضغوط بالهواء إلى رذاذ.

✓ **منظم درجة الحرارة:** يعمل على حفاظ درجة الحرارة المختارة على سطح الركيزة.

✓ **السخان الكهربائي:** يعمل على رفع درجة حرارة القواعد الزجاجية إلى الدرجة المطلوبة.

✓ **الضاغط الهوائي:** يعمل على دفع المحلول إلى المرذاذ.

III-3- تحضير الأغشية الرقيقة :

III-3-1- اختيار و تنظيف القواعد الزجاجية:

إن اختيار نوعية القواعد المستعملة في عملية الترسيب تعد من بين أهم العوامل التي تساهم في الحصول على أغشية رقيقة

ذات جودة و نوعية جيدة، قمنا في هذه العمل التجريبي باستعمال قواعد زجاجية ذات النوعية (CITOGLAS

R217102 Microscopic glass slide ذات الأبعاد $(75 \times 25 \times 1.1 \text{mm}^3)$ و هذا بسبب وفرته و تكلفته المنخفضة ،

كما تتميز هذه القواعد بمقاومتها العالية جدا و شفافيتها الكبيرة في المجال المرئي و هذا ما يتلاءم مع هدف الدراسة [1, 2].



الشكل (III.2): القواعد الزجاجية المستعملة في هذا العمل [2].

لضمان إتصاقه جيدة للأغشية المترسبة. تمر عملية تنظيف القواعد الزجاجية بمجموعة من المراحل و الخطوات الملخصة

في النقاط التالية [3]:

✓ غسل القواعد الزجاجية بالماء المقطر جيدا لمدة 10 دقائق.

✓ تنظيف القواعد الزجاجية بمادة الأسيتون لمدة 15 دقائق بهدف إزالة الدهون و الشوائب العالقة على سطح القواعد الزجاجية.

✓ تخفف المساند الزجاجية باستخدام مجفف كهربائي.

III.4. الشروط التجريبية لتحضير أغشية رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) :

✓ درجة حرارة القواعد الزجاجية تثبت عند 400°C .

✓ حجم المحلول الابتدائي (V) المستعمل 30ml .

✓ تركيز المحلول. 0.1mol/L (C)

✓ زمن الترسيب يثبت عند 20 دقائق.

✓ مصدر ذرات الزنك في المحلول الابتدائي $\text{Zn}[\text{OOCCH}_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

✓ مصدر المادة المطعمة بذرات الحديد $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

III-4-1- تحضير المحلول لعينات أكسيد الزنك الغير مطعمة:

نقوم بإذابة 0.6584g من مادة خلات الزنك $\text{Zn}(\text{OOCCH}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ في 30ml من ماء ثنائي التقطير و هذا

للحصول على محلول بتركيز 0.1mol/L و هذا بالاعتماد على العلاقة التالية:

$$m = M.C.V$$

حيث M هي الكتلة المولية الجزيئية لخلات الزنك و المقدره ب (g/mol) 219,49

III-4-2- تحضير المحلول للعينات المطعمة:

في هذا العمل قمنا باستعمال مصدر المادة المطعمة بأيونات الحديد انطلاقا من كلوريد الحديد $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ، بحيث تم

حساب النسب الوزنية (wt% = %0,2) للحديد انطلاقا من المعادلات التالية:

$$\text{wt}\% = \frac{m_{Fe}}{m_{Zn}}$$

من المعادلة السابقة يمكن إيجاد كتل كلوريد الحديد $\text{Fe Cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ وفقا للنسب الوزنية المطلوبة وهذا باستعمال العلاقة التالية:

$$\frac{m_{Fe}}{M_{Fe}} = \frac{m_{\text{FeCl}_3}}{M_{\text{FeCl}_3}}$$

حيث M_{CoCl_2} هي الكتلة المولية الجزيئية لكلوريد الحديد، m_{FeCl_3} هي كتلة كلوريد الحديد. نتائج حسابات النسب الوزنية لتطعيم أغشية أكسيد الزنك بذرات الحديد موضحة في الجدول التالي:

2	0	Fe (wt %)
0,0006	0	(g) m_{Fe}
0,0018	0	(g) m_{FeCl_3}

الجدول (1.III): يوضح كميات كلوريد الحديد حسب نسب التطعيم.

III-5- ترسيب الأغشية الرقيقة:

بعد تحضير كل من الركيزة والمحلل نبدأ مباشرة في عملية الترسيب بتقنية الرش الكيميائي الحراري حيث تمر هذه الأخيرة بجملة من الخطوات هي [3]:

- ✓ توضع الركيزة فوق حامل الركيزة وتسخن تدريجيا حتى تصل درجة الحرارة إلى 400C° .
- ✓ بعدما يتم التسخين، يبدأ المرذاذ بعملية الرش والحركة في نفس الوقت ليقوم بمسح كل سطح القاعدة الزجاجية ذهابا وإيابا لمدة (20دقائق) وهذا لكي يسمح بتنشيط التفاعل الكيميائي بين مكونات المحلول، يتبخر المذيب نتيجة درجة الحرارة العالية وتشكل طبقة أكسيد الزنك على سطح الركيزة.
- ✓ وأخيرا بعد إنهاء مدة الترسيب المطلوبة نوقف عملية التسخين ونترك الركيزة على حامل الركيزة حتى تصل لدرجة حرارة الغرفة وذلك لتجنب الصدمات الحرارية التي قد تؤدي إلى كسر الزجاج أو تشققه.

III-6- طرق معاينة الأغشية المرسبة:

في هذه العمل التحريبي قمنا باستعمال التحليل الطيفي للأشعة فوق البنفسجية-المرئية (UV-VIS). (Spectrophotometer) و هذا للتحديد الخواص الضوئية لأغشية رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمطعمة بواسطة أيونات الحديد (Fe) بنسب وزنيه مختلفة (0%، 2%)

III-7- تحليل النتائج و مناقشتها:

III-7-1- تحديد سمك الأغشية:

لتحديد سمك الأغشية المرسبة قمنا باستخدام الطريقة الوزنية (Gravimetric Method)، حيث استخدمنا الميزان الحساس لقياس وزن القاعدة الزجاجية قبل و بعد عملية الترسيب عملية الترسيب و بالاعتماد على العلاقة التالية [3,4]:

$$d = \frac{\Delta m}{\rho s} \quad (1. III)$$

حيث d سمك الأغشية، Δm هو فرق الكتلة قبل و بعد الترسيب، ρ : كثافة الغشاء، s: مساحة سطح الغشاء. تم تحديد سمك الغشاء، والقيم المتحصل عليها موضحة في الجدول (2.III).

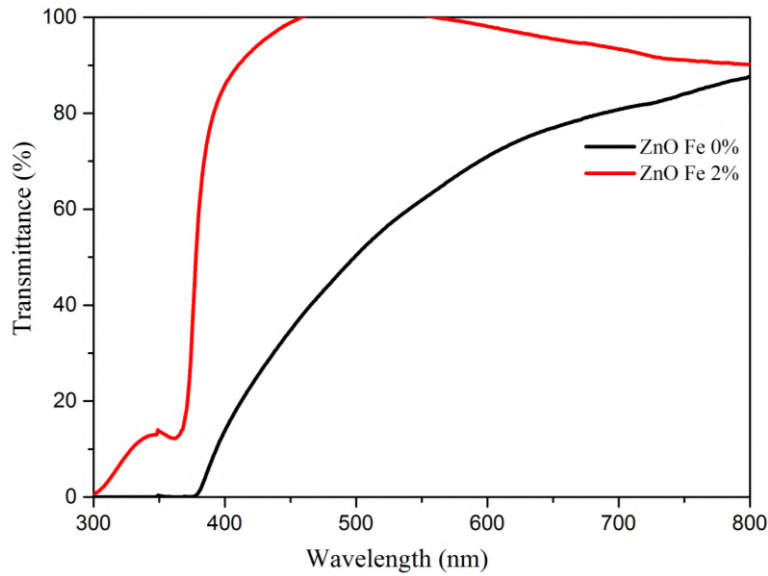
الجدول (2.III): قيم كل من الخواص الضوئية لزنك (ZnO) النقية و المطعمة بواسطة بالحديد (Fe).

2%	0%	Fe (wt %)
553	201	سمك العينات (nm) d
99%	61.92%	النفاذية الضوئية (T) عند (550nm)
3.91	3.94	فجوة الطاقة لممنوعة (E _g (ev))
1.56	1.85	معامل الانكسار (n) عند (550nm)
1.02.10 ⁻³	6.34.10 ⁻³	معامل الخمود (k) عند (550nm)

III-7-2- الخصائص الضوئية:

III-7-2-1- طيف النفاذية الضوئية:

يبين الشكل (3.III) أطيف النفاذية بدلالة الطول الموجي المتغير ضمن المجال (300-800nm) لأغشية أكسيد الزنك النقي والمطعم الحديد بنسب وزنيه مختلفة، حيث بينت هذه النتائج أن جميع الأغشية النقية والمطعمة تمتلك نفاذية عالية تفوق (61.94%).

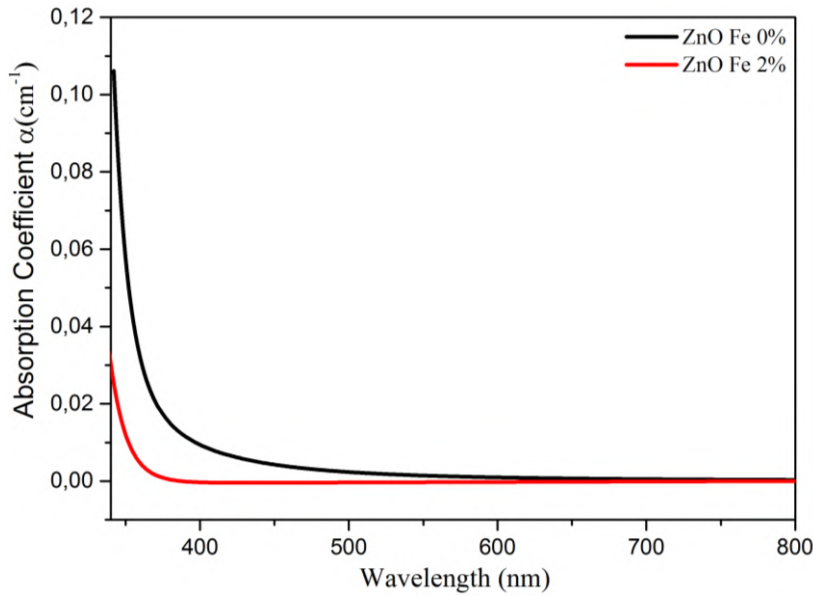


الشكل (3.III): أطيف النفاذية لأغشية أكسيد الزنك النقية و المطعمة بالحديد بنسب وزنيه مختلفة.

أظهرت النتائج أن النفاذية ارتفعت من (61.94%) وهذا من أجل أغشية أكسيد الزنك الغير مطعمة إلى (99%) أغشية أكسيد الزنك المطعمة بالحديد عند نسبة وزنيه (2%) ، ويعود ذلك (Fe) يولد عدد امن الفجوات أي بمعنى النقصان في عدد الإلكترونات الحرة مقارنة مع أكسيد الزنك النقي [5].

III-7-2- معامل الامتصاص:

يبين الشكل (III.4) تغير معامل الامتصاص (α) بدلالة الطول الموجي لأغشية أكسيد الزنك النقي والمطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة. إذ نلاحظ أن قيم معامل الامتصاص تتزايد بصورة تدريجية بزيادة عند المجال الذي يمثل للطيف الفوق بنفسجي، وهو المجال الموافق لحافة الامتصاص الأساسية أين تحدث انتقالات الكترونية مباشرة بين عصابتي التكافؤ والتوصيل. من الشكل أيضا لاحظنا أن معامل الامتصاص الضوئي يقل بزيادة الطول الموجي، وعند مقارنته بالأغشية المطعمة بالحديد نلاحظها تزداد مع زيادة نسبة التطعيم ويعزى ذلك إلى تكوين مستويات داخل فجوة الطاقة الممنوعة تداخلت مع المستويات الأساسية فتكونت حزم جديدة للطاقة [5, 6].

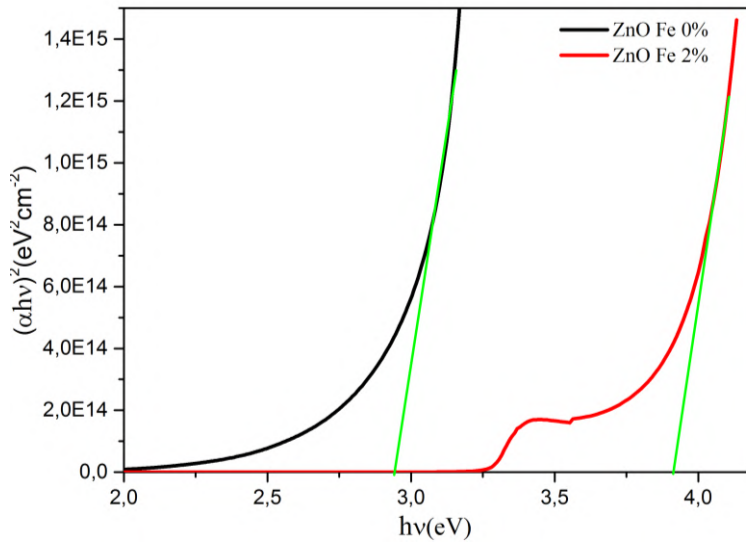


الشكل (III.4): منحنى تغيرات معامل الامتصاص بدلالة الطول الموجية لأغشية أكسيد الزنك النقية والمطعمة بالحديد بنسب وزنيه مختلفة

III-7-2-3- تحديد فجوة الطاقة الممنوعة:

تم حساب قيم فجوة الطاقة الممنوعة للأغشية الرقيقة المرسبة انطلاقاً من علاقة (Tauc) وهذا من خلال رسم منحنى تغيرات $(\alpha hv)^2$ كدالة لطاقة الفوتون (hv) ومن امتداد الجزء المستقيم للمنحنى الذي يقطع محور طاقة الفوتون (hv) عند النقطة $(\alpha hv)^2=0$ ، تعبر نقطة التقاطع هذه على قيمة فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح كما يظهر في الشكل (III-5).

تم حساب قيم فجوة الطاقة الممنوعة لأغشية أكسيد الزنك النقي والمطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة (0%، 2%) والنتائج مسجلة في الجدول (2.III)، حيث أثبتت النتائج المتحصل عليها تقارب كبير جدا بين قيم فجوة الطاقة الممنوعة لأغشية أكسيد الزنك المحسوبة ونتائج المنشورة سابقا [7]. لاحظنا أن قيم قيمة فجوة الطاقة الممنوعة كانت في حدود (2.94eV) من اجل أغشية أكسيد الزنك النقية بينما ارتفعت إلى (3.94eV) من اجل أغشية أكسيد الزنك المطعمة بأيونات الحديد عند النسبة الوزنية (2%). وهذا يمكن تفسيره إلى أن عملية التطعيم أدت إلى إضافة مستويات جديدة قابلة قرب حزمة التكافؤ داخل فجوة الطاقة الأمر الذي أدى إلى خلق جسور لعبور الالكترونات ذات الطاقات المنخفضة الأقل من قيمة فجوة الطاقة للمادة النقية، فإزداد عدد الانتقالات الالكترونية، أي حدث تغير في موقع مستوى فيرمي و تحركه نحو حزمة التكافؤ في المادة شبه الموصلة.

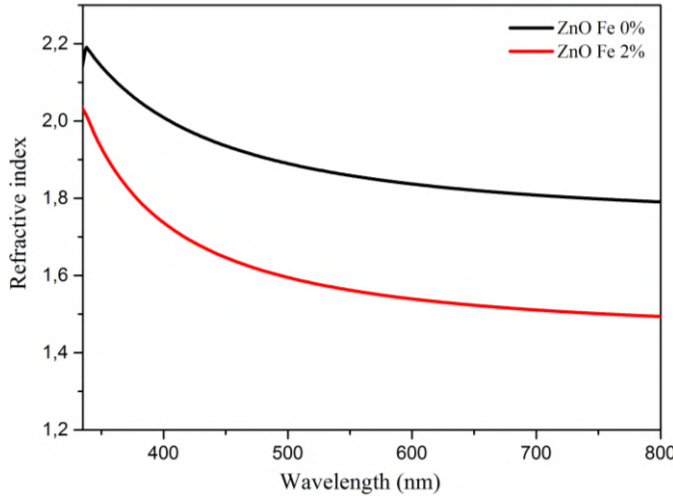


الشكل (5.III): منحنى تغيرات $(\alpha hv)^2$ كدالة لطاقة لأغشية أكسيد الزنك النقية والمطعمة بالحديد بنسب وزنيه مختلفة

III-7-5- معامل الانكسار :

يوضح الشكل (6.III) منحنى تغير معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الزنك النقي والمطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة (0%، 2%)؛ ما نلاحظه من المنحنى أن قيم معامل الانكسار تكون عالية عند الأطوال الموجية الواقعة في منطقة الطيف فوق بنفسجي ثم تستقر عند منطقة الأطوال الموجية الواقعة في الطيف المرئي، ولقد سجلت قيم معامل الانكسار عند الطول الموجي (550nm) والمدونة في الجدول (2.III). فمن هذا الشكل يمكن ملاحظة أن معامل الانكسار

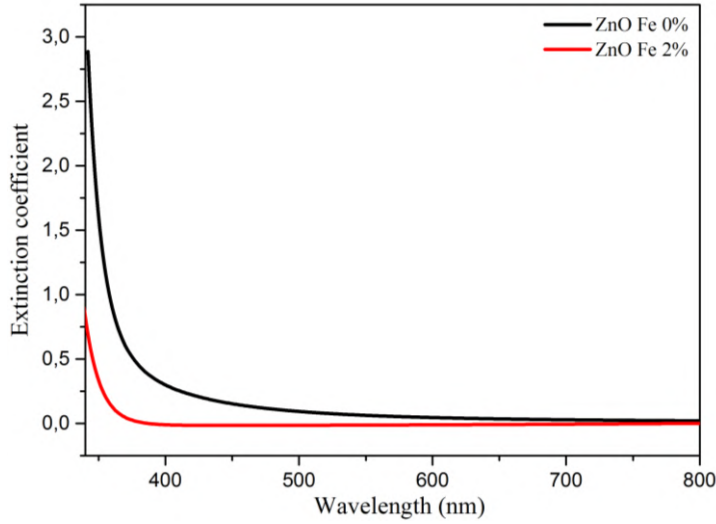
ينخفض بزيادة نسبة التطعيم، ويعود السبب في ذلك إلى أن عملية التطعيم أدى إلى إضافة مستويات جديدة تقوم بدورها كمراكز تشتيت للأشعة الساقطة فتزداد بذلك الانعكاسية وهو ما يؤثر مباشرة على قيم معامل الانكسار [8,9].



الشكل (6.III): منحنى تغيرات قرينة الانكسار كدالة لطول موجة الفوتون لأغشية أكسيد الزنك النقية والمطعمة بالحديد بنسب وزنيه مختلفة

III-7-2-5- معامل الخمود:

يوضح الشكل (7.III) طيف معامل الخمود بدلالة الطول الموجي لغشاء أكسيد الزنك النقي و المطعم بالحديد بنسب وزنيه مختلفة (0%، 2%). من خلال الشكل نلاحظ أن قيم معامل الخمود تكون مرتفعة جدا في منطقة الأطوال الموجية فوق بنفسجية، بينما ينخفض و بصورة سريعة عند منطقة الطيف المرئي كما بينت النتائج بأن معامل الخمود ينخفض بزيادة نسبة التطعيم بأيونات الحديد، وبصورة عامة فان سلوك معامل الخمود سواء لغشاء أكسيد الزنك النقي و المطعم بالحديد يشبه سلوك معامل الامتصاص وأي نقص أو زيادة في معامل الامتصاص يؤدي إلى نقص وزيادة في معامل الخمود [10].



الشكل (III-7): منحنى تغيرات معامل الخمود كدالة لطول موجة الفوتون لأغشية أكسيد الزنك النقية والمطعمة بالحديد بنسب وزنيه مختلفة.

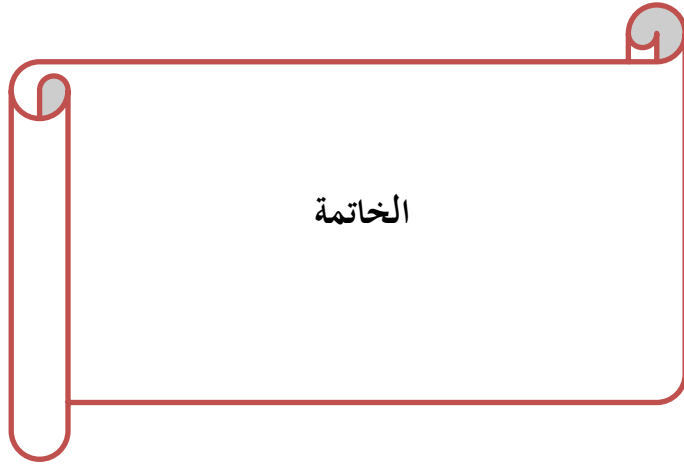
III-8- الخلاصة:

من خلال هذا الفصل قمنا بترسيب أغشية رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمطعمة بواسطة الحديد بنسب وزنيه مختلفة على قواعد الزجاجية باستعمال تقنية رذاذ الانحلال الحراري. بينت دراسة الخصائص الضوئية أن أغشية أكسيد الزنك تتمتع بنفاذية عالية جدا في المجال المرئي. بينما لاحظنا تغير واضح في حساب الثوابت البصرية بعد عملية التطعيم بأيونات الحديد.

المراجع الفصل الثالث:



- [1] إ. بالطيب ، دراسة الخواص البنيوية المرفولوجية و الضوئية لأغشية أكسيد الزنك المطعمة بالنيكل بتقنية رذاذ الانحلال الحراري، مذكرة ماستر ، جامعة ورقلة (2019).
- [2] ع.ح.عمران. ص.حسون عبود، بناء منظومة رش كيميائي حراري لتحضير المواد الصلبة على شكل أغشية رقيقه ودراسة الخواص الفيزيائية للمواد المحضرة، كلية العلوم جامعة الكوفة(2010).
- [3] س. بن عمر ،دراسة الخواص الفيزيائية للطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك (ZnO) المطعم بالحديد المتوضع بتقنية رذاذ الانحلال الحراري ،مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، (2016).
- [5] ن.أ. قمو ، إ.ميموني ،دراسة و تحضير أغشية رقيقة لأكسيد الزنك النقي (ZnO) بتقنية رذاذ الانحلال الحراري ،مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، (2020).
- [6] خنفر حنان، دراسة الخواص الضوئية لأغشية رقيقة لأكسيد الزنك النقي (ZnO) بتقنية رذاذ الانحلال الحراري ،مذكرة ماستر، جامعة ورقلة، (2020).
- [7] ل.سقني،تحديد خصائص أكسيد القصدير (SnO₂) المطعم بالحديد (Fe)، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي،(2016).
- [8] ف.سعد الله، ح. صوالح احميمة، تحضير و دراسة الأغشية الرقيقة لأغشية كبريتيد الرصاص (PbS) المحضرة بطريقة الحمام الكيميائي، مذكرة ماستر، جامعة حمه لخضر الوادي، (2018).
- [9] م.ع.منصور، دراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (ZnO:Cu) المحضرة بطريقةAPCVD، المجلة الأردنية للفيزياء، العدد 103، المجلد5 ص. 89، (2012).
- [10] ر.عبد الله منيف، ر.عبد الوهاب إسماعيل ،ص. جاسم محمد، دراسة الخواص التركيبية والبصرية لغشاء أكسيد الزنك الرقيق نانوي التركيب طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي ، مجلة تكريت للعلوم الصرفة،(1) 18 ، (2013).



الخاتمة

عرفت تطبيقات الأغشية الرقيقة للأكاسيد الناقلة الشفافة تقدما كبير في مجال الصناعة و خاصة في مجال الالكترونيات من خلال كثرة الأبحاث و الدراسات على هذه المواد , و يعود الفضل في ذلك إلى الخصائص المتميزة و الجودة التي تتمتع بها هذا من جهة و إلى تعدد و بساطة الكثير من طرق تحضيرها من جهة أخرى ,ومن ابرز هذه الطرق طريقة الرش بالانحلال الحراري المستخدمة في عملنا .

قمنا في هذا العمل بتحضير أغشية رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) النقي باستخدام تقنية رذاذ الانحلال الحراري (Spray Pyrolysis) , على قواعد زجاجية عند درجة الحرارة 350 C° لمدة 20 دقيقة , حيث قمنا باستعمال المحلول من مادة خلات الزنك (($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) كمصدر لشوارد الزنك و بتركيز 0.1 mol/l . و قد تمت دراسة الخصائص الضوئية للأغشية المحضرة .

سمحت الدراسة الضوئية للأغشية المحضرة بتبيين أن سمك طبقة أكسيد الزنك النقي المرسبة نانوية التركيب (133nm).

كما وجدنا أيضا أن طبقة أكسيد الزنك المرسبة تتميز ب :

- ✓ شفافية عالية و ذلك بنسبة (97%) في منطقة الطيف المرئي (500nm) .
- ✓ زيادة قيمة معامل الامتصاص بزيادة طاقة الفوتون ضمن المجال المرئي .
- ✓ قيمة معامل الانكسار منخفضا عند الطيف المرئي (550nm) و يكون مساويا ل 1.675, حيث يتأثر هذا المعامل بالخصائص المورفولوجي لسطح المادة المرسبة.
- ✓ معامل الخمود بزيادة طاقة الفوتون ضمن المجال المرئي يساوي 0.0186 و هذا ما اثبت أن سطح العينة متجانس و ناعم لا يعاني امتصاص ضمن هذا المجال.

من خلال هذا العمل تبين أن الأغشية المتحصل عليها ذات مواصفات فيزيائية جيدة تتوافق مع البحوث كما يمكن استعمالها في العديد من المجالات التكنولوجية .

الختامة العامة:

إن هذا الأمر لا يتوقف عند هذا الحد, حيث يمكن العمل على تقديم نتائج أفضل و تقنيات جيدة للتعرف على التأثيرات التي تبديها أغشية (ZnO) وفق المتغيرات (درجة الحرارة, زمن الترسيب). كما يمكن دراسة تأثير التركيز وكذلك تغير الركائز المرسب عليها.

الملخص :

في هذا العمل قمنا بدراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك النقي وذلك بإذابة خلاص الزنك في الميثانول بتركيز 0.1mol/L, و من ثم ترسيبها على شرائح زجاجية تحت درجة الحرارة 350C° باستعمال تقنية رذاذ الانحلال الحراري.

اشتمل البحث على دراسة طيف النفاذية , الامتصاصية , فجوة الطاقة , طاقة اوريباخ , معامل الانكسار , ومعامل الخمود للأغشية المحضرة . وقد اطهرت النتائج أن أغشية أكسيد الزنك تتمتع بشفافية عالية تصل نسبتها إلى (97%)

في منطقة الطيف المرئي, وتمتلك فجوة طاقة تقدر بـ (3.24eV) كما تتميز بمعامل امتصاص عالي جدا في المجال الطاقوي (2- 3.25eV) و طاقة اوريباخ المساوية لـ (326meV), تسلك سلوك معاكس مع قيمة فجوة الطاقة. كما حدد معامل الانكسار بـ 1.67 و معامل الخمود بـ $9.79.10^{-4}$ عند الطول الموجي (550nm) و الذي اثبت أن سطح العينات متجانس ولا يعاني امتصاص في طاقة الفوتون الواردة.

الكلمات المفتاحية : أكسيد الزنك – الأكاسيد الموصلة الشفافة – تقنية رذاذ الانحلال الحراري .

Abstract :

In This Works we study the optical properties of pure zinc Oxide thin films by dissolving zinc acetate in methanol at a concentration of 0.1mol/l and theme on glass solides Under a temperature of 350C° using the Pyrolysis spray technique .

The Research included the study of transmit tance Spectrum, absorbance, Energy gap , Urbach Energy , réfractive index and extinction coefficient of the Prepared films . The résultats show éd That zinc Oxide films have high transparence, reaching (97%) in the visible région, and have an énergie of (3.24eV), as Will as a very high absorption coefficient in the range (2-3.25 eV). how ver, the Urbach énergie value lequell to 326meV which Is opposite to the Energy gap value. Also, the réfractive index Waas determined as 1.67 and the extinction factor were $9.79.10^{-4}$ at wavelength (550nm), which proved That the surface of the samplers Is homogeneous and dose not surfer absorption in the incoming photon Energy.

Key Word : zinc Oxide – transparent conductivité Oxides – Pyrolysis spray technique.