

جامعة قاصدي مرباح ورقلة  
كلية الرياضيات و علوم المادة  
قسم الفيزياء

رقم الترتيب : .....

الرقم التسلسلي : .....



مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال : علوم المادة

فرع : فيزياء

التخصص : فيزياء الإشعاعات، كاشف و بصريات الكترونية .

من إعداد الطالبة: ليزه الزهره

بعنوان :

دراسة الخواص الفيزيائية للطبقات الرقيقة، لأكسيد الزنك (ZnO) المطعم  
بالنيكل (Ni), المتوضع بتقنية رذاذ الإنحلال الحراري (صنع محلي )

نوقشت يوم 25 / 05 / 2016 .

أمام لجنة المناقشة المكونة من الاساتذة:

رئيسا	جامعة ورقلة	استاذ تعليم عالي	خلفاوي فتحي
مناقشا	جامعة ورقلة	استاذ مساعد أ	عاشوري عبد الرحيم
مناقشا	جامعة ورقلة	استاذ مساعد أ	بن زاهي يوسف
مشرفا	جامعة ورقلة	استاذ محاضر ب	بن مبروك لزهرة
مساعد مشرف	جامعة الوادي	استاذ تعليم عالي	بن حوة بوبكر

الموسم الجامعي 2015 / 2016

## شكــــــــــــــــر وتقديــــــــــــــــر

قال الله تعالى: << لئن شكرتم لأزيدنكم >>

الحمد لله الذي أنار لي درب العلم والمعرفة وأعانني على أداء هذا الواجب ووفقني إلى  
إنجاز هذا العمل

أتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من ساعدني من قريب أو من بعيد على إنجاز هذا  
العمل وفي تذليل ما واجهته من صعوبات، وخص بالذكر الأستاذين المشرفين بن  
مبروك لزهر و بن حوى بوبكر اللذان لم يبخلوا عليّ بتوجيهاتهما ونصائحهما القيمة التي  
كانت عوناً لي في إتمام هذه المذكرات.

كما أشكر أعضاء اللجنة المتكونة من الأستاذ خلفاوي فتحي رئيساً و الأستاذين عاشوري  
عبد الرحيم و بن الزاهي يوسف مناقشين، على قبولهم مناقشة و تقييم عملي هذا.

كما لا يسعني أن أنسى كل من وقف بجانبني و لم يبخلوا عليّ بمد يد العون كل من  
الأستاذة بن حوى عثمان، كمرشو عباس، مفتاح يوسف، مختارة أحمد، رجال عاشور، حمصي  
بن سالم، مريم تواتي طليبة، رفيعة بدير.

و إلى كل من سقط من قلبي سموا

و في الأخير لا أنسى أساتذة كلية علوم المادة و الرياضيات قسم فيزياء إشعاعية فلم  
جزيل الشكر على كل ما بذلوه من جهود خلال مشوارنا الجامعي.

زهرة

## الفهرس

I.....	قائمة الأشكال
III.....	قائمة الجداول
IV.....	قائمة الرموز
VI.....	قائمة الاختصارات
1.....	المقدمة العامة
<b>الفصل الأول : الأكاسيد الناقلة الشفافة</b>	
4.....	تمهيد
4.....	1.I شرح بنية (TCO)
5.....	2.I الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة
5.....	1.2.I عرض الفاصل الطاقى للأكاسيد الناقلة الشفافة
6.....	2.2.I الناقلية الكهربائية
8.....	3.2.I الأكاسيد الناقلة الشفافة في الحالة الذاتية والمطعمة
9.....	3.I الخصائص الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة
14.....	4.I أكسيد الزنك ZnO
14.....	1.4.I البنية البلورية
14.....	2.4.I الخصائص الضوئية
17.....	3.4.I تطبيقات أكسيد الزنك
17.....	5.I الخلاصة
18.....	مراجع الفصل الأول

الفصل الثاني : الطبقات الرقيقة و طرق الترسيب

22.....	تمهيد
22.....	1.II مفهوم الطبقات الرقيقة
23.....	2.II مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة
23.....	3.II طرق ترسيب الطبقات الرقيقة
23.....	1.3.II الطرق الفيزيائية
23.....	1.1.3.II الترسيب الفيزيائي للأبخرة (PVD)
24.....	1.1.1.3.II التبخير في الفراغ
25.....	2.1.1.3.II الرش المهبطي
26.....	3.1.1.3.II الاقتلاع والترسيب بأشعة الليزر
26.....	2.1.3.II تقنية الرش بالموجات فوق الصوتية
27.....	2.3.II الطرق الكيميائية
27.....	1.2.3.II الترسيب الكيميائي للأبخرة (CVD)
28.....	2.2.3.II تقنية المحلول الهلامي
29.....	4.II تقنية رذاذ (رش) الإنحلال الحراري
31.....	5.II آلية نمو الطبقات الرقيقة
33.....	6.II الخلاصة
34.....	مراجع الفصل الثاني
الفصل الثالث : طرق المعاينة و التركيب التجريبي	
38.....	تمهيد

38.....	1.III طرق المعاينة
38.....	1.1.III طرق تحديد الخصائص الضوئية
38.....	1.1.1.III مطيافية الأشعة فوق البنفسجية - المرئية (UV-Visible)
40.....	2.1.1.III تحديد معامل الإمتصاص
40.....	3.1.1.III تحديد عرض الفاصل الطاقى
41.....	4.1.1.III تحديد طاقة أورياخ
42.....	2.1.III سمك الطبقات المرسبة
42.....	3.1.III طرق تحديد الخصائص البنيوية
42.....	1.3.1.III مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR)
43.....	2.3.1.III مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء
44.....	2.III نظام الترسيب بتقنية رذاذ الإنحلال الحرارى
44.....	1.2.III التركيب التجريبي
45.....	2.2.III وصف و دور عناصر التركيب التجريبي
47.....	3.III الخلاصة
48.....	مراجع الفصل الثالث
	الفصل الرابع : تحضير الطبقات الرقيقة و تحديد خصائصها
50.....	تمهيد

50.....	1.IV اختيار المواد الكيميائية لترسيب طبقة ZnO و تطعيمها ب Ni أي (ZnO : Ni)
50.....	1.1.IV اختيار المتفاعلات لتحضير طبقة رقيقة من ZnO
51.....	2.1.IV اختيار مادة التطعيم لطبقة أكسيد الزنك
51.....	2.IV طريقة تحضير الطبقات الرقيقة
51.....	1.2.IV الإجراءات المتبعة لترسيب طبقة ZnO
51.....	2.2.IV الشروط التجريبية لتحضير طبقة ZnO
53.....	3.2.IV اختيار الركيزة و تحضيرها
53.....	3.IV تحديد خصائص الطبقات الرقيقة
53.....	1.3.IV الخصائص الضوئية
54.....	1.1.3.IV تقدير الفاصل الطافي
55.....	2.1.3.IV التغير في طاقة أورباخ
56.....	3.1.3.IV تحديد سمك الطبقات المترسبة
57.....	2.3.IV الخصائص البنيوية
57.....	1.2.3.IV أطيااف الأشعة تحت الحمراء
59.....	4.IV الخلاصة
60.....	مراجع الفصل الرابع
62.....	الخلاصة العامة

## قائمة الأشكال

الصفحة	الشكل
5...	الشكل (1.I) مخطط حزم الطاقة في درجة حرارة الصفر المطلق لكل من (a) ناقل (b) نصف ناقل (c) عازل...
	الشكل (2.I) بنية عصابات الطاقة, (a) بالنسبة ل TCO غير مطعم, (b) بالنسبة ل TCO مطعم حيث $E_g^0$ فجوة الطاقة الذاتية و $E_g^d$ قيمة فجوة الطاقة بعد التطعيم.....9
11.....	الشكل (3.I) طيف النفاذ و الإنعكاس و الإمتصاص للأكسيد ناقل شفاف.....
14.....	الشكل (4.I) البنية البلورية Hexagonal Wurtzite لأكسيد الزنك.....
15.....	الشكل (5.I) النفاذية لأكسيد الزنك في مختلف درجات الحرارة.....
24.....	الشكل (1.II) يوضح طريقة الترسيب عن طريق التبخير في الفراغ.....
25.....	الشكل (2.II) رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل الرش المهبطي.....
26.....	الشكل (3.II) يوضح عملية الترسيب بتقنية الاقتلاع بالليزر.....
27.....	الشكل (4.II) مخطط لتقنية الرش بالموجات فوق صوتية.....
29.....	الشكل (5.II) رسم تخطيطي يوضح تقنية الترسيب بواسطة غمس و دوران الركيزة.....
30.....	الشكل (6.II) مخطط مبسط لتقنية رذاذ الإنحلال الحراري.....
31.....	الشكل (7.II) مخطط لمرحلة التنوي لتشكيل طبقة رقيقة.....
32.....	الشكل (8.II) مخطط يوضح مرحلة الإلتحام بين النوى.....
32.....	الشكل (9.II) مخطط مرحلة نمو الطبقات الرقيقة.....
33.....	الشكل (10.II) مخطط لمختلف انماط نمو الطبقات الرقيقة.....
38.....	الشكل (1.III) صورة لمطياف الأشعة فوق البنفسجية.....

- الشكل (2.III) رسم توضيحي لجهاز التحليل الطيفي ثنائي الحزمة.....39
- الشكل (3.III) طيف النفاذية لـ ZnO الغير مطعم بدلالة الطول الموجي.....40
- الشكل (4.III) منحني تغيرات  $(\alpha hv)^2$  بدلالة تغير طاقة الفوتونات  $hv$ .....41
- الشكل (5.III) صورة لهياف الأشعة تحت الحمراء FT- IR.....42
- الشكل (6.III) امتصاص الأشعة تحت الحمراء.....43
- الشكل (7.III) مخطط مختصر لمطيافية الأشعة تحت الحمراء.....43
- الشكل (8.III) التركيب المستخدم لتحضير الطبقات (تقنية رذاذ الإنحلال الحراري).....44
- الشكل (1.IV) صورة لمركب أستات الزنك المستعمل في التجربة.....50
- الشكل (2.IV) صورة لمركب النيكل المستعمل في التجربة.....51
- الشكل (3.IV) طيف النفاذية الضوئية لطبقات أكسيد الزنك المحضرة في درجة حرارة 375 درجة مئوية.....53
- الشكل (4.IV) منحني تغيرات  $(\alpha hv)^2$  بدلالة  $hv$  لطبقات أكسيد الزنك المحضرة عند 375°.....54
- الشكل (5.IV) منحني تغيرات  $\ln(\alpha)$  بدلالة  $hv$  لطبقات أكسيد الزنك المحضرة عند 375°.....55
- الشكل (6.IV) أطيايف الأشعة تحت الحمراء لطبقات Zn-O المحضرة بطريقة رذاذ الإنحلال الحراري
- و المختلفة نسب التطعيم (0-5%) تحت درجة حرارة 375°.....57



## قائمة الجداول

الصفحة	الجدول
6.....	الجدول (1.I) عرض الفاصل الطاقي لبعض الأكاسيد الناقلة الشفافة.....
13.....	الجدول (2.I) يوضح معاملات الجودة لمختلف الأكاسيد الناقلة الشفافة.....
16.....	الجدول (3.I) الخصائص الفيزيائية ل ZnO.....
45.....	الجدول (1.III) جدول يحوي تسميات عناصر الشكل (8.III).....
52.....	الجدول (1.IV) جدول يعرض نتائج حسابات الكتل اللازمة للتطعيم عند 375°C.....
55.....	الجدول (2.IV) قيم الفاصل الطاقي لمختلف الطبقات.....
56.....	الجدول (3.IV) قيم طاقة أورباخ لمختلف الطبقات.....
56.....	الجدول (4.IV) قرينة الإنكسار و السمك لطبقات ZnO المطعمة (0-5%).....
59-58.....	الجدول (5.IV) الروابط المستخرجة من تحليل الأطياف.....

## قائمة الرموز

### الحروف اللاتينية :

A : الامتصاص الضوئي.

d : سمك الطبقة.

E : طاقة العصابة الممنوعة, طاقة عصابة النقل, طاقة عصابة التكافؤ.

h : ثابت بلانك.

K : معامل الإخماد.

l : متوسط المسير الحر.

$m^*$  : الكتلة الفعالة للإلكترون.

n : تركيز حوامل الشحنة.

q : الشحنة الكهربائية العنصرية للإلكترون.

R : معامل الانعكاس.

$R_s$  : المقاومة السطحية للعينة.

T : النفاذية.

### الحروف اليونانية :

$\alpha$  : معامل الإمتصاص.

$\epsilon$  : السماحية النسبية الكهربائية.

$\lambda$  : الطول الموجي.

$\mu$  : الحركية الكهربائية.

$\rho$  : المقاومة الكهربائية.

$\tau$  : زمن الإسترخاء.

$\sigma$  : الناقلية الكهربائية.

$\nu$  : تواتر موجة الضوء.

$\Phi$  : شدة الضوء.

## قائمة الاختصارات

**BC** : عصابة النقل.

**BV** : عصابة التكافؤ.

**CVD** : الترسيب الكيميائي للأبخرة.

**LP** : ضغط منخفض.

**PA** : بواسطة البلازما.

**PVD** : الترسيب الفيزيائي للأبخرة.

**TCO** : أكسيد ناقل شفاف.

**UHV** : الفراغ العالي.

**UV** : فوق بنفسجية.

**Vis** : المرئية.

**FT-IR** : تحويلات فورييه للأشعة تحت الحمراء.

# المقدمة العامة

## المقدمة العامة :

إن دراسة الطبقات الرقيقة جذبت اهتمام الفيزيائيين منذ النصف الثاني من القرن السابع عشر حيث أجريت العديد من البحوث المهمة في هذا المجال و التي أقرنت بأسماء مثل (Boyle) و (Hook) و من الجانب النظري العالم (Drude), و يستخدم مصطلح الطبقات الرقيقة لوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات المادة و هي ذات سمك صغير جدا يقل عن ( $1\mu m$ ), و قد قام العديد من الباحثين بدراسة الخواص الضوئية لأنصاف النواقل على هيئة طبقات رقيقة محضرة بطرائق مختلفة و من هذه الخواص (فجوة الطاقة, معامل الامتصاص, معامل الانكسار,...), و قد تبين أن دراسة الخواص الضوئية لأنصاف النواقل تعطينا معلومات مهمة في العديد من التطبيقات كالأخلايا الشمسية و الكواشف الضوئية.... إلخ [1].

حيث أجريت العديد من الأعمال حول دراسة أكسيد الزنك و سعى الباحثون لتحسين خصائصه عن طريق تطعيمه بذرات أخرى حيث نذكر من بعض هذه الأعمال :

- حضر (Wang et al.) في سنة (2010) طبقات (ZnO : Ni) رقيقة على شكل حبيبات نانوية بواسطة تقنية (bioassisted) [2].
- حضر (M. I. Mansour) في سنة (2012) طبقات (ZnO : Cu) رقيقة المحضرة بطريقة APCVD (تقنية الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الإعتيادي) [3].
- حضر (B. Meriem) في سنة (2015) طبقات (ZnO : La) رقيقة باستعمال تقنية رذاذ الإنحلال الحراري [4].
- قام (Ramesh et al.) سنة (2012) بتحضير طبقات (ZnO : Ni) الرقيقة المرسبة على قواعد زجاجية باستعمال طريقة (Sol-gel) [5].
- قام (B. said) سنة (2014) بتحضير طبقات (ZnO) الرقيقة باستعمال تقنية (spray-deposited ZnO thin film) [6].

الهدف من هذا العمل هو الوقوف عند طرق تحضير الطبقات الرقيقة و التعرف أكثر على طريقة رذاذ الإنحلال الحراري, و كذلك استخدام طرق المعاينة لتحديد خصائص طبقات محضرة من أكسيد الزنك مختلفة تركيز التطعيم بالنيكل (0-5%) و هذا لدراسة تأثير مختلف نسب التطعيم على خصائص هذه الطبقات.

حيث ينقسم هذا العمل إلى أربعة فصول :

الفصل الأول (I) : سيكون على شكل مدخل لموضوع الأكاسيد الناقلة الشفافة, بعد ذلك نتوجه لأكسيد الزنك محل دراستنا.

الفصل الثاني (II) : سنتعرف على أبرز الطرق لتحضير طبقات رقيقة انطلاقا من أملاح المعادن إلى غاية الأكاسيد الناقلة

الشفافة بما في ذلك طريقة رذاذ الإنحلال الحراري التي سنستخدمها في تحضير الطبقات فحوى هذه الدراسة.

الفصل الثالث (III) : يعتبر بداية للجزء العملي و فيه نوضح طرق المعاينة المستخدمة لتحديد الخصائص الضوئية و البنيوية

للطبقات إضافة إلى وصف التركيب التجريبي المستخدم على مستوى مختبر (VTRS) بجامعة الوادي .

الفصل الرابع (IV) : سيكون امتداد للجزء العملي حيث سيتم فيه شرح تحضير المحلول و كذلك مادة التطعيم و فيه أيضا يتم

عرض النتائج المتوصل إليها باستخدام طرق المعاينة .

ننهي هذا العمل بخلاصة تلخص أهم النتائج المتوصل إليها و الملاحظات التي ظهرت خلال مشوار هذا العمل و طرح

إشكاليات تخص تنمة هذه الدراسة لأكسيد الزنك .

## مراجع المقدمة العامة:

- [1] ع. إ. عبد المجيد , " دراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما على الخواص البصرية للأغشية الرقيقة " , مجلة جامعة كركوك, المجلد. 5, العدد. 1, (2010).
- [2] **Y. Wang, X. liao, G. yin, Y. yao**, " *Preparation and characterization of Ni- doped ZnO particles via a bioassisted process* ", J. colloids and surfaces, vol. 372, no. 3, p. 165, (2010).
- [3] **B. Said, R. Achour, B. Boubaker**, " *The effects of solvent nature on spray –deposited ZnO thin film prepared from  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$*  ", Journal, University of EL-oued, vol. 125, p.663–666, (2014).
- [4] **B. Meriem**, " *Structural and opto-electrical study of ZnO thin films elaborated by spray pyrolysis (home made)* ", Memoir de Master, University of Echahid Hamma Lakhdar, EL-oued, (2015).
- [5] **J. Ramesh, G. pasupathi, R. mariappan, V. senthil, and V. ponnuswamy**, " *Structural and optical properties Ni doped ZnO thin films by sol-gel dip coating technique* ", optics, vol. 35, p. 134, (2012).
- [6] م. ع. منصور, " دراسة الخواص التركيبية و البصرية لأغشية ( ZnO : Cu ) المحضرة بطريقة APCVD " , جامعة الموصل, العراق, المجلد. 5, العدد. 2, ص. 89–103, (2012).



# الفصل الأول

## الأكاسيد الناقلة الشفافة

## 1. الأكاسيد الناقلة الشفافة (TCO) :

### تمهيد :

(TCO) هي إحدى أهم أشباه النواقل و هي اختصار ل ( Transparent Conducting Oxides ) و هي عبارة عن أشباه نواقل مركبة مكونة من معدن متحد مع الأكسجين أي إنها أشباه نواقل أكسيدية مثل  $(\text{In}_2\text{O}_3, \text{SnO}_2, \text{ZnO})$  [1].

اكتشفت (TCO) في بداية القرن العشرين, من طرف العالم Badeker سنة 1907 حيث قام بتشكيل طبقة رقيقة من أكسيد الكاديوم (cdo) و كانت هذه الطبقة تمتاز بكونها ناقلة و شفافة [2][3] و تتميز (TCO) بارتفاع ناقليتها و نفاذيتها البصرية (الشفافة) فيمتد طيف النفاذية فيها ما بين  $(400-1500)\text{nm}$  على الرغم من كبر فجوة طاقتها تكون حزمة التوصيل مليئة بالالكترونات الحرة بسبب فراغات الأكسجين ( oxygen vacancies ) الناتجة عن عدم التكافؤ الجزئي (Non-Stoichiometry) [4][5].

في هذا الفصل سنتطرق إلى بنية هذه الأكاسيد إضافة إلى مختلف خواصها و سنهتم في الأخير بأكسيد الزنك الذي سيكون محل الدراسة في الفصول القادمة .

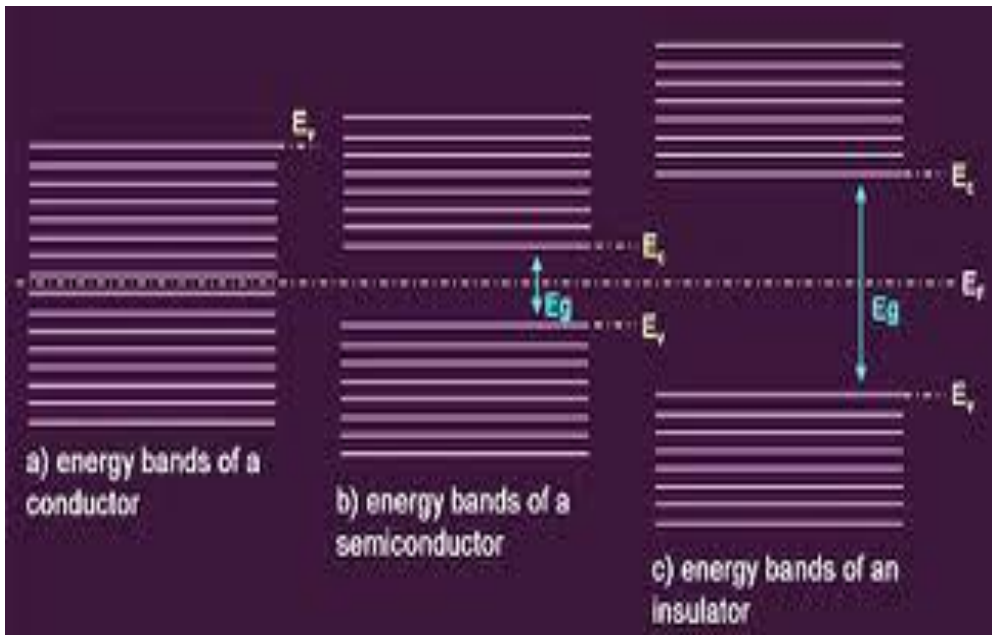
### 1.1 شرح بنية (TCO) :

انطلاقاً من نظرية عصابات الطاقة تصنف المواد في الطبيعة إلى ثلاث حالات ممكنة نواقل و عوازل و أنصاف نواقل بحيث .: النواقل: تتداخل عصابة النقل (BC) مع عصابة التكافؤ (BV) مما يتيح للالكترونات الحركة بحرية [6].  
العوازل: تمتلك فاصل طاقي (عصابة ممنوعة) يسمى عادة بفجوة الطاقة و يرمز لها ب  $E_g$  و عموماً تكون  $(E_g > 4\text{eV})$  بحيث هذه الأخيرة تفصل عصابة النقل (BC) عن عصابة التكافؤ (BV) و كذلك تكون فيها عصابة التكافؤ ممتلئة تماماً و عصابة النقل فارغة تماماً [6].

أنصاف النواقل: تمتاز بوجود فجوة طاقة صغيرة نسبياً بين قمة عصابة التكافؤ و قعر عصابة النقل, و لذلك يمكن لبعض الالكترونات التكافؤ تسلق فجوة الطاقة إلى عصابة النقل, تاركة خلفها فجوات في عصابة التكافؤ, و بفعل المجال الكهربائي المسلط

تكتسب الإلكترونات في عصابة النقل وكذلك الفجوات في عصابة التكافؤ طاقة حركية تساهم في النقل الكهربائي و بذلك فان الناقلية الكهربائية في أشباه النواقل هي اصغر من المعادن و لكنها اكبر من العوازل [7].

تعد الأكاسيد الشفافة الناقلة أو التي تعرف بـ TCO من ضمن المواد نصف ناقلة المنحلة أو قريبة من الانحلال من نوع n عموما, بمعنى مستوي فرمي لديها يقع قريب جدا من شريط النقل (BC) كما تمتلك هذه المواد فاصل طاقي ( $E_g \geq 3\text{eV}$ ) وتمتاز هذه المواد بالخاصية المزدوجة لكونها نواقل جيدة للكهرباء وشفافة في المجال المرئي [8].



الشكل (1.I): مخطط حزم الطاقة في درجة حرارة الصفر المطلق لكل من (a) ناقل (b) نصف ناقل (c) عازل [9].

## 2.1 الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة :

تمت دراسة الخصائص الكهربائية للأكاسيد الناقلة الشفافة منذ عام 1970, حيث تم وصف هذه الخصائص الكهربائية

عن طريق أنصاف النواقل ذات فاصل طاقي كبير [10].

### 1.2.1 عرض الفاصل الطاقي للأكاسيد الناقلة الشفافة :

تتميز الأكاسيد الناقلة الشفافة بوجود فاصل طاقي ( $E_g$ ) يتراوح ما بين 3 إلى 4.6 eV كما هو موضح في الجدول (1.I),

و يتغير عرض الفاصل الطاقي للأكاسيد الناقلة حسب طريقة المستعملة لترسيبهم [6].

الجدول (1.I) : عرض الفاصل الطاقي لبعض الأكاسيد الناقلة الشفافة [10].

الفاصل الطاقي (Eg)	الأكاسيد الناقلة الشفافة
(4.2 - 3.6)	SnO <sub>2</sub>
(3.3 - 3.2)	ZnO
4.2	In-Sn-O(ITO)
3 <	Zn-Sn-O(ZTO)
(3.2 - 3)	TiO <sub>2</sub>

### 2.2.1 الناقلية الكهربائية :

تصف فيزياء أنصاف النواقل ذات الفاصل الطاقي الكبير نوعا ما الخصائص الكهربائية للأكاسيد الشفافة الناقلة. و تعد الناقلية  $\sigma$  أهم مقدار دال على هذه الخصائص كما تعطى وحدتها بـ  $(\Omega.cm)^{-1}$  , و نظرا لظهور هذه المواد كأنصاف نواقل منحلة من نوع n فإن ناقليتها تعطى بـ [6][11] :

$$\sigma = qn\mu \quad (1.I)$$

حيث  $\sigma$  : الناقلية الكهربائية

n : تركيز حوامل الشحنة

q : الشحنة الكهربائية العنصرية للإلكترون

$\mu$  : الحركة الكهربائية

### - المقاومة

يرمز للمقاومية بالرمز  $\rho$ , و تعرف على أنها مقلوب الناقلية [12] :

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (2.I)$$

### - المقاومة السطحية

تستخدم الأكاسيد الناقلة الشفافة على شكل طبقات رقيقة, و يتم تعريف احد خواصها الكهربائية المهمة و هي المقاومة

السطحية, يعبر عنها عن طريق النسبة بين المقاومة على سمك الطبقة يرمز لها ب  $Rs$  و وحدتها  $\Omega$  [12] :

$$Rs = \frac{\rho}{d} \quad (3.I)$$

حيث:

$Rs$  : المقاومة السطحية للعينة

$d$  : سمك الطبقة

### - الحركية

تعتبر حركية حاملات الشحنة من المقادير التي تؤثر على ناقلية الكهربائية, وتكمن أهمية زيادة هذه الخاصية في تحسين الخصائص

الكهربائية للأكاسيد الشفافة الناقلة. كما تعتمد الحركية بشكل أساسي على انتشار حاملات الشحنة في شبكة المادة وطبيعة

الآليات بشكل عام وهذه الأخيرة تحد من الحركية كلما زاد تركيز حاملات الشحنة و يعبر عن الحركية بـ

$$[6] \text{ cm}^2 \text{ v}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

وتعطى عبارة الحركية بهذه العلاقة:

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

$\tau$  : زمن الاسترخاء (الزمن بين تصادمين متتاليين للإلكترون).

$l$  : متوسط المسير الحر.

$V_f$  : سرعة الإلكترون [13].

### 3.2.1 الأكاسيد الناقلة الشفافة في الحالة الذاتية والمطعمة :

#### الأكاسيد الناقلة الشفافة الذاتية

تعد الأكاسيد الناقلة الشفافة من أنصاف النواقل المنحلة على العموم من نوع  $n$  كما ذكرنا سابقا , حيث تترسب هذه الأكاسيد على شكل طبقات رقيقة محدثا مكوناتها ناقليه كهربائية سببها الأساسي عدم التكافؤ في بنية هذه المواد, والتي تظهر فراغات من الأوكسجين أثناء تكون هذه الطبقات الرقيقة حيث تعمل هذه الفراغات على زيادة في عملية التوصيل بفعل تكوينها لمستويات تقع أدنى عصابة النقل متحصلة على الكترولونات والتي تتأين حتى عند طاقات ضعيفة ( $25\text{meV}$ ), ومن أجل تحسين ناقلية أنصاف النواقل يتم ذلك من خلال زيادة عدد حاملات الشحنة عن طريق عملية التطعيم التي تعتمد على ذرات المانحة أو الآخذة التي تحفز على الناقلة من نوع  $n$  أو  $p$  [14][15].

#### تطعيم الأكاسيد الناقلة الشفافة

عادة يتم تطعيم الأكاسيد الناقلة الشفافة بذرات مانحة من نوع  $n$  نظرا لظهور هذه المواد كأنصاف نواقل منحلّة من نوع  $n$ , وفي عام 1947 حقق J.M.Mochel [6] أول أكسيد ناقل شفاف مطعم من نوع  $n$  وفي الآونة الأخيرة أجهت دراسات على TCO المطعمة من نوع P [3].

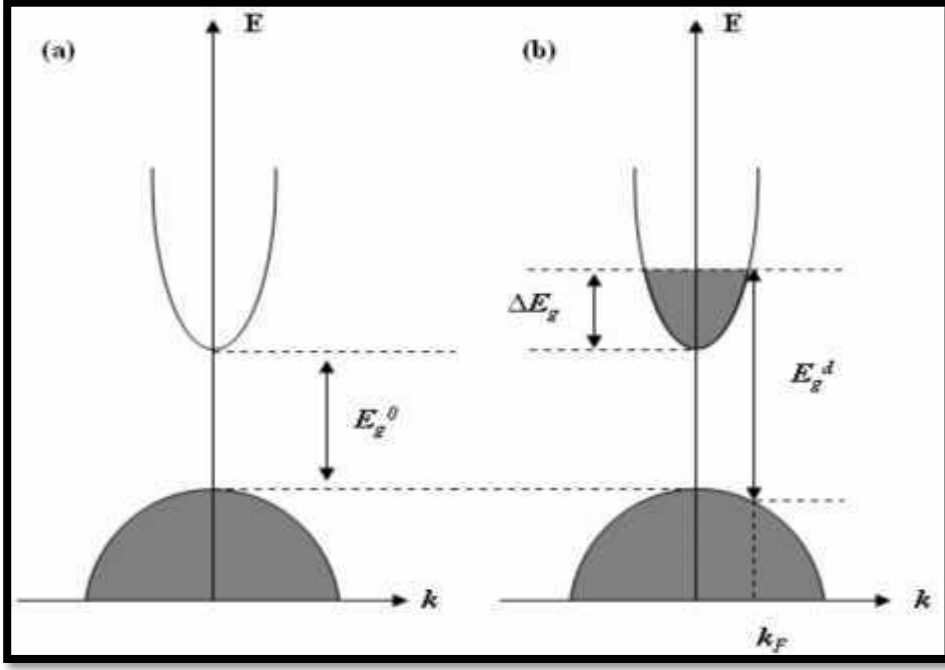
#### ▪ التطعيم من نوع $n$

ويتم هذا النوع من التطعيم عن طريق استبدال ذرات المعدن أو الأكسجين بذرات المرغوب فيها , ويعتمد هذا النوع من التطعيم على حجم ذرات المطعمة ومدى ذوبانها في شبكة الأكسيد الناقل الشفاف, فعلى سبيل المثال من بين المعادن الملائمة لتطعيم أكسيد الزنك: النحاس (Cu) الحديد (Fe) الكوبالت (Co) النيكل (Ni), ومن ضمن الأكاسيد الأخرى مثلا أكسيد القصدير فيمكن تطعيمه ببعض العناصر مثل الفلور (F), الأنتيموان (Sb), النيوبيوم (Nb), التنتال (Ta) [16][17].

#### ▪ التطعيم من نوع P

تتواجد الأكاسيد الناقلة الشفافة في حالتها الطبيعية على شكل نصف ناقل من نوع  $n$  في حين لا يزال تطعيم هذه الأكاسيد الناقلة الشفافة من نوع P قيد الدراسة حيث تم في سنوات الأخيرة إجراء دراسات على بعض الأكاسيد الناقلة الشفافة المطعمة

من نوع P, ويعد أكسيد الزنك المطعم من نوع P من الأكاسيد الناقلة الشفافة الأكثر دراسة لهذا النوع من التطعيم [18][19][20].



الشكل (2.1): بنية عصابات الطاقة, (a) بالنسبة ل TCO غير مطعم, (b) بالنسبة ل TCO مطعم حيث  $E_g^0$  فجوة الطاقة الذاتية و  $E_g^d$  قيمة فجوة الطاقة بعد التطعيم [21].

### 3.1 الخصائص الضوئية للأكاسيد الناقلة الشفافة :

تمثل الخصائص الضوئية في ثلاثة ظواهر أساسية تجاه الأمواج و هي: الإنعكاس, الإنكسار و النفاذ بحيث تمثل هذه الظواهر في ثلاثة متغيرات T (النفاذية), R (معامل الانعكاس), A (الامتصاصية), وكذلك  $\alpha$  (معامل الامتصاص).

#### معامل النفاذية T

وتعرف هذه الكمية الضوئية النسبة بين شدة الضوء النافذة ( $\Phi_t$ ) من خلال المادة وشدة الضوء الواردة على سطحها ( $\Phi_0$ ).

$$T\% = T * 100 \quad \text{و} \quad T = \frac{\Phi_t}{\Phi_0} \quad (5.1)$$

#### معامل الانعكاس R

معامل الانعكاس هو بالتعريف شدة الضوء ( $\Phi_r$ ) التي تنعكس على مستوى سطح المادة بالنسبة لشدة الضوء الوارد ( $\Phi_0$ ).

$$R\% = R * 100 \quad \text{و} \quad R = \frac{\Phi_r}{\Phi_0} \quad (6.I)$$

### الامتصاصية A

إن الامتصاصية لمادة معينة هي عبارة عن شدة الضوء الممتصة من طرفها بالنسبة لشدة الضوء الوارد.

$$A\% = A * 100 \quad \text{و} \quad A = \frac{\Phi_a}{\Phi_0} \quad (7.I)$$

ويعطى التدفق الكلي بالعلاقة (8.I) و (9.I)

$$\Phi_0 = \Phi_a + \Phi_r + \Phi_t \quad (8.I)$$

$$A + R + T = 1 \quad (9.I)$$

### معامل الامتصاص $\alpha$

يسمح قانون Beer-lambert بربط بين تدفق الضوء النافذ والمسافة  $d$  وكذلك معامل الامتصاص  $\alpha$  عن طريق المعادلة

التالية:

$$T = (1-R)\exp(-\alpha.d) \quad (10.I)$$

حيث  $\alpha$  : معامل الامتصاص.

$R$  : معامل الانعكاس.

$d$  : سمك الطبقة.

حيث  $T$  و  $R$  يمثلان على التوالي النفاذية ومعامل انعكاس شريحة TCO وكذلك  $\alpha$  هي عبارة عن معامل الامتصاص الذي

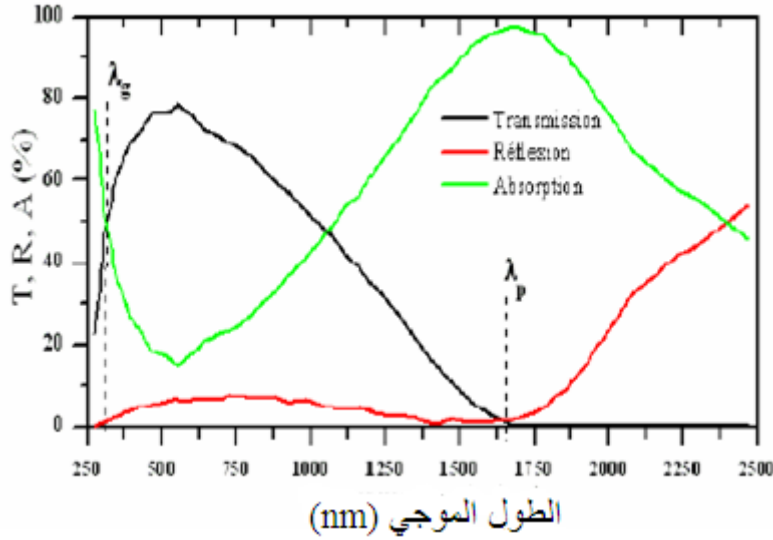
يرتبط بمعامل الإخماد  $K$  عن طريق العلاقة (11.I):

$$K = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \quad (11.I)$$



يسمح قياس النفاذية وكذلك معامل الانعكاس وسهمك الأكسيد الناقل الشفاف باستنتاج معامل الانكسار, معامل الإخماد  $K$  و الفاصل الطاقي لأكسيد معين  $E_g$ .

و الشكل (3.I) يبين طيف النفاذ و الانعكاس و الامتصاص للأكسيد ناقل شفاف



الشكل (3.I) : طيف النفاذ و الإنعكاس و الإمتصاص للأكسيد ناقل شفاف [22].

هذا المنحنى من أعمال E.Elangovan و مساعديه [23], يظهر أن طيفي الإنعكاس و النفاذ لهذا الأكسيد محدودان بواسطة طولي موجة  $\lambda_p$  و  $\lambda_g$  بحيث هذا الأخير تكون عنده قيمة النفاذية للطبقة الرقيقة للأكسيد المدروس دنيا , يمكن تسمية هذا المجال  $[\lambda_p, \lambda_g]$  بالنفاذة الضوئية لأنه المجال الذي تعبر فيه الأمواج الضوئية عبر الشريحة [2].

حيث في المجال الطيفي أين  $\lambda < \lambda_g$  الذي يمثل نطاق الأشعة فوق البنفسجية تكون طاقة الفوتون أكبر أو يساوي من

الفاصل الطاقي حيث تمتص الإلكترونات المتواجدة في عصابة التكافؤ هذه الطاقة لتنتقل إلى عصابة النقل [3].

يتغير الفاصل الطاقي للأكاسيد الناقلة الشفافة من 3.6 إلى 4.3eV ويتوافق هذا الفاصل الطاقي مع أطوال موجات الفوتونات التي تتراوح ما بين 300 إلى 400nm (نطاق UV). حيث تستغل الطاقة الناجمة عن هذه الفوتونات لانتقال الإلكترونات من

عصابة التكافؤ إلى عصابة النقل كما يمكن في هذا النطاق الموجي تقدير الفاصل الطاقي  $E_g$  وذلك باستخدام التمثيل البياني للعلاقة التالية [3].

$$\alpha \propto (hv - E_g) \quad (12.I)$$

حيث :

h: ثابت بلانك.

ν: تواتر موجة الضوء.

E<sub>g</sub>: الفاصل الطاقى.

في المجال الطيفي حيث  $\lambda_g < \lambda < \lambda_p$  يكون الأكسيد الناقل شفاف في جميع أنحاء هذا النطاق والذي يشمل أطوال

الموجات المرئية والقريبة من تحت الحمراء حيث يعمل الأكسيد الشفاف الناقل في هذه الحالة كطبقة موصلة مضادة

لانعكاس [24].

وفي أطوال الموجات أين  $\lambda \geq \lambda_p$  الأكسيد الناقل الشفاف لم يعد منفذ للضوء , إضافة إلى ذلك في هذا المجال الأكسيد يمتلك

خاصية امتصاص قوية . ويمكن تفسير انخفاض النفاذية عن طريق نموذج درود الذي يوضح النظرية الكلاسيكية للإلكترونات الحرة

[25], في هذا النموذج يتم التعامل مع الإلكترونات الحرة كبلازما تحتز بتواتر  $\nu_p$  يتعلق بطول الموجة  $\lambda_p$  والذي يعطى بالعلاقة

(13.I) :

$$\lambda_p = \lambda_0 \sqrt{\frac{\epsilon}{1-\epsilon}} \quad (13.I)$$

حيث

ε : السماحية النسبية الكهربائية.

λ<sub>0</sub> : الطول الموجي الذي من أجله يصل الانعكاس إلى أقل قيمة له.

الزيادة في قيمة الامتصاص عند طول الموجي λ<sub>p</sub> من قبل طبقة الأكسيد الناقل الشفاف نتيجة الإلكترونات الحرة.

تعطى عبارة تواتر البلازما الموضحة في المعادلة (I.14) والذي يتعلق بتركيز الإلكترونات الحرة N<sub>e</sub>, السماحية الكهربائية ε<sub>1</sub>

للمادة و السماحية في الفراغ ε<sub>0</sub> وكذلك الكتلة الفعالة للإلكترون m\* كالتالي :

$$\nu_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{N_e q^2}{m^* \epsilon_0 \epsilon_1}} \quad (14.I)$$

وتعطى العلاقة بين الطول الموجي λ<sub>p</sub> وتردد البلازما ν<sub>p</sub> كالتالي:

$$\lambda_p = \frac{c}{v_p} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{N_e q^2}{m^* \epsilon_0 \epsilon_1}} \quad (15. I)$$

حيث:

c: سرعة الضوء في الفراغ.

### عامل الجودة

تتأثر الخصائص الكهربائية للأكاسيد الشفافة الناقلة بالخصائص الضوئية. حيث اقترح العالم haacke.G في عام 1976

[26][27] مقدار يسمى معامل الجودة حيث يربط هذا الأخير بين الخصائص الكهربائية والضوئية لـ TCO ويعرف هذا

المعامل النسبة بين النفاذية المتوسطة T في المجال المرئي (400 - 800nm) والمقاومة السطحية R<sub>sh</sub> لطبقة الأكسيد الشفاف

الناقل كما يعبر عن معامل الجودة بـ  $\Omega^{-1}$

و يعطى بـ:

$$\Phi_{TC} = \frac{T^{10}}{R_{Sh}} \quad (16.I)$$

وكذلك قام العالم G.R Gordon [28] بمقارنة الأكاسيد الشفافة الناقلة وفقا لمعامل الجودة لكل مادة كما هو موضح في

الجدول (2.I).

الجدول (2.I): يوضح معاملات الجودة لمختلف الأكاسيد الناقلة الشفافة [29].

المواد	معامل الجودة ( $\Omega^{-1}$ )
ZnO مطعم F	7
Cnd <sub>2</sub> SnO <sub>4</sub>	7
ZnO مطعم Al	5
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4

3	SnO <sub>2</sub> مطعم بـ F
3	ZnO مطعم بـ Ga
2	ZnO مطعم بـ B
0.4	SnO <sub>2</sub> مطعم بـ Sb
0.2	ZnO مطعم بـ In

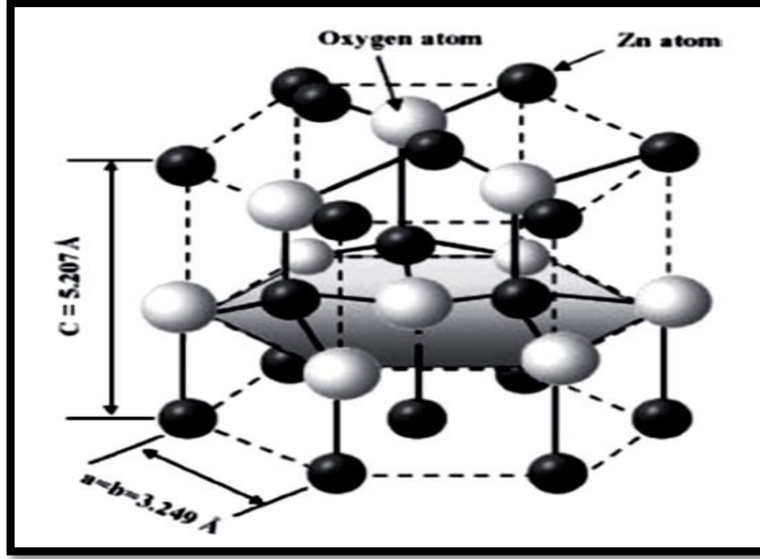
#### 4.1 أكسيد الزنك ZnO :

##### 1.4.1 البنية البلورية :

أكسيد الزنك هو أحد مركبات الزنك الكيميائية، ذو تركيب بلوري سداسي (Hexagonal) من نوع (Wurtzite) و يعد أحد أنصاف النواقل واسعة الإستخدام لكونه يمتاز بطاقة ربط عالية للإكسيتون (Exciton) قيمتها (60mev)، ينتمي إلى المجموع (VI و II) في الجدول الدوري و من النوع السالب (n-type)، ذو ناقلية عالية ناتجة عن وجود فراغات الأكسجين (Oxygen Vacancies)، و من المعروف أن طبقات أكسيد الزنك أساسا يكون على شكل بنية متراسة، و يمكن تعريف هذه البنية بمثابة البنية السداسية المتراسة للأكسجين (  $c=3.249 \text{ \AA}$  ,  $a=b=5.207 \text{ \AA}$  ) [30].

ذرات الأكسجين و الزنك تقع على التوالي في المواقع :  $z=0.38$  مع  $(1/3, 2/3, 0)$  و  $(1/3, 2/3, z)$   $O^{-2}$

وهذا المخطط يمثل البنية البلورية لأكسيد الزنك [31].



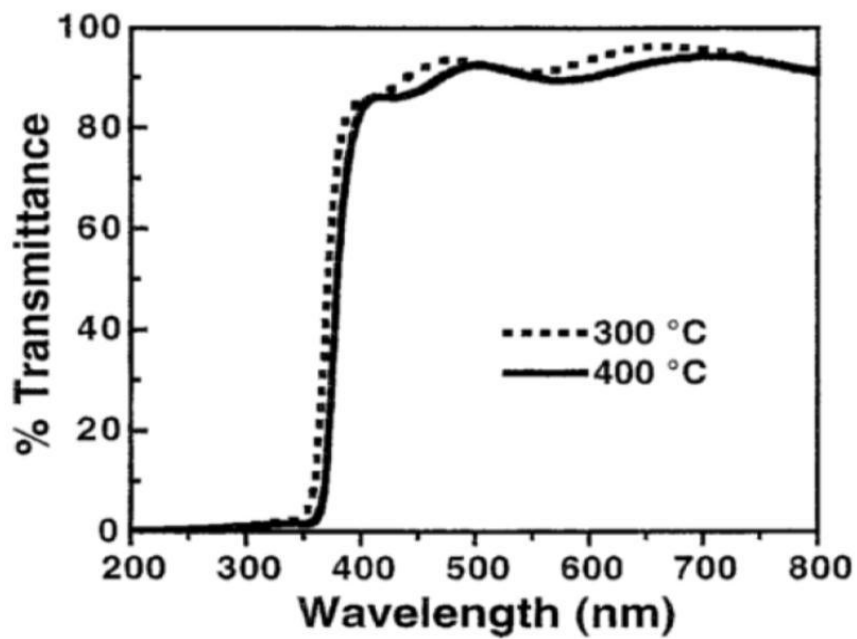
الشكل (4.1) : البنية البلورية Hexagonal Wurtzite لأكسيد الزنك [31].

#### 2.4.1 الخصائص الضوئية :

أكسيد الزنك (ZnO) هو مادة شفافة, معامل إنكسارها يتراوح ما بين (1.9 و 2.2), و عرضت على إمتصاص طوله

الموجي حوالي 360 nm في الأشعة فوق البنفسجية التي تشرح قيمة فجوة الطبقات الرقيقة لهذه المادة, و من سلبياتها أنها

شفافة في الطيف المرئي و تحت الحمراء القريبة كما هو مبين في الشكل (5.1) [30].



الشكل (5.I) : النفاذية لأكسيد الزنك في مختلف درجات الحرارة [32].

الجدول (3.I) : الخصائص الفيزيائية ل ZnO [33] .

ZnO	الخصائص
	معايير lattice عند 300k
0.32495	$a_0$ (nm) _____
0.52069	$c_0$ (nm) _____
	الكثافة ( $g/cm^3$ )
5.606	مرحلة مستقرة عند 300k
wurtzite	نقطة الإنصهار ( $^{\circ}C$ )
1975	الناقلية الحرارية ( $W cm^{-1} ^{\circ}C^{-1}$ )
0.6,1,1.2	Linear expansion coefficient ( $^{\circ}C$ )
$a_0 : 6.5 cm^3 * 10^{-6}$	
$c_0 : 3.0 cm^3 * 10^{-6}$	ثابت العزل الكهربائي
8.656	معامل الإنكسار
2.008	فجوة (RT)
3.370 eV	فجوة (4K)
3.437 eV	طاقة ربط الأكسيتون (meV)
60	الكتلة الفعالة للإلكترون
0.24	

### 3.4.1 تطبيقات أكسيد الزنك :

بما أن أكسيد الزنك ZnO من الأكاسيد نصف الناقلة , فقد لقي هذا النوع من الأكاسيد قدرا كبيرا من الاهتمام في السنوات الأخيرة كونها تستخدم في مجال واسع من التطبيقات أهمها صناعة ديودات الإصدار الضوئي ( LEDs )- Light emitting diodes و الديودات الليزرية ( LDs ) Laser diodes , تملك الطبقات الرقيقة من ZnO أهمية كبيرة في العديد من التطبيقات المختلفة في مجال الإلكترونيات الدقيقة microelectronic و الأجهزة الإلكترونية Optoelectronic Devices , كما تستخدم طبقة ZnO كقطب في الخلايا الشمسية ذات الوصلات غير المتجانسة, و الطبقات المانعة للانعكاس و المرشحات الضوئية و في تصنيع شاشات العرض المسطحة ( Display Panels ), علاوة على ذلك, تستعمل طبقة ZnO كحساس غازي ضوئي, إذ يبدي امتزازا كيميائيا (Chemisorption) عبر السطح و هذا ما يجعله مفيدا جدا في مثل هذه التطبيقات كحساسات للغازات, و يعتبر ZnO شفافا في منطقة المجال المرئي من الطيف, و قرينة انكساره كبيرة نسبيا و له ثابت كهرو إجهادي كبير ( Piezoelectric ), و يملك ثابت عزل نسبي (8.5) كما يسمح المجال المحظور العريض للمركب ZnO باستخدامه في العديد من التطبيقات في المجالين الأزرق و البنفسجي من الطيف, كما يمكن أن يستخدم في صناعة أجهزة الأمواج الصوتية و مرشحات العصابة band-pass , و الموجات الضوئية ( guidance optical) و في صناعة الليزر [31] .

### الخلاصة : 15.

من خلال هذا الفصل تعرضنا للخصائص العامة للأكاسيد الناقلة الشفافة من حيث البنية و الخصائص الكهربائية إضافة للخصائص الضوئية, عرفنا أيضا معامل الجودة الذي يعبر عن مقدار توافق هذه الخصائص , ثم خصصنا أكسيد الزنك الذي هو محل دراستنا و عرضنا خواصه البنيوية و الكهربائية و الضوئية و في الأخير ذكرنا بعض التطبيقات لهذا الأكسيد الذي سيكون محل دراستنا من حيث التحسينات الحاصلة لخصائصه نتيجة التطعيم.



## مراجع الفصل الأول :

- [1] ص ردينة, " دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية  $Ni_{(1-x)}Zn_xO$  المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري", شهادة ماجستير, جامعة ديالى العراق , ص 22 , (2011).
- [2] A. THELEN, H. KONIG, "*Elektrische Leitfähigkeit aufgestaubt Indiumoxydschichten*", Naturwissenschaften ,vol 43 , p 297 ,(1956).
- [3] D. LAMBE, Y. Y. PROSKURYAKOV, K. DUROSE, J. MAJOR, M. ALTURKESTANI, V. BARRIOZ, "*Near infrared transparent conducting cadmium oxide deposited by MOCVD*", Thin Solid films,vol 518, p 1222-1224, (2009).
- [4] A. ROTH, D. WILLIAMS, "*Properties of ZnO films prepared by oxidation of diethyl zink*", J. Appl.phys.,vol 52, p 6685,(1981).
- [5] R. SCHROPP, A. MADAN, "*Properties of Conductive ZnO films for transparent electrodes applications prepared by rf magnetron sputtering*", J.Appl.phys.,vol 66, p. 2027, (1989).
- [6] ح. منال " دراسة الخصائص البنيوية و الضوئية و الكهربائية لأكسيد القصدير المطعم بالفلور المتوضع بتقنية الأمواج فوق الصوتية", شهادة الماجستير, جامعة الوادي، ص 19 (2014).
- [7] V. A. BRUK, V. V. GARSHCNIN, A. I. K. WROOV, "*Semicon- Doctor technology*", translated from Russia by A. ulaynove, Mir pu- Llishers , MOSCOW, (1969).
- [8] H. L. Hartnagel, A. L. Dawar, A. K. Jain, and C.Jagadish, "*Semiconducting Transparent Thin Films*", Institute of Physics Publishing, Bristol, (1995).
- [9] M. G. Yousif, "*Solid State Physics*", vol. 2, Baghdad University, (1989).

- [10] **K. L. Menouer**, "Etude et réalisation d'une cellule solaire multicouches du type Si-SiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub>-ZnO par APCVD", thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU,(2011).
- [11] **Zhigang R.Li and Hong Meng**, " *organic light –emitting Materials and Devices* " CRC, Press , USA, (2007).
- [12] **El .H .CHAREF**, " *Détermination des Caractéristiques Optiques des Couches Minces du ZnO Elaborées par Spray Ultrasonique*", CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED ,(2012).
- [13] **K.S. Ramaiah, V.S. Raja**, " *Structural and electrical properties of fluorine doped tin oxide films prepared by spray-pyrolysis technique, Applied Surface Science* ", Vol 253, (2006).
- [14] **E. Fortunato**, " *Solar Energy & Solar cells* ", Vol.92,N12, 1605–1610,(2008).
- [15] **G.M. Nam, M. S. Kwon**, " *Al-doped ZnO via Sol-Gel Spin-coating as a Transparent Conducting Thin Film* ", Journal of Information Display, Vol. 10, N 1, March, ( 2009).
- [16] **K. Jain, R.P. Pant, S.T. Lakshmikumar**, " *Effect of Ni doping on thick film SnO<sub>2</sub> gas sensor* ", Sens. Actuators B, Vol 113, pp 823 – 829, (2006).
- [17] **A.I. Inamdar**, " *Solar Energy Materials & Solar Cells*", Vol. 91,N.10, 864–870, (2007).
- [18] **J. Wang ,V. Sallet, F. Jomard, Ana M. Botelho do Rego**, " *Thin Solid Films* ", Vol.515, 8785–8788, (2007).
- [19] **J. Zhao , X.J. Zhao, J.M. Ni, H.Z. Tao**, " *Structal, electical, and optical proporities of p- type transparent conducting SnO<sub>2</sub>:Al film derived from thermal diffusion of Al SnO<sub>2</sub> Al multilayer thin films* ", Vol.58,pp 6243– 6248, (2010).
- [20] **S. Shet, Tang, H. Wang, H. Deutsch, T. Yan, Y. Turner, J. Al-Jassim**, " *Synthesis and Characterization of Band Gap-Reduced ZnO:N and ZnO:(Al,N) Films for Photoelectrochemical Water Splitting* ". Journal of Materials Research. Vol. 25, N.1,pp 69–75, (2010).

- [21] J. GAMIER, " *élaboration de couches minces d'oxydes trans-parents et conducteurs par spray cvd assiste par radiation infrarouge pour applications photovoltaïques* ", école doctorale n° 432, (2009).
- [22] E. Elangovan, " *Applied Surface Science, A study on low cost-high conducting fluorine and antimony-doped tin oxide thin films* ", Vol. 249,N.1-4, 183- 196, (2005).
- [23] E. ELANGO VAN, K. RAMAMURTHI," *A study on low cost –high conducting fluorine and antimony –doped tin oxide thin films* "Applied Surface Science, vol 249, p 183 – 196, (2005).
- [24] ب. ه. ناصر صالح, م. عيسى منصور, " دراسة الخصائص الفيزيائية لأغشية أكسيد الخارصين المطعمة بالانتيمون و المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي " مجلة علوم الرافدين, المجلد 23, العدد 03, ص 164, (2012).
- [25] X. HUAT, " *Synthesis of highly conductive and transparent ZnO nanowhisker films using aqueous solution* ", Journal of the ceramic society of japan, vol 116, p 384–388, (2008).
- [26] M.I.B. Bernardri , L.E Soledade, I.A Santos, E.R Leite, E 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).
- [27] A.A. Yadav , E.U. Masumdar, A.V. Moholkar, M. Neumann–Spallart, K.Y. Rajpure, C.H." *electrical structural and optical properties of SnO<sub>2</sub>:F thin films effect of the substrate temperature, Journal of Alloys and Compounds* ", Vol. 488,N.1, p 350– 355, (2009).
- [28] G. Gordon, MRS Bulletin, " *Criteria for Choosing Transparent Conductors* ", Vol 25 25,N8, ( 2000).
- [29] J. Nishino and Y. Nosaka," *Low temperature preparation of ZnO by a nearby vaporizing chemical vapor deposition method, Journal of Crystal Growth* ", Vol.268, ( 2004).

[30] A. RAHAL, " *Elaboration des verres conducteurs par deposition de ZnO sur des verres ordinaires* ", Memoire de Magister, UNIVERSITE D'ELOUED, (2013).

[31] ح. إ. وفاء, " دراسة الخواص الكهربائية لنصف ناقل ZnO المطعم بعناصر مختلفة ", شهادة ماجستير, جامعة حلب, (2009).

[32] V. Mohammad, U. Ahmad, H. Yoon-Bong, "Chapter 4, ZnO Nanoparticles: Growth, Properties, and Applications ", 1Chonbuk National University, chonju 561-756, south korea, 2 Najran University, P. O. Box 1988, Najran 11001, King dom of Saudi Arabia.

[33] S. Suh, Miinea, L. A. Hoffman, D. M. Zhang, Z. Chu, w,-k, " *Journal of Materials science letters* " 20 (2001), 115-118.

## الفصل الثاني

الطبقات الرقيقة و طرق الترسيب

## II. الطبقات الرقيقة و طرق الترسيب :

### تمهيد :

في الفصل الأول تناولنا بعض التعريفات و الخصائص للأكاسيد الناقلة الشفافة, و في هذا الفصل سنذكر بعض الطرق المستخدمة في مجال صنع الطبقات الرقيقة من الأكاسيد الناقلة الشفافة, هذه الطرق تختلف عن بعضها اختلافا جوهريا, يرجع هذا الاختلاف إلى تنوع مجالات استخدام هذه الطبقات, و يمكن تقسيم الطرق إلى مجموعتين رئيسيتين فيزيائية, و كيميائية [1][2].

سنشرح في هذا الفصل إلى شرح مفهوم الطبقات الرقيقة و طرق نموها و مبدأ ترسيبها إضافة إلى بعض الطرق الفيزيائية و الكيميائية لصناعة الأكاسيد الشفافة.

## II.1 مفهوم الطبقات الرقيقة :

الطبقة الرقيقة لمادة معينة هي ترتيب لعناصر هذه المادة في بعدين بحيث يكون البعد الثالث صغيرا جدا, و يعرف هذا البعد بالسلك و يكون من رتبة النانومتر, هذا السلك يتغير من مادة لأخرى و يرجع هذا غالبا للخواص الفيزيائية لهذه المواد, الفرق الجوهري بين المادة في الحالة الصلبة و حالة الطبقات الرقيقة, يتمثل في أنه : في الحالة الصلبة للمادة عموما نهمل دور الحدود (السطوح) في الخصائص, و لكن في حالة الطبقات الرقيقة على العكس من ذلك تأثير السطوح على الخصائص يكون هو الغالب, حيث كلما زاد إنخفاض السلك زاد تأثير السطوح في الخصائص الفيزيائية [3].

و تتمثل الميزة الأساسية الثانية للطبقات الرقيقة أنه مهما كانت الطريقة المستخدمة في تركيبها, يتم تكاثف طبقة رقيقة دائما على الركيزة, وبناء على ذلك يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أهمية تركيب الركيزة بحيث تؤثر هذه الأخيرة على الخصائص البنيوية للطبقة الرقيقة حيث أثبتت الدراسات التي قام بها العالم Yusta و آخرون [4] على تأثير تشكل وتكوين الركيزة التي بينت أن أكسيد غير مطعم رسب جزء منه على ركيزة من نوع بيراكس و جزء آخر رسب على ركيزة من نوع السيلسيوم فلوحظ أنهما يختلفان في المقاومة [5].

## 2.11 مبدأ ترسيب الطبقات الرقيقة :

تتمثل عملية تشكل الطبقات الرقيقة من مادة معينة بتوضع جسيمات هذه الأخيرة على الركيزة ، وبفضل قوى Van der Waals تتماسك جسيمات هذه المادة على الركيزة أو تتفاعل كيميائيا معها [6].

ويمكن أن تكون هذه الجسيمات عبارة عن ذرات، جزيئات أو أيونات وقد تكون وسيلة نقل المواد إلى الركيزة إما عن طريق المواد السائلة، غازية أو في الفراغ.

- حالة وسط النقل السائل : تعتبر هذه الطريقة سهلة نسبيا، وكمثال على هذا نذكر طريقة هلام - صلب (Sol-gel).

- حالة وسط النقل الغازي أو الفراغ : يعتبر هذا الوسط الأكثر استخداما في مختلف طرق الترسيب مثل الترسيب الكيميائي للأبخرة، و يختلف الوسط الغازي عن وسط الفراغ في قيمة المسار الوسطي الحر (المسار بين تصادمين).

تجدر الإشارة إلى أنه لا توجد طريقة مرجعية لترسيب الطبقات الرقيقة، حيث يمكن استخدام طرق متنوعة، إضافة إلى ذلك فإن تحضير الركيزة خطوة مهمة للحصول على شرائح جيدة .

## 3.11 طرق ترسيب الطبقات الرقيقة :

توعدت الأساليب المستخدمة في عملية تحضير الطبقات الرقيقة، وهذا راجع إلى الاستعمالات المميزة والكثيرة لهذه الطبقات، وتصنف هذه الطرق إلى صنفين أساسين حسب طريقة الترسيب، سواء كانت طرق فيزيائية، أو طرق كيميائية كالتالي :

### 1.3.11 الطرق الفيزيائية :

الطرق الفيزيائية للترسيب هي تقنية تسمح بتحويل الذرات من مصدر إلى سطح الركيزة و تتمثل في :

#### 1.1.3.11 الترسيب الفيزيائي للأبخرة (PVD) :

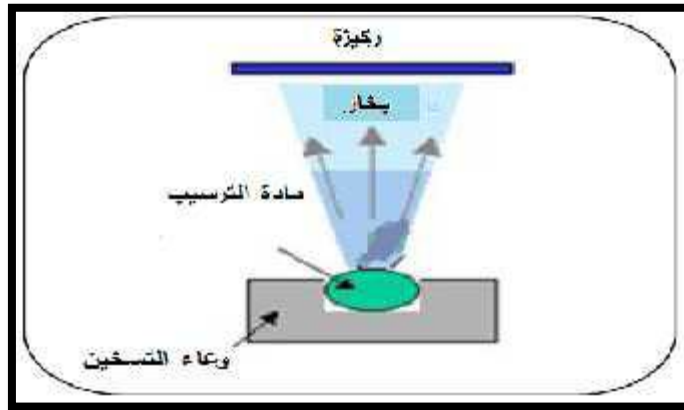
تعتمد تقنية الترسيب الفيزيائي للأبخرة على عملية التبخر الحراري للمواد تحت ضغط منخفض، كما تمتاز بعدة مميزات مقارنة بطريقة الترسيب الكيميائي للأبخرة (CVD)، فهي تعد من التقنيات الغير ملوثة كما أن الطبقات المترسبة تكون كثيفة وسهلة المراقبة. ومن بين طرق الترسيب الفيزيائي للأبخرة الأكثر استعمالا نجد طريقة التبخر تحت الفراغ، الرش المهبطي، الاقتلاع (التفتيت) بالليزر [7].

### 1.1.1.3.ii التبخير في الفراغ :

تعتمد هذه التقنية على تبخير المادة المراد ترسيبها وذلك بتسخينها تحت درجات حرارة عالية، وتتم هذه العملية داخل غرفة مفرغة من الهواء في ضغط يتراوح من  $10^{-3}$  إلى  $10^{-4}$  pa [8] المواد التي تبخرت ترسب على سطح الركيزة عن طريق عملية التكثيف والتي تتشكل على سطحها طبقة رقيقة من هذه المادة، بحيث تختلف طرق التسخين منها التسخين باستخدام فعل جول أو باستخدام حزمة الكترونات مكثفة عالية الطاقة، حيث تستخدم الطريقة الأولى للمواد سهلة الذوبان أما الطريقة الثانية فهي تستخدم المواد المقاومة للحرارة. عندما يكون الضغط ليس منخفضاً بما فيه الكفاية، فإن الترسيب يكون قليل التماسك وغالباً غير متبلور. يتم الحصول على أفضل النتائج عندما يكون السطح عمودي على تدفق البخار وعموماً تعتمد سرعة الترسيب على درجة حرارة المصدر، والمسافة بين المادة المبخرة والركيزة [9].

من بين أهم مشاكل هذه التقنية :

- تفكك الأكاسيد بسبب درجة الحرارة العالية للتبخير؛
  - التفاعلات الجانبية للمواد المبخرة التي تكون على اتصال فيما بينها؛
  - عملية إزالة الغازات، التفكك، الانفجار الدقيق للمواد المعروضة للتبخير.
- لكن تبقى تقنية التبخير مفضلة وخاصة في تطوير مواد عالية النقاوة [10].



الشكل (1.II) : يوضح طريقة الترسيب عن طريق التبخير في الفراغ [4].

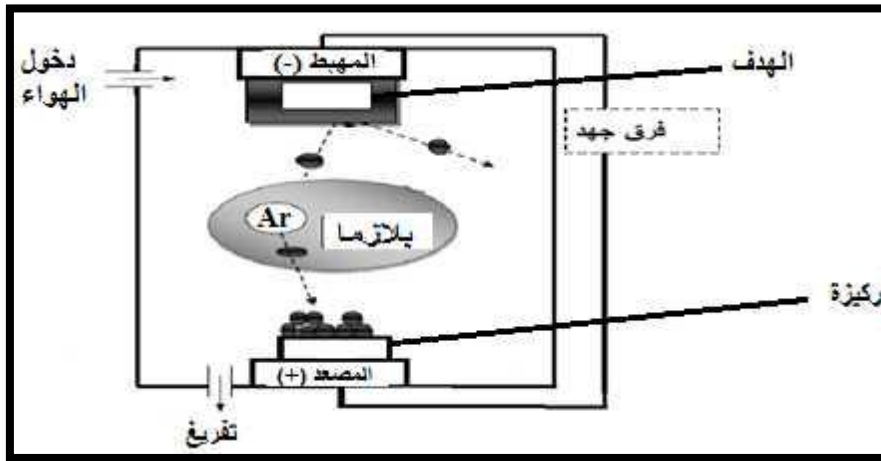


### II 2.1.1.3 الرش المهبطي :

تتمثل هذه التقنية في توضع الركيزة داخل غرفة تحوي على غاز (عموماً يكون غاز الأرجون) تحت ضغط منخفض، هذا الأخير يلعب دور في تأين ذرات الغاز، الأيونات الناتجة تسرع بفرق جهد يتراوح ما بين (3 إلى 5KV) [7]، لتسقط على الكاثود بطاقة كبيرة (الكاثود يكون مكون من المادة المراد ترسيبها).

تحت تأثير أيونات الغاز المسرعة الساقطة على الكاثود تقتلع منه ذرات وتتوضع على سطح الركيزة، في بعض الحالات يتم إدخال غاز ثاني بالإضافة للأرجون بحيث يتفاعل كيميائياً مع الذرات المقتلعة لتشكل معها مركبات مرغوبة وتتوضع على الركيزة و من إيجابيات هذه الطريقة :

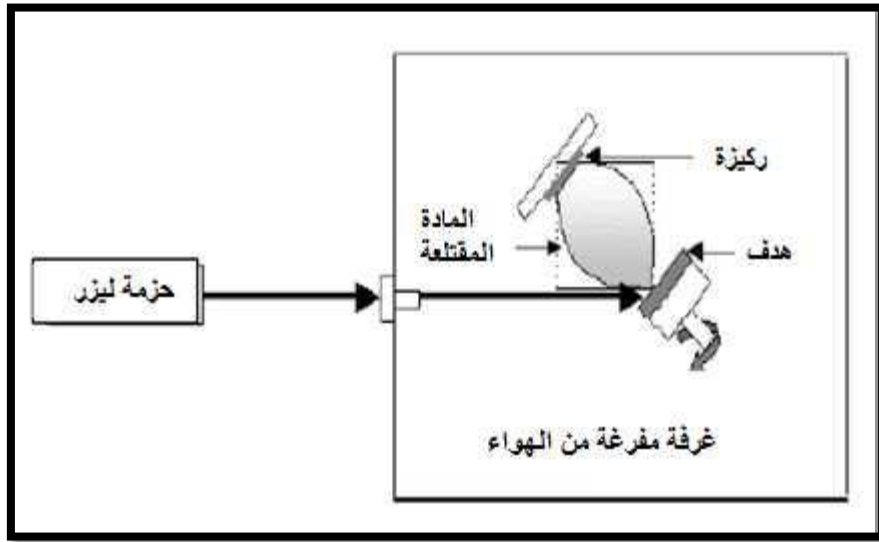
- الترسيب تحت أجواء مراقبة.
- أما عيوبها فتتمثل في:
- التكلفة العالية في التركيب جهاز الرش المهبطي؛
- بطء عملية الترسيب [11][12].



الشكل (2.II): رسم تخطيطي يوضح مبدأ عمل الرش المهبطي [7].

### 3.1.1.3. II الإقتلاع (التفتيت) والترسيب بأشعة الليزر:

وهي تقنية تتمثل في إرسال حزمة ليزر مكثفة على هدف كبير بالنسبة للحزمة ( بحيث الهدف مصنوع من المادة المراد ترسيبها ) بحيث تكون استطاعتها عالية بما فيه الكفاية, لإخراج كمية من مادة الهدف التي تكون عمودية على سطح ركيزة لتشكيل سحابة من المادة المقتلعة التي تترسب على الركيزة الساخنة وهذا من أجل توفير الطاقة اللازمة لتحفيز تبلور الطبقة الرقيقة بحيث هذه الأخيرة تكون موضوعة على التوازي مع الهدف كما هو مبين في الشكل (3.II)

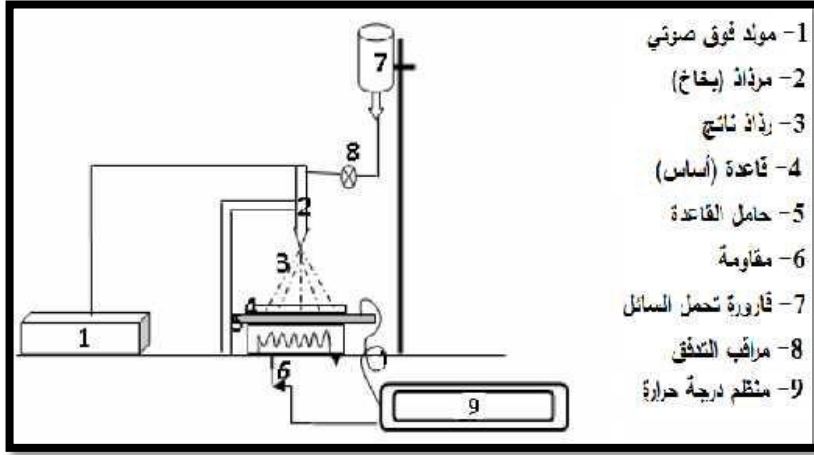


الشكل (3.II) : يوضح عملية الترسيب بتقنية الإقتلاع بالليزر [13].

تجريبياً، فقد لوحظ تحسن في نوعية الترسبات عن طريق هذه التقنية ويرجع ذلك إلى الحد من العيوب وزيادة حجم الحبيبات. ومع ذلك فمن عيوب هذه التقنية محدوديتها بسبب تكلفه الباهظة لليزر [14][15].

### 2.1.3.II تقنية الرش بالموجات فوق الصوتية :

ترتكز طريقة الرش بالأمواج فوق الصوتية على استغلال طاقة هذه الموجات عن طريق مولد يعمل بالموجات فوق الصوتية عالية التردد (40KHz) الذي يسمح بتحويل المحلول إلى حبيبات رقيقة جدا بقطر  $40\mu\text{m}$  بأحجام موحدة تخرج من صنوبر على شكل رذاذ يرش على ركيزة مسخنة في درجة حرارة تتراوح ما بين 250 - 500 درجة مئوية وذلك من أجل تنشيط التفاعل الكيميائي بين المكونات . في درجات الحرارة هذه، تتم إزالة بعض منتجات التفاعل على الفور الغير مرغوب فيها (العناصر المتطايرة) حيث يبقى فقط إلا شكل المركب المراد تكوينه الذي يترسب على الركيزة [16].



الشكل (4.II) : مخطط لتقنية الرش بالموجات فوق صوتية [17].

### 2.3.II الطرق الكيميائية :

شمل تكوين الطبقة الرقيقة في طرق الكيميائية على هذه التقنيات وهي:

#### 1.2.3.II الترسيب الكيميائي للأبخرة (CVD) :

تمكن هذه الطريقة من تشكيل ترسب على الركيزة ناتج عن تفاعلات الكيميائية للغازات مع السطح الركيزة من أجل تكوين طبقة رقيقة صلبة على سطح الركيزة المسخنة تحت درجة حرارة أكبر من  $500^{\circ}\text{C}$  حيث توفر هذه الأخيرة طاقة التنشيط اللازمة لبدأ التفاعل الكيميائي كذلك إن هذا الترسيب يتوقف على: طبيعة ودرجة حرارة الركيزة، التركيب الكيميائي لمواد الانطلاق، تدفق الغاز والضغط الكلي. وتستعمل هذه الطريقة في عدة مجالات أغلبها صناعة أشباه النواقل [18][19].

تتطلب هذه الطريقة درجة حرارة عالية لتلبية احتياجات التفاعل، بينما الاحتياجات الصناعية تفضل درجات الحرارة المنخفضة. لهذا تعاني هذه الطريقة من تحسينات لتخفيض درجة الحرارة نذكر منها:

❖ الترسيب الكيميائي للأبخرة بواسطة البلازما **PACVD** : تستخدم في هذه الطريقة البلازما لضمان تنشيط التفاعل

الكيميائي وهذا يسمح بترسيب في درجات حرارة منخفضة نسبياً (أقل من  $300^{\circ}\text{C}$ ) وبالتالي تنقص العيوب البلورية بسبب التبريد. من عيوب هذه الطريقة هو إمكانية تفاعل البلازما مع الركيزة بالتالي الحصول على طبقة رقيقة غير متجانسة على طول الركيزة [20].

❖ الترسيب الكيميائي للأبخرة تحت ضغط منخفض **LPCVD** : في هذه الحالة تجري التفاعلات الكيميائية تحت ضغط منخفض (الضغط المستخدم في هذه الحالة يكون في المجال  $10^{-3}$  -  $10^3$  Pa) [21][22].

❖ الترسيب الكيميائي للأبخرة في الفراغ العالي (**UHV-CVD** (ultra-high vacuum CVD) في هذه الحالة ترسيب طبقات الرقيقة يكون تحت ضغط أقل من  $10^3$  Pa) [21].

و تتميز هذه التقنية بعدة مزايا نذكر منها:

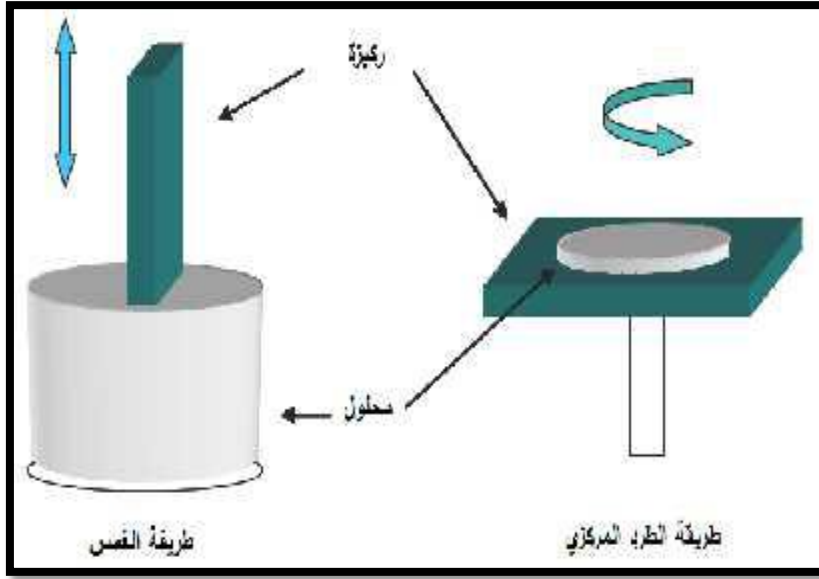
- التمكن من بلورة الطبقات دون اللجوء إلى عملية التلدين
- التحكم في تكوين الطبقة الرقيقة خلال عملية الترسيب.
- تكوين طبقة رقيقة ذات سمك وتركيب متجانس بالإضافة إلى تماسك جيد.

إلا أن لهذه التقنية سلبيات تتمثل في:

- تكوين طبقات رقيقة ملوثة بفعل بقايا المستحضرات الغازية
- درجة حرارة التفاعل عالية جدا في كثير من الأحيان [13].

### 2.2.3.ii تقنية المحلول الهلامي :

عرفت تقنية المحلول الهلامي منذ أكثر من 150 عاما وذلك بفضل أعمال العالم Ebelmen [23], تم تطوير هذه الطريقة بشكل كبير على مدى العقود الثلاثة الماضية، انطلاقا من محلول مكون من المتفاعلات مذابة في كحول في اغلب الأحيان ، يمكن استخدام أسلوبيين لتشكيل الطبقات الرقيقة: إما بواسطة الغمس (غمس الركيزة) أو عن طريق الطرد المركزي (دوران الركيزة)، حيث تعتمد الطريقة الأولى على غمس الركيزة في المحلول حتى تتولد طبقة رقيقة على سطحها. بحيث يتأثر سمك الطبقة الرقيقة بالسرعة العمودية لغمس الركيزة. وتنتج الطبقة الرقيقة في الطريقة الثانية جراء دوران الركيزة حيث يترسب المحلول، ويمكن التعديل في سمك الطبقة وذلك من خلال التحكم في سرعة الدوران، والتسارع وخصائص المحلول. في كلتا الحالتين، تبخر المذيب يكون سريع جدا والخطوة الأخيرة لكلا الطريقتين هي نفسها بحيث يتم المعالجة الحرارية للطبقة لضمان الإزالة الكاملة للمذيب [24].



الشكل (5.II) : رسم تخطيطي يوضح تقنية الترسيب بواسطة غمس و دوران الرقيقة [20].

وتكمن المزايا الأساسية لهذه التقنية في:

- درجة الحرارة المستعملة أثناء عملية تحضير طبقة الرقيقة تكون منخفضة
- التحكم بدقة في العناصر المتفاعلة.
- نقاء الطبقة الرقيقة المتحصل عليها.
- في المقابل يوجد بعض العيوب:
- تعد هذه التقنية معقدة كيميائياً إلى حد ما [25].

#### 4.II تقنية رذاذ (رش) الإنحلال الحراري :

و هي التقنية المتبعة في بحثنا الحالي حيث تعد من الطرق الكيميائية، و قد تطورت في الستينات من القرن الماضي و ذلك بسبب الحاجة الملحة إلى تقنية أقل كلفة، إذ تحضر الأغشية الرقيقة بترسيب محلول المواد على رقيقة ساخنة، و أول من استخدم هذه الطريقة الباحثان (Auger & Holte) عام (1959) إذ قاما بتحضير غشاء من النحاس الأسود على قاعدة من الألمنيوم باستخدامه سطحا انتقائياً.

تتلخص هذه التقنية بأن قطرات دقيقة من المحلول الحاوي على العناصر المرغوبة للمركب في صفة أملاح مذابة تتحلل على قاعدة مسخنة إلى درجة التحلل الكيميائي للمادة باستخدام غاز معين ليبدأ التحلل الكيميائي الحراري على القاعدة [26].

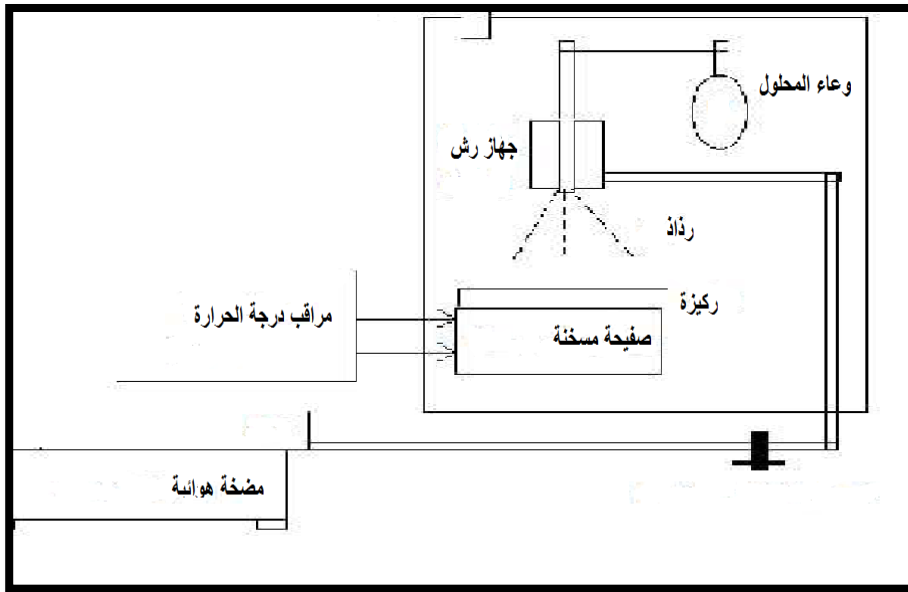
و تتماز هذه التقنية بأمر إيجابية تلخص بما يأتي [27][28][29][30][31]:

- 1 تقنية اقتصادية, كون الأجهزة المستخدمة غير مكلفة.
- 2 يمكن ترسيب الأغشية على مساحة واسعة إذ تكون الأغشية المحضرة ذات التصاقية جيدة و إستقرارية عالية في صفاتها الفيزيائية مع مرور الزمن .
- 3 يمكن تغيير عوامل الترسيب بسهولة للحصول على أغشية بمواصفات منتخبة من حيث الصفات التركيبية و البصرية و الكهربائية و ذلك عن طريق مزج مادتين أو أكثر أو تغيير تراكيز العناصر الداخلة في تركيب الغشاء أو تغيير درجة حرارة القاعدة.

4 يمكن تحضير أغشية لمدى واسع من المواد ذات درجات الإنصهار العالية التي يصعب تحضيرها بطرائق أخرى

أما عيوب هذه التقنية فهي

- 1 - أنها تتطلب الكثير من الجهد و الوقت للحصول على أغشية متجانسة.
- 2 - تستخدم فيها المحاليل الكيميائية فقط , أي لا يمكن ترسيب مسحوق المادة بشكل مباشر أو بإستخدام السبائك.



الشكل (6.II) : مخطط مبسط لتقنية رذاذ الإنحلال الحراري [32].

## 5.11 آلية نمو الطبقات الرقيقة :

تعد البنية المجهرية للطبقات الرقيقة حساسة للغاية للخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة المعنية خلال نموها وكذلك الشروط الفيزيائية لترسيب في كل مرحلة من مراحل تطور الطبقة الرقيقة بحيث تخضع مجمل طرق تركيب الطبقات الرقيقة إلى ثلاث مراحل وهي:

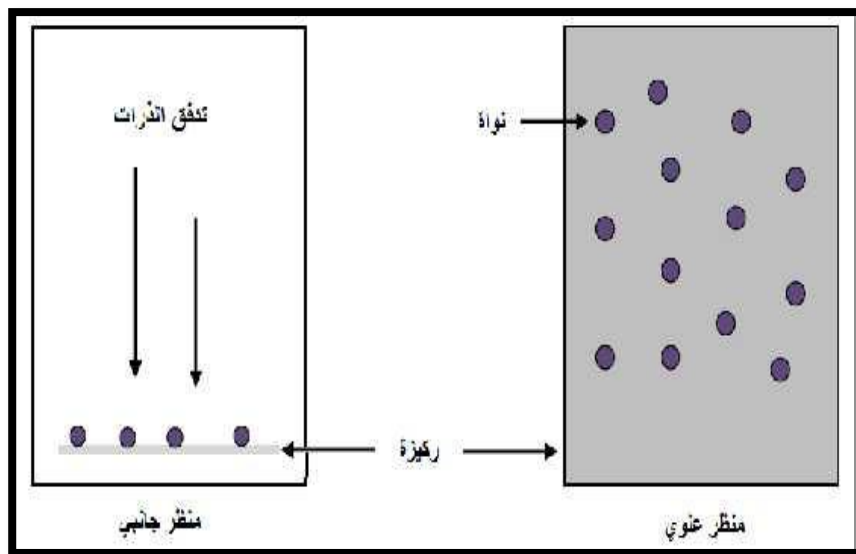
إنتاج الأنواع الأيونية، الجزيئية، الذرية المناسبة.

نقل هذه الأيونات، الجزيئات، الذرات إلى الركيزة.

يتم تكثيف هذه العناصر المنتجة على الركيزة إما بطريقة مباشرة أو عن طريق التفاعل الكيميائي لتشكيل ترسبات على هذه الركيزة. و غالباً ما يحدث في هذه الخطوة الأخيرة المراحل ثلاث الآتية وهي: التنوي، الالتحام و النمو[17].

### • مرحلة التنوي (توضع الذرات) :

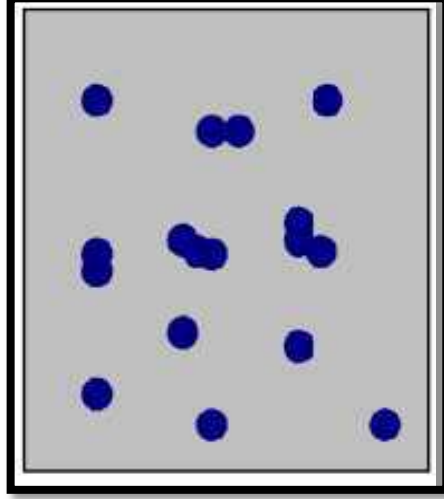
ترافق هذه الظاهرة التغيرات التي تطرأ على حالة المادة و تتمثل هذه التغيرات في نقطة التحول التي تطور حالة المادة إلى بنية فيزيائية أو كيميائية جديدة. تحول هذه المواد إلى رذاذ وترش على سطح الركيزة ويتم تكثيفها فيزيائياً من قبل سطح الركيزة بحيث تتفاعل ذرات هذه المادة مع الركيزة وتشكل ما يعرف بالتجمعات تسمى هذه التجمعات نوى تكون غير مستقرة و تكون نقاط لتجمع الذرات الأخرى لبداية نمو الطبقة [4][17].



الشكل (7.II) : مخطط مرحلة التنوي لتشكيل طبقة رقيقة [33].

• مرحلة الإلتحام :

تتميز هذه المرحلة بالتحام النوى فيما بينها لتشكيل طبقة تغطي تدريجيا الركيزة [4].

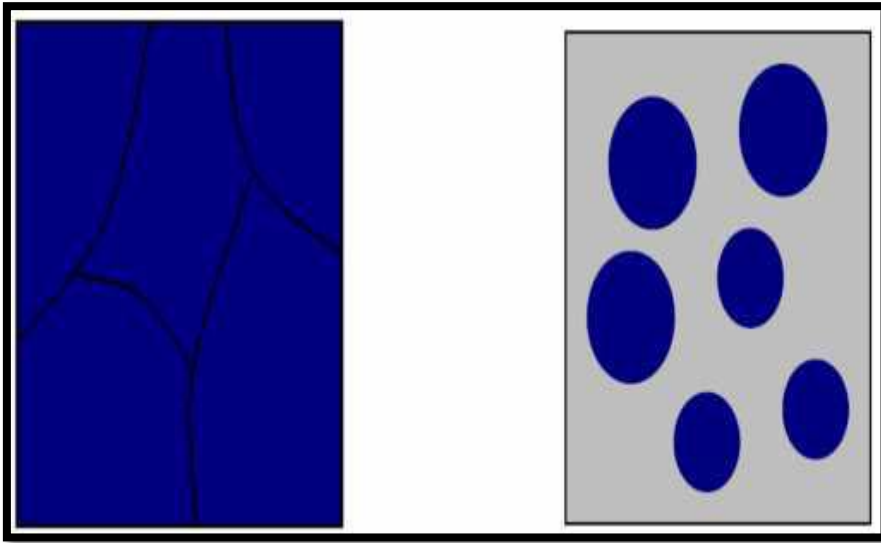


الشكل (8.II) : مخطط يوضح مرحلة الإلتحام بين النوى [33].

• مرحلة النمو :

تعد هذه المرحلة هي الخطوة الأخيرة في عملية تركيب الطبقة الرقيقة كما تعد هذه الظاهرة تكملة لعملية الالتحام بحيث يتم

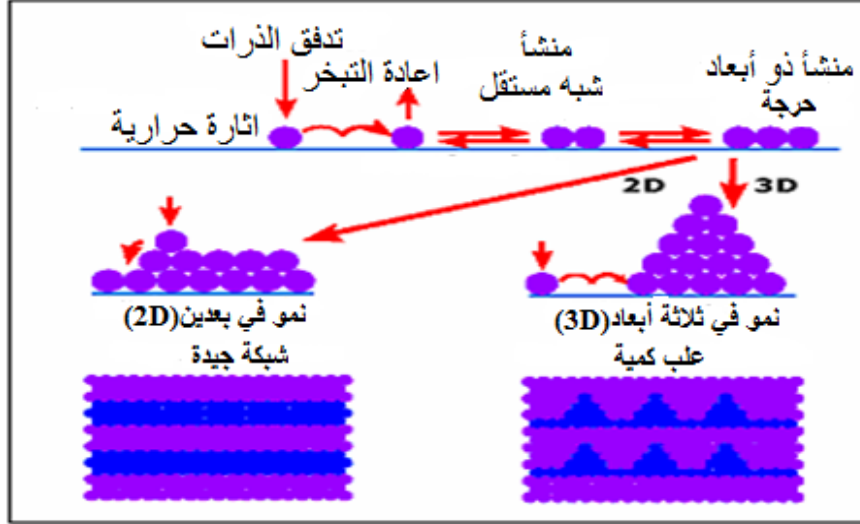
تشكيل طبقة مستمرة وذلك عن طريق ملء الفجوات (الفراغات) وذلك بزيادة درجة حرارة الركيزة [34].



الشكل (9.II) : مخطط مرحلة نمو الطبقات الرقيقة [33].



فقد لوحظ تجريبيا ظهور ثلاثة أنماط لنمو الطبقات الرقيقة وهي : نمط نمو ثنائي الأبعاد ( 2D ) وفي هذا النمط يتم ترسيب الذرات طبقة بعد طبقة على الركيزة ويدعى عادة بنمط Frank-Van der Merwe ثم يليه نمط نمو ثلاثي الأبعاد (3D) وفيه تنمو الطبقات الرقيقة على شكل مجموعات ويسمى نمط Weber-Volmer وأخيرا نمط المختلط و يسمى عادة نمط Stranski-Krastanov وهو عبارة عن مزيج بين النمطين السابقين [35].



الشكل (10.II) : مخطط لمختلف انماط نمو الطبقات الرقيقة [36].

## 6.11 الخلاصة :

هذا الفصل تمحورا حول الطبقات الرقيقة، من حيث مفهومها و مختلف طرق ترسيبها، كذلك أليات نموها، بحيث توضح لنا من خلال هذا العمل أن طرق التوضع عديدة و مختلفة اختلافا جوهريا لكن لا يمكن تفضيل طريقة عن الأخرى بحيث كل منها تمتلك ايجابيات و سلبيات و كل منها مناسبة دون غيرها لترسيب طبقات بميزات معينة، كذلك يرجع استخدام هذه الطرق إلى إمكانية توفيرها و توفير شروط مناسبة لعملها.

## مراجع الفصل الثاني :

- [1] **A.MOUSTAGHFIR** , " *laboration et caractérisation de couches minces d'oxyde de Zinc* ", université BLAISE PASCAL, p19, ( novembre 2004).
- [2] **M. MITSUYA and S. IMAZEKI**, " *Metal coating of organic thin films for thickness measurements by a stylus method* ", Rev. Sci. Instrum, American Institute of Physics ,Vol 61, (1990).
- [3] **F. J. Yusta, M. L. Hitchman, and S. H. Shamlan**, " *CVD Preparation and characterization of tin dioxide films for electro-chemical applications* ", J. Mater, chem, vol 17, p 1421, (1997).
- [4] **A. Rahal**, " *Elaboration des verres conducteurs par dépôt de ZnO sur des verres ordinaires* " Université d' Eloued, (2013).
- [5] Technologie des couches minces  
« [http://pero.wanadoo.fi/michel.hubin/physique/couches/chap\\_cm1](http://pero.wanadoo.fi/michel.hubin/physique/couches/chap_cm1) ».
- [6] ح. منال " دراسة الخصائص البنيوية و الضوئية و الكهربائية لأكسيد القصدير المطعم بالفلور المتوضع بتقنية الأمواج فوق الصوتية " , شهادة الماستر , جامعة الوادي, ص 36 , (2014).
- [7] س. عبيد, " دراسة ثلاثية الابعاد للمقادير الكهربائية في جهاز الرش المهبطي المغنطروني باستعمال طريقة الحجم المنتهية " , جامعة قاصدي مرباح ورقلة , (2012).
- [8] **D. Tainoff**, " *Influence des Défauts sur les Propriétés Optiques et Electroniques de Nanoparticules de ZnO* ", thèse de doctorat, université de Claude Bernard-Lyon 1, (2009).
- [9] **A. Benzagouta**, " *Thèse de doctorat, Effet de la stœchiométrie sur les propriétés structurales, dynamiques et électroniques des systèmes Si-C, étude par la dynamique moléculaire* " , Université de Constantine (2004).

- [10] **J. Jacque Bessot, S. Audisio,** " *Techniques de l'ingénieur; traitement de surface M5,4*, p.1655-1660, (1989).
- [11] **B. J. Lokhande, P.S. Patil, M.D, Uplane,** " *Deposition of highly oriented ZnO films by spray pyrolysis and their structural, optical and electrical characterization* " , Materials Letters, vol.57, p573-579 , (2002).
- [12] **Yan-mei Jiang,** " *Pulvérisation cathodique assistée par ordinateur, Thèse de doctorat* ", Université de Paris-Sud (1992).
- [13] **E. Charef,** " *Détermination des Caractéristiques Optiques des Couches Minces du ZnO Elaborées par Spray Ultrasonique* ". Centre Universitaire d'EL- Oued, (2012).
- [14] **F. khenatcha,** " *étude des couches minces du trioxyde de bismuth  $Bi_2O_3$  élaborées par la technique de pulvérisation chimique* " , ecole normale supérieure de l'enseignement technologique d'oran, (2011).
- [15] **S. Tricot,** " *Comparaison des procédés d'ablation par faisceau laser et par faisceau d'électrons pour la croissance de couches minces* ", Thèse de Doctorat, université d'orléans, (2008).
- [16] **L. Baghriche,** " *Elaboration et Caractérisation des Couches Minces d'Oxyde de Zinc Obtenues par Pulvérisation Réactive et Spray Ultrasonique* ", Mémoire de magister, Université de Constantine, (2006).
- [17] **I. Guesmi,** " *Dépôt de couches minces de cuivre sur substrats polymère de formes complexes par pulvérisation cathodique magnétron avec ionisation de la vapeur* ", thèse de doctorat, Université Paris Sud – XI.
- [18] **A. Moustaghfir,** " *Élaboration et caractérisation de couches minces d'oxyde de zinc* ", Université Blaise Pascal, novembre, (2004).
- [19] **A. Hafdallah,** " *Etude du Dopage des Couches Minces de ZnO Elaborées par Spray Ultrasonique* ", thème de magister, université de Constantine,( 2007).

- [20] **S. Menakh**, " *Contribution à l'Etude des Propriétés de Films ZnO* ", thème de magister, université de Constantine, (2010).
- [21] **L. B. Freund, S. Suresh**, " *Thin Film Materials: Stress, Defect Formation and Surface Evolution Cambridge* ", University, (2003).
- [22] **L. Bornstein**, " *Semiconductor quantum structures. Subvolume C; optical properties* ", part3 Vol 34. Springer.
- [23] **W. Hamd**, " *Elaboration par voie sol-gel et étude microstructurale de gels et de couches minces de SnO<sub>2</sub>* ", thèse de doctorat, Université de limoges, (2009).
- [24] **J. Garnier**, " *Elaboration de Couches Minces d'Oxydes Transparents et Conducteurs par Spray CVD Assisté par Radiation Infrarouge pour Applications Photovoltaïques* ", thèse de doctorat, l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, (2009).
- [25] **H. Benelmadjat**, " *Elaboration et Caractérisation de Matériaux Cristallins ou Amorphes Pures et Dopés* ", thèse de doctorat, université de Constantine, (2011).
- [26] **Ni<sub>(1-x)Zn<sub>x</sub>O</sub>** " , شهادة ماجستير , " المحاضرة بطريقة التحليل الكيميائي الحراري " , دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية جامعة ديالى العراق , ص 56 , (2011).
- [27] **D. Franta, and B. N. Scu**, " *Optical properties of NiO thin films prepared by pulsed Laser deposition technique* ", Journal of applied surface science, vol.244, no. 1, p.426, (2005).
- [28] **T. T. John, K. P. Vijayakumar, C. S. Kartha , Y. Kashiwaba and T. Abe**, " *Effect of variation of Indium on structural and optical properties of Indium Sulfide thin films* ", IEE Explore, vol. 32, no. 9, P. 155-157, (2009).
- [29] **T. T. John, M. Mathew, C. S. Kartha , and K. P. V. jayakumar**, " *Spray pyrolyzed β-In<sub>2</sub>S<sub>3</sub> thin films :Effect of postdeposition annealing Vacuum* ", Journal of Theoretical and Applied physics, vol. 80, no. 20, P. 870, (2006).
- [30] **خ. داود مجيد**, " دراسة الخواص التركيبية و البصرية لأغشية الرقيقة المطعمة بالنحاس " رسالة ماجستير , جامعة بغداد, (2006).
- [31] **K. L. Chopra**, " *Thin Film Phenomena* ", Mc. Graw-Hill, New York, (1985).

- [32] **M. Youcef**, " *Elaboration de l'oxide de fer et determination spectroscopique des ses grandeur physiques*" thèse de doctorat, Université El'oued, (2016).
- [33] **O. DARANFAD** , "*élaboration et caractérisation des couches minces de sulfure de zinc préparées par spray ultrasonique*", Mémoire de magister, Université de Constantine , p. 14-24 , (2010).
- [34] [www.cefi.org/fraDESS.old/dess\\_265.html](http://www.cefi.org/fraDESS.old/dess_265.html).
- [35] **M. Guth**," *Propriétés de transport de jonction tunnels magnétique utilisant un composé II-VI de ZnS Comme barrière tunnel*", thèse de doctorat, Université Louis Pasteur de Strasbourg,( 2003).
- [36] **H.J. Mathieu, E. Bergmann, R. Gras**," *Traité des matériaux 4. Analyse et Technologie des surfaces*", Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne (2003) 1ère édition.

## الفصل الثالث

# طرق المعاينة و التركيب التجريبي

### III. طرق المعاينة و التركيبي التجريبي :

#### تمهيد :

خلال هذا الفصل سنشرح في الجزء العملي من هذا الموضوع حيث سنقسم الفصل إلى قسمين, في القسم الأول من العمل سنتعرف على طرق المعاينة التي من خلالها سنتوصل لنتائج حول الخواص الضوئية و البنيوية المميزة للطبقات الرقيقة بحيث تمكننا هذه الخواص من مراقبة نوعية الأفلام المرسبة وكذلك تحسين أو الحصول على ظروف الترسيب المناسبة مثل درجة حرارة الترسيب, وقت الترسيب ... , أما القسم الثاني هو شرح لطريقة الترسيب المتبعة في إنتاج الطبقات الرقيقة للدراسة.

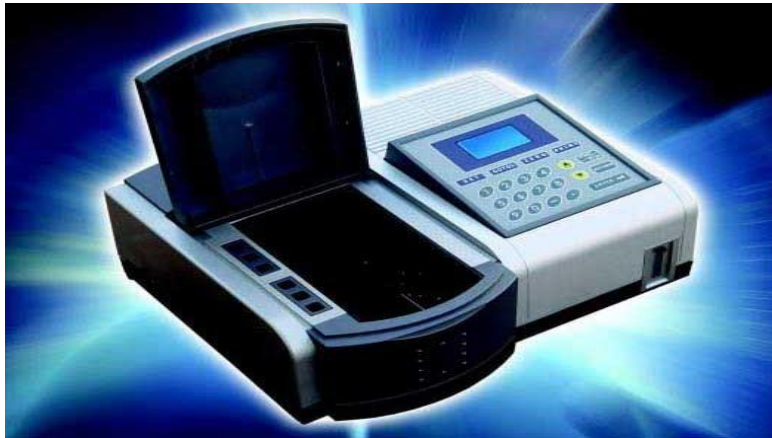
### 1.III طرق المعاينة :

تهدف في هذا الجزء إلى التعرف على مختلف طرق المعاينة المستخدمة في تحديد البنية و الخواص الضوئية للأفلام المرسبة, و لهذا الغرض وضعت مجموعة مختلفة من الطرق لتحديد هذه الخصائص نذكر منها :

#### 1.1.III طرق تحديد الخصائص الضوئية :

##### 1.1.1.III مطيافية الأشعة فوق البنفسجية – المرئية (UV-Visible) :

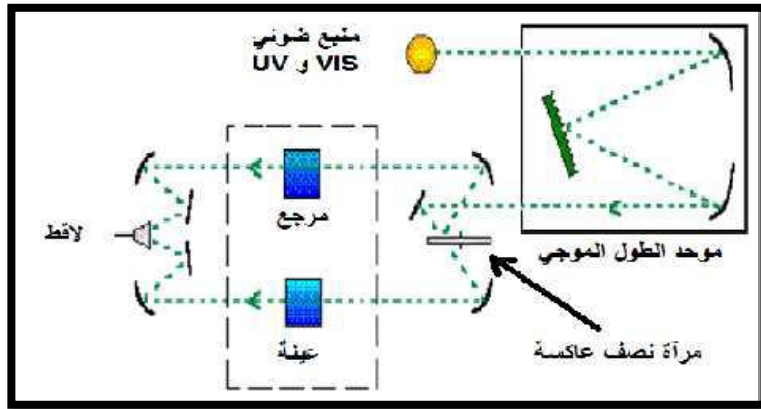
يقسم الطيف الضوئي لمجالات و هذا تبعاً لأطوال الأمواج بحيث يوجد أطوال أمواج تفصل بين مختلف المجالات الطيفية, و في هذه الدراسة نستخدم تقنية قياس الطيف الضوئي في مجال الأشعة فوق البنفسجية و في المجال المرئي , بحيث تعتبر تقنية لتحديد الخصائص الضوئية مثل الامتصاص و النفاذية الضوئية , تقدير الفجوة الضوئية و سمك الطبقات.



الشكل (1.III) : صورة لمطياف الأشعة فوق البنفسجية [1].

ويعتمد مبدأ هذه التقنية على تفاعل الضوء مع العينة المراد تحليلها بحيث جزء من الشعاع الساقط يمتص أو ينفذ عبر العينة, عندما تمتص المادة الضوء في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية فإن الطاقة الممتصة تسبب اضطرابات في البنية الإلكترونية للطبقة الرقيقة مما ينتج عنها انتقال للإلكترونات من مستوى طاقي أقل إلى مستوى طاقي أعلى, حيث تقع هذه التحولات الإلكترونية في المجال المرئي (350-800nm) والأشعة فوق البنفسجية بين 350nm- (200) [2][3].

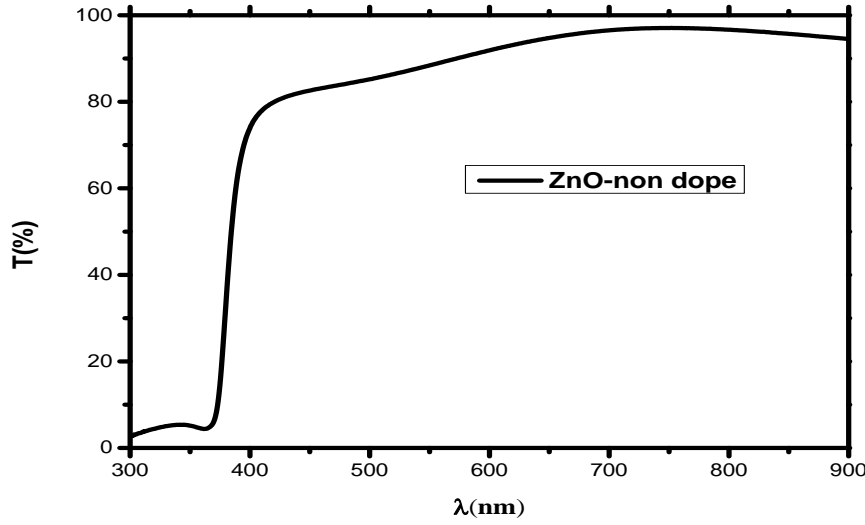
لهذا الغرض نستخدم جهاز مطياف ضوئي (Spectrophotometre) مزودج الحزمة نوع UV-1800, مبدأ عمله يعتمد على مصدر ضوء مكون من مصباحين (التنغستين و الديتريوم) كما هو مبين في الشكل (2.III) بحيث يمكن هذا الجهاز من رسم منحنيات تغير النفاذية الضوئية (و هي النسبة بين شدة الضوء المار خلال العينة إلى شدة الضوء الوارد [4]) وفقا لطول الموجة في المجال فوق البنفسجي و المجال المرئي.



الشكل (2.III): رسم توضيحي لجهاز التحليل الطيفي ثنائي الحزمة [5].

بحيث تمر حزمة الضوء الناتجة عبر موحد للطول الموجي وهذا من أجل تحديد هذا الأخير, بعد عملية معالجة الموجة بموحد الطول الموجي تنتج حزمة فوتونات في كل مرة لها طول موجي معين فتوجه هذه الحزمة نحو مرآة نصف عاكسة لتقسم حزمة الفوتونات إلى حزمتين واحدة تمر عبر العينة ( زجاج مرسب عليه طبقة من المادة ) والأخرى تمر عبر مرجع يكون عادة منالزجاج(يستخدم الزجاج لأنه لا يمتص الضوء في المجال الطيفي) , بعد ذلك توجه الحزمتان نحو الكاشف لمقارنة النتائج ورسمها [6][7]





الشكل(3.III) : طيف النفاذية لـ ZnO الغير مطعم بدلالة الطول الموجي (عملنا).

### 2.1.1.III تحديد معامل الإمتصاص :

يمكننا طيف النفاذية من تحديد معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) وكذلك معامل الإخماد ( $K$ ) للطبقات الرقيقة و ذلك باستخدام

علاقة Bouguer-Lambert-Beer أو ما يسمى بقانون Beer و الذي يعطى كآلاتي [7].

$$T = \exp(-\alpha \cdot d) \quad (1.III)$$

في حالة أخذنا النفاذية  $T(\%)$  هذا يعني أن معامل الامتصاص ينتج بالشكل :

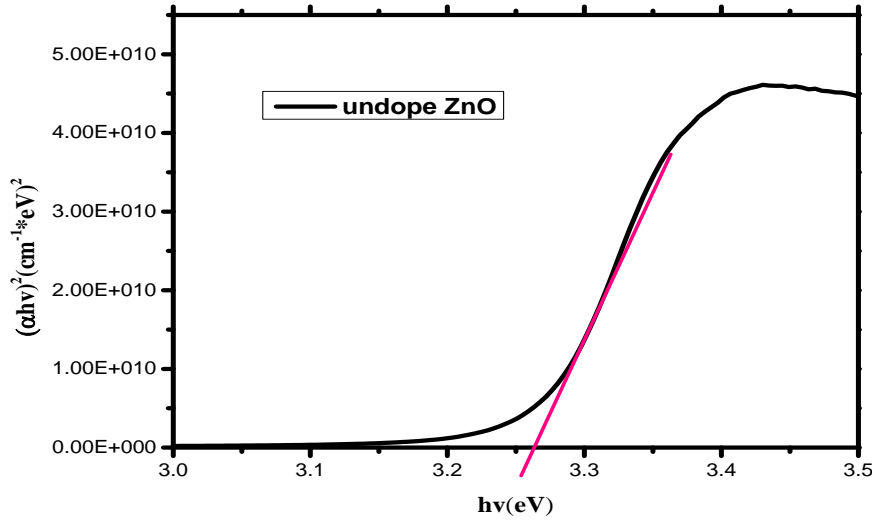
$$\alpha \text{ (cm}^{-1}\text{)} = \frac{1}{d} \cdot \ln\left(\frac{100}{T(\%)}\right) \quad (2.III)$$

هذا يعني أنه بمعرفة سمك الطبقات  $d$  يمكن تحديد قيمة معامل الامتصاص عند كل قيمة للنفاذية [8].

### 3.1.1.III تحديد عرض الفاصل الطاقي :

عند كل قيمة للنفاذية و التي توافق طاقة ( $h\nu$ ) عبر كامل مجال الطول الموجي للجهاز, نستطيع رسم تغيرات  $(\alpha h\nu)^2$

بدلالة طاقة الفوتون  $h\nu$  فينتج بيان كما بالشكل ( المنحنى خاص بطبقة ZnO غير المطعمة):



الشكل (4.III) : منحنى تغيرات  $(\alpha hv)^2$  بدلالة تغير طاقة الفوتونات  $hv$  (عملنا).

بمجال الامتصاص العالي يشير إلى وجود فاصل طاقي مباشرة , يعبر في هذه الحالة عن  $(\alpha)$  بدلالة الفاصل الطاقي  $(E_g)$  بالعلاقة التالية [9][10].

$$(\alpha hv)^2 = B(hv - E_g) \quad (3.III)$$

تقاطع الخط الرقيق مع محور الفواصل أي  $(\alpha^2 = 0)$  يعطي قيمة  $E_g$  : حيث : B ثابت و  $E_g$  يحدد عتبة الامتصاص [11].

### 4.1.1.III تحديد طاقة أورباخ :

مقدار آخر مهم يميز اضطراب المادة يتمثل في طاقة أورباخ, ووفقا لقانون أورباخ يعبر عن معامل الامتصاص كالتالي [12] :

$$\alpha = \alpha_o \exp\left(\frac{hv}{E_{oo}}\right) \quad (4.III)$$

حيث :  $\alpha_o$  : معامل الامتصاص الذي من أجله تكون قيمة الامتصاص دنيا.

$E_{oo}$  : طاقة أورباخ.

$h$  : ثابت بلانك و  $v$  : تردد الضوء.

نرسم البيان  $\ln \alpha$  بدلالة  $hv$ , و بالتالي يمكن تحديد قيمة طاقة أورباخ  $E_{oo}$  [12].

$$\ln \alpha = \ln \alpha_o + \frac{hv}{E_{oo}} \quad (5.III)$$

و هذا عن طريق حساب ميل المنحنى  $(\frac{1}{E_{oo}})$  الناتج.

### 2.1.III سمك الطبقات المرسبة :

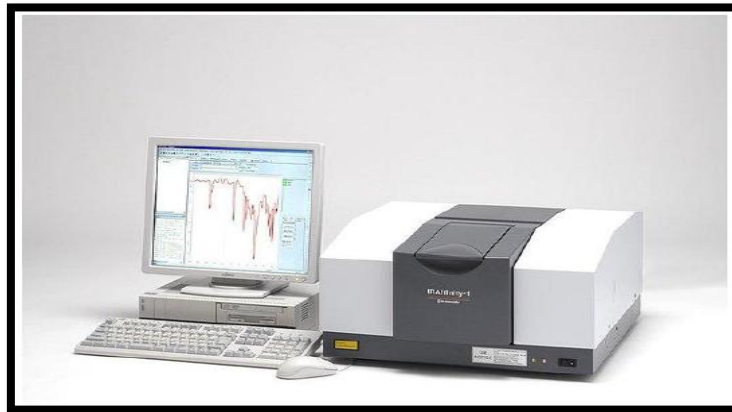
من خلال برنامج Hebal optic لجهاز الكومبيوتر يمكننا حساب سمك الطبقات الرقيقة, و ذلك من خلال إعطائه المعطيات اللازمة من خلال مطيافية UV-visible يقوم بالحساب مباشرة.

### 3.1.III طرق تحديد الخصائص البنيوية :

#### 1.3.1.III مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR) :

لا تكفي طاقة الإشعاع تحت الأحمر ( $20-14000 \text{ cm}^{-1}$ ) لإحداث إثارة إلكترونية في معظم المواد, إلا أنها كافية لإحداث اهتزازات امتطاط و انثناء (stretching and bending vibrations) في الروابط. جميع أنواع الروابط تستجيب لهذا المقدار من الطاقة لتحداث فيها اهتزازات من هذا القبيل, لذلك تمتص في منطقة تحت الأحمر بشرط أن يؤدي الإمتصاص إلى تغير في العزم القطبي, و هذه الاهتزازات مكماة, و حدوثها يعني أن المركب يمتص طاقة تحت الحمراء في جزء معين من الطيف, بحيث طاقة الإشعاع تحت الأحمر تكفي لإحداث عدة أنواع من الاهتزازات من بينها:

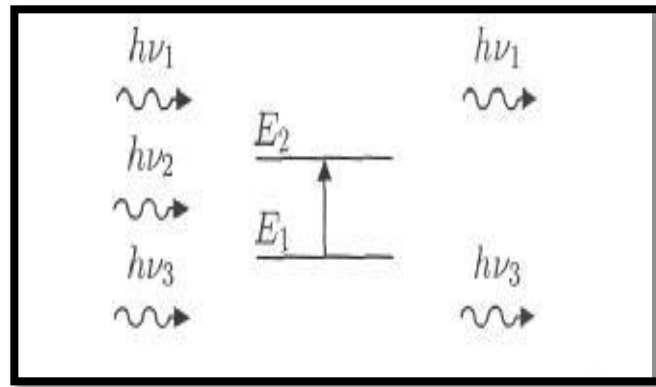
- اهتزازات امتطاط: و يشكل التغير الدوري في المسافة بين الذرات على طول الرابطة.
- اهتزازات التشوه: وفيها يتم التغير في الزوايا بين الروابط.



الشكل(III.5) : صورة لمطياف الأشعة تحت الحمراء FT- IR [13].

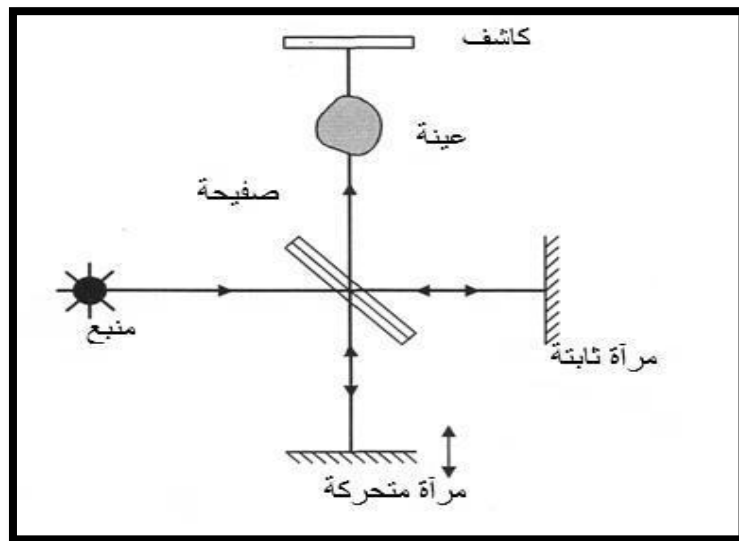
### III.1.3.2 مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء :

هنا يبين الشكل (III.6) أنه فقط الفوتون الذي تكون طاقته  $h\nu$  مساوية لطاقة الانتقال ( $E_2-E_1$ ) هو الذي يمتص و تحول طاقته إلى طاقة اهتزاز [14].



الشكل (III.6) : امتصاص الأشعة تحت الحمراء [15].

أما الشكل (III.7) يبين مبدأ عمل مطيافية الأشعة تحت الحمراء



الشكل(III.7) : مخطط مختصر لمطيافية الأشعة تحت الحمراء [15].

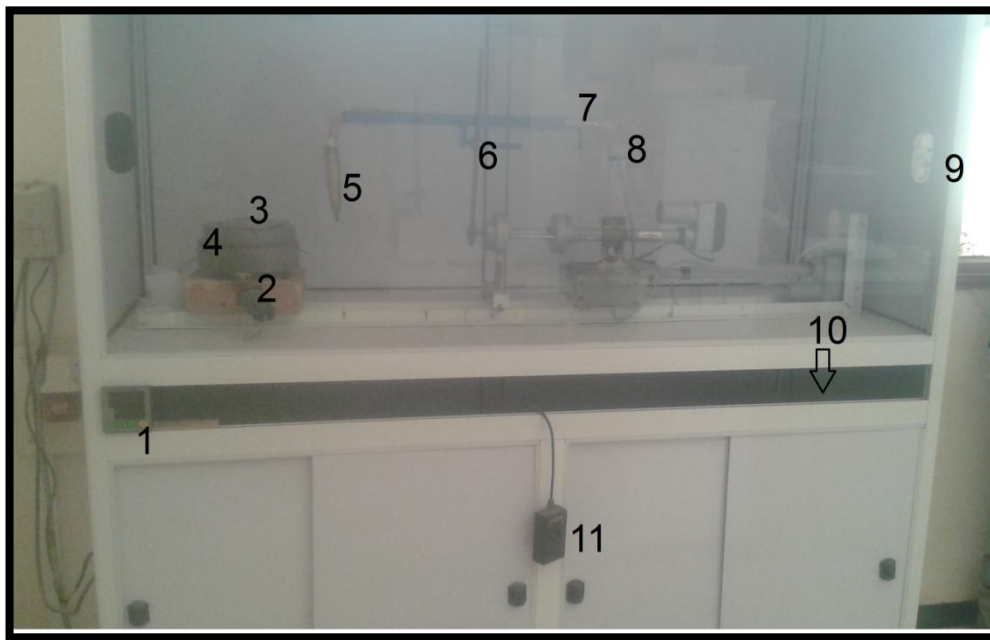
مصدر الضوء متعدد الألوان. تقسم الحزمة الضوئية إلى نصفين. توجه كل حزمة باستخدام مرايا إلى العينة. يمكن لواحدة من بين المرايا لأن تتحرك حتى تسمح بالحصول على المنحى, أي إشارة تمثل أهداب التداخل المتحصل عليها انطلاقاً من وجود فرق مسير الحزمة الضوئية, في مركز المنحى يوجد كاشف (عادة يكون حرارياً) يقوم بقياس شدة الإشارة بدلالة إنتقال المرآة فنتحصل على إشارة مأخوذة عن العينات. نقوم بجعل هذه الإشارة رقمية, ثم يتم حساب تحويل فوري للحصول على طيف الأشعة تحت الحمراء [14].

### 2. III نظام الترسيب بتقنية رذاذ الإنحلال الحراري :

#### 1.2. III التركيب التجريبي :

تم إنجاز التركيب التجريبي لتقنية رذاذ الإنحلال الحراري في مختبر تامين الموارد التكنولوجية الصحراوية (VTRS) بجامعة الوادي.

تم تحقيق هذا التركيب من عناصر بسيطة التي أدخل عليها بعض التحسينات بهدف ضمان توزيع متجانس لدرجة الحرارة المسخن. بالتالي نضمن منح الركيزة درجة الحرارة اللازمة لتنشيط التفاعل الكيميائي الحادث, أيضا التحكم في تدفق المحلول المرسب للحصول على طبقات رقيقة متجانسة من أكسيد الزنك ZnO وذات التصاق جيد بالركيزة .



الشكل (8. III) : التركيب المستخدم لتحضير الطبقات (تقنية رذاذ الإنحلال الحراري)

الجدول (1.III) : جدول مجوي تسميات عناصر الشكل (8.III)

الرقم	تسمية العنصر
1	آلة تحكم في درجة الحرارة
2	سخان كهربائي
3	ركيزة مسخنة
4	مزدوجة حرارية
5	جهاز الرش (بخاخة)
6	حامل جهاز الرش
7	أنبوبة كوارتز
8	حامل المحلول
9	غرفة الترسيب (غرفة التفاعل)
10	مضخة هوائية
11	آلة تحكم في المضخة

### 2.2.III وصف و دور عناصر التركيبي التجريبي :

في هذه الفقرة سنتعرف على النظام المستخدم الذي يتألف من عدة أجهزة بسيطة, معظمها مصنع محليا, أهمها :

#### • السخان الكهربائي :

يستخدم السخان الكهربائي لرفع درجة حرارة الركيزة الزجاجية إلى درجة حرارية معينة, و السخان المستخدم هو من صنع محلي و يمكن التحكم بدرجة حرارته عن طريق منظومة إلكترونية, و من الجدير بالذكر أن الركيزة الزجاجية يجب أن توضع على السخان الكهربائي قبل تشغيله, إذ إن وضعت على السخان الكهربائي و هو ساخن يؤدي إلى كسرها, و يعود السبب في ذلك إلى الفرق بين درجات الحرارة لكل من السخان الكهربائي و الركيزة الزجاجية [16].

مضخة الهواء :

و هي تحتوي على منظم التحكم بضغط الهواء المندفع إلى الغرفة الزجاجية لجهاز الرش الذي يكون متصلا بها بواسطة أنبوبة مطاطية عن طريق فتحتها الجانبية, إذ أن ضغط الهواء المندفع إلى الغرفة الزجاجية و الذي يخرج من الفتحة السفلى التي تحيط بفتحة الأنبوبة الشعرية يعمل على جعل قطرات المحلول المتدفق من الأنبوبة الشعرية بشكل رذاذ [16].

•المزدوجة الحرارية :

و هي تكون موضوعة على سطح السخان الكهربائي و متصلة من الجهة الأخرى بمنظومة إلكترونية ذات عداد رقمي (Digital) يبين درجة حرارة السخان الكهربائي مقدرة بالدرجة المئوية و تتحكم المنظومة الإلكترونية بدرجة حرارة السخان الكهربائي عند درجة الحرارة المطلوبة [16].

•جهاز الرش :

و هو عبارة عن جهاز يكون مفتوح من الأعلى بفتحة قطرها (20mm) و المسافة بين فوهته و الركيزة الزجاجية هي (15cm) و يكون موصول بأنبوبة كوارتز التي توصل له محلول المادة المراد رشها [16].

•حامل جهاز الرش :

يستخدم الحامل المعدني لتثبيت جهاز الرش بواسطة ماسك قابل للحركة صعودا و نزولا و كذلك يمينا و يسارا, و الذي يساعد على وضع جهاز الرش بصورة عمودية و بإرتفاع معين عن سطح السخان الكهربائي [16].

•غرفة الترسيب :

يوضع داخلها المسخن و جهاز الرش...و يحافظ على حماية التفاعل أثناء الترسيب بالإضافة إلى حماية المخبري من خلال إخراج الأبخرة المتطايرة نحو الخارج.

•ألة التحكم في درجة الحرارة :

تعمل على الحفاظ على درجة الحرارة المختارة على سطح الركيزة.

### 3.111 الخلاصة :

فحوى الدراسة في هذا الفصل كانت حول طرق المعاينة, ومن بين هذه الطرق التي اعتمدت على تحديد أغلب خصائص هذه الطبقات كانت تحليل الأشعة فوق البنفسجية لتبيين الثوابت المتعلقة بالخصائص الضوئية, مطيافية الأشعة تحت الحمراء لتعيين الروابط الإهتزازية, كما تطرقنا إلى التقنية المستعملة في عملنا وذكرنا وظائف عناصرها.



## مراجع الفصل الثالث :

- [1] **M. Balkanski, R. F. Wallis,** " *Semiconductor physics and applications* ", 1<sup>st</sup> published (oxford), New York, (2000).
- [2] **H. Villavicencio Garcia, M. Hernandez Vélez, O. Sanchez Garrido, J. M. Martinez Duart, J. Jiménez,** " *CdS doped-MOR type zeolite characterization* " ,Solid State Electronics, Vol. 43,N.6, p. 1171-1175, (1999).
- [3] **G. Huertas,** " *Etude de Nouveaux Matériaux D'électrode Positive et d'électrolyte Solide Vitreux Sous Forme de Couches minces pour des Couches Minces Microbatteries au Lithium* " , Thèse de doctorat, université de Bordeaux,( 2006).
- [4] **R. JURGEN, M. ARENDT** , " *Introduction to classical and Mdern optics* " , Fourth Edition, published by Prentice-Hall, Inc, (1995).
- [5] **F. HADJERSI** , " *Investigation des propriétés structurales, optiques et électriques des films ITO élaborés par pulvérisation cathodique RF; Effèt du recuit* " , Université Ferhat Abbas de Sétif, (2011).
- [6] **Frank A. Settle, Prentice Hall,** " Handbook of instrumental techniques for analytical chemistry " , U.S.A,( 1997).
- [7] **R. JURGEN, MEYER-ARENDT,** " *Introduction to Classical and Modern Optics* " , Fourth edition, Published by Prentice-Hall Inc, (1995).
- [8] **D. MENCARAGLIA,** " *Influence de l'hydrogène sur les propriétés de transport électronique, la densité et la cinétique des états profonds dans le silicium amorphe élaboré par pulvérisation cathodique* " , Institut de recherche et développement sur l'énergie photovoltaïque, Thèse de doctorat d'état, parisVI , (1987).

- [9] **T. GUNGOR** , **H. TOLUNAY**, "*Drift mobility measurements in a-SiNx:H* ", Journal of Non- Crystalline Solids, vol 282 , p197–202, (2001).
- [10] **T. GUNGOR** , **H. TOLUNAY**, "*Effècts of Substrate Temperature on Properties of a-SiNx :H Films* " , Turk J Phys, vol 26, p 269 – 275, (2002).
- [11] **G.D. CODY**, "*Urbach edge of crystalline and amorphous silicon: a personal review* " , Journal of Non-Crystalline Solids , vol 141 , p 3–15 , (1992).
- [12] **A. Rahal**, "*Elaboration des verres conducteurs par dèposition de ZnO sur des verres ordinaries* " , Mémoire de Magster, Université d' Eloued, (2013).
- [13] **ح. مسعود**, " تحديد الخصائص البصرية لطبقات رقيقة لأكسيد القصدير المطعم بالفلور المحضرة بطريقة الرش الفوق الصوتي " , شهادة ماجستير , ص. 17 , (2014).
- [14] **V. Maget**, "*Développement de méthodes de traitement de signaux spectroscopiques: estimation de linge de base et du spectre de raie* " , Univ Henri Poicré Nancy 1 p. 20–21, (2005).
- [15] **ب. سميحة**, " دراسة التركيب الجزئي لرميل كئبان منطقة ورقلة باستخدام مطيافية الامتصاص ما تحت الأحمر و حيود الأشعة السينية " , شهادة ماجستير , ص. 13 , (2012).
- [16] **ص ردينة**, " دراسة الخصائص التركيبية و البصرية لأغشية  $Ni_{(1-x)}Zn_xO$  المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري " , شهادة ماجستير , جامعة ديالى العراق , ص 56 , (2011).

# الفصل الرابع

## تُحضير الطبقات و تحديد خصائصها

## 1.IV. تحضير الطبقات الرقيقة و تحديد خصائصها :

### تمهيد :

تعتمد خصائص الطبقات الرقيقة على اختيار المواد التي تدخل في تحضيرها , وعلى التقنية المستعملة في ترسيب هذه المواد بالإضافة إلى الطرق الملائمة لتحديد خصائصها, وذلك من أجل إعطاء فكرة على المجالات الصناعية المتاحة لهذه الطبقات. وعلى هذا الأساس سوف نتناول في هذا الفصل تحضير الطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك الذاتي والمطعم بطريقة رذاذ الإنحلال الحراري, ثم دراستها بواسطة طرق تسمح بتحديد خصائصها الضوئية والبنوية.

## 1.IV. اختيار المواد الكيميائية لترسيب طبقة ZnO و تطعيمها ب Ni أي ( ZnO : Ni ):

### 1.1.IV. اختيار المتفاعلات لتحضير طبقة رقيقة من ZnO :

نحضر أولاً أكسيد الزنك لترسيبه كطبقة رقيقة انطلاقاً من مركب أستات الزنك ( $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ) للقيام بالعمل التجريبي, حيث تتم إذابة أستات الزنك في مزيج من الميثانول و الماء المقطر (  $\frac{1}{2}$  ماء و  $\frac{1}{2}$  ميثانول), للحصول على محلول بتركيز 0.5 مولاري من أستات الزنك يكون هذا المحلول غني بشوارد  $Zn^+$  و ذلك حسب متطلبات التجربة.



الشكل (1.IV) : صورة لمركب أستات الزنك المستعمل في التجربة.

#### 2.1.IV اختيار مادة التطعيم لطبقة أكسيد الزنك :

يمكن تطعيم طبقة أكسيد الزنك بعدد كبير من العناصر مثل Fe, F, Ni, Al... في هذا العمل سنختار عنصر النيكل

Ni كمادة للتطعيم و يمكن توفيرها من مركب  $(Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O)$  الموجودة على مستوى المخبر VTRS .



الشكل (2.IV) : صورة لمركب النيكل المستعمل في التجربة.

#### 2.IV طريقة تحضير الطبقات الرقيقة :

##### 1.2.IV الإجراءات المتبعة لترسيب طبقة ZnO :

توضع الركيزة في الصفيحة المسخنة و الموصولة بمنظم درجة الحرارة, ترتفع درجة حرارة الصفيحة تدريجيا انطلاقا من درجة حرارة

الغرفة وصولا لدرجة الحرارة المحددة و هذا لتجنب تأثير الركيزة بالتغير المفاجئ لدرجة الحرارة, عند الوصول لدرجة الحرارة المرغوبة

يثبت تدفق المحلول, ثم تشغل مضخة الهواء, فتبدأ عملية رش المحلول على الركيزة الساخنة و هذا ما يسمح بتنشيط التفاعل

الكيميائي بين المركبات.

يتبخر المذيب نتيجة درجة الحرارة العالية و تشكل طبقة على سطح الركيزة, وهذا تبعا لوقت الترسيب المختار, تخرج الركيزة و

ترك بضع دقائق في درجة الحرارة العادية لتمكين اكتمال تشكل الطبقة (التبلور) لنحصل في الأخير على طبقة رقيقة [1].

##### 2.2.IV الشروط التجريبية لتحضير طبقة ZnO :

خلال هذا العمل يوجد مجموعة من الشروط يجب ضبطها من أجل الحصول على طبقات ZnO ذات نوعية جيدة هذه

الشروط التجريبية هي :

- تثبت درجة حرارة الركيزة في حدود  $375^{\circ}\text{C}$  ؛
- في المحلول المستخدم يكون مصدر الزنك هو أسيتات الزنك؛
- تثبت مدة الترسيب بزمن قدره 8 دقائق (12alleé reteur) في دراستنا هذه؛
- تدفق المحلول (6-5 ml/min) ؛
- حجم المحلول الابتدائي 20ml ؛
- تركيز المحلول يكون 0.5M ؛

من خلال التركيز المولاري و الحجم يمكننا تحديد الكتلة المستخدمة من أساتات الزنك ( $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) و لدينا الكتلة المولية لأساتات الزنك: 219.34 غرام /مول

$$m = MCV \quad (1.IV)$$

بعد الحساب نجد أن الكتلة اللازمة من أساتات الزنك هي: 2.1934 غرام للحصول على المحلول المطلوب, و منه كتلة الزنك

الموجودة في المحلول هي: 0.655 غرام, لحساب الأوزان اللازمة من النيكل من أجل التطعيم نستخدم العلاقة (2.IV) :

$$\frac{m_{Ni}}{m_{Zn}} = wt \% \quad (2.IV)$$

نحسب بعدها كتلة ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) اللازمة من خلال العلاقة (3.IV) [2]

$$\frac{m_{Ni}}{m_{ni}} = \frac{M_{Ni}}{M_{ni}} \quad (3.IV)$$

حيث : ni هي اختصار ل ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )

نتائج الحسابات موضحة في الجدول (1.IV) من أجل الحصول على نسب التطعيم الكتلية التالية : , 1% , 0% , wt% . 2% , 3% , 4% , 5% .

الجدول (1.IV) : جدول يعرض نتائج حسابات الكتل اللازمة للتطعيم عند  $375^{\circ}\text{C}$ .

wt%	0	1	2	3	4	5
$m_{Ni}(\text{g})$	0	0.00655	0.0131	0.01965	0.0262	0.03275
$m_{ni}(\text{g})$	0	0.0324	0.0649	0.0972	0.1296	0.162

### 3.2.IV اختيار الركيزة و تحضيرها :

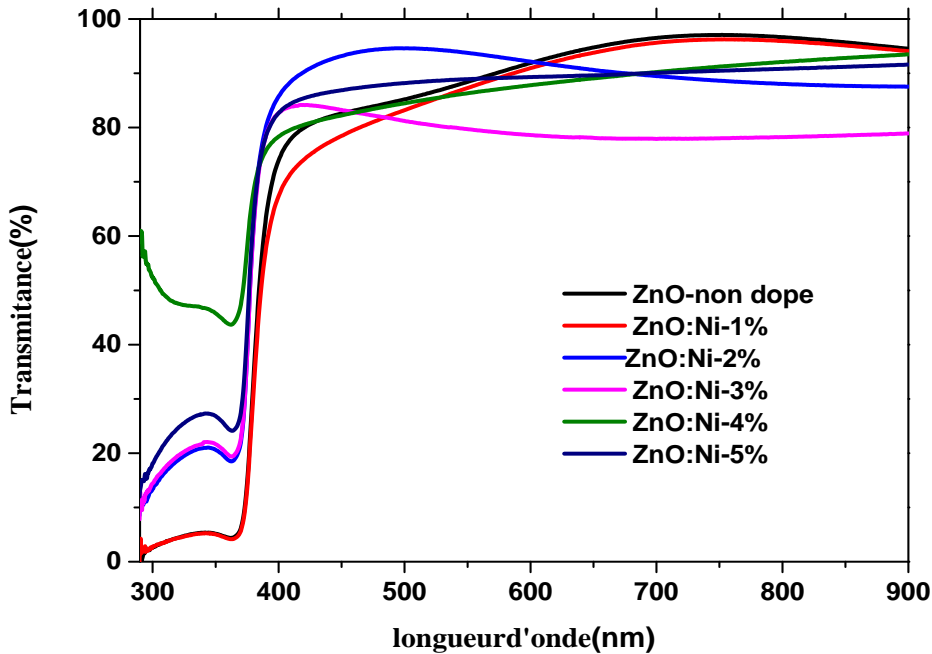
يعد اختيار نوعية الركيزة من بين العوامل التي تساهم في نجاح عملية ترسيب المحلول على شكل طبقات رقيقة , بحيث اعتمدنا في دراستنا هذه على استخدام ركائز زجاجية في تحقيق هذه الطبقات. و ذلك إلى وفرة الزجاج وتكلفته المنخفضة, كما يحافظ على الخصائص الضوئية للطبقة الرقيقة لكونه يمتلك شفافية عالية في المجال المرئي.

### 3.IV تحديد خصائص الطبقات الرقيقة :

قمنا بتحضير ستة طبقات رقيقة من أكسيد الزنك, الأولى نقية و الخمسة المتبقية مطعمة بالنيكل بنسب مختلفة و هذا لدراسة تأثير تركيز التطعيم على الخصائص الضوئية و البنيوية لطبقات أكسيد الزنك, ثم نوجهها إلى مرحلة تحديد الخصائص.

### 1.3.IV الخصائص الضوئية :

لمعرفة تأثير التطعيم بالنيكل على النفاذية الضوئية لطبقات أكسيد الزنك نستخدم الشكل (3.IV) الذي يمثل طيف النفاذية بدلالة الطول الموجي للطبقة النقية و الطبقات المطعمة.

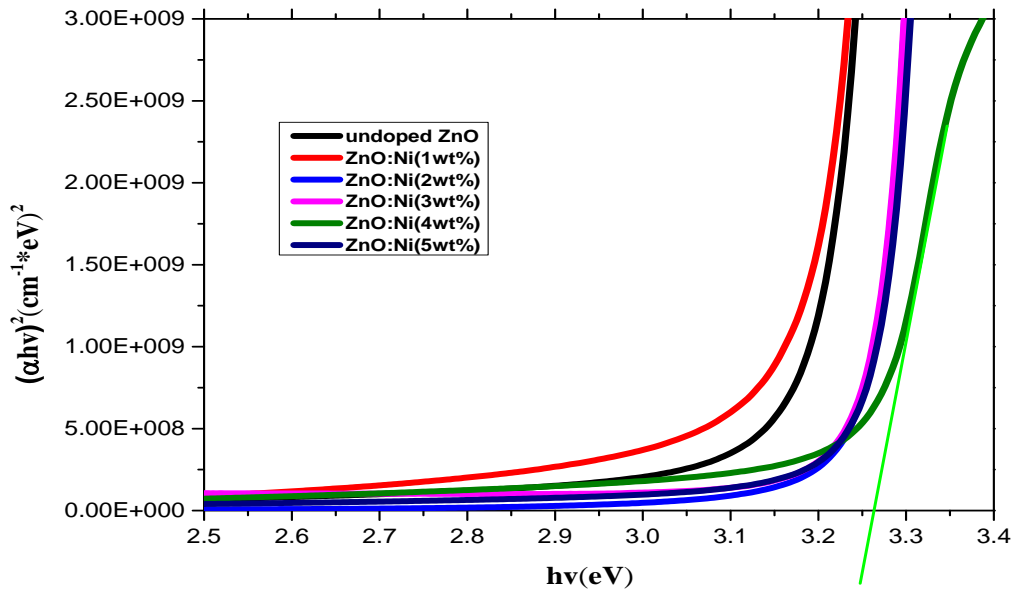


الشكل (3.IV) : طيف النفاذية الضوئية لطبقات أكسيد الزنك المحضرة في درجة حرارة 375 درجة مئوية.

الشكل يبين أن طبقات أكسيد الزنك النقية و المطعمة تمتلك نفاذية عالية في المجال (400–800 nm) حيث ترواحت ما بين 91.7% بالنسبة لطبقة نقية إلى 78.6% بالنسبة لطبقة مطعمة, مما لاحظنا أنه بزيادة التطعيم تنقص النفاذية و هذا يفسر بوجود إلكترونات حرة تعمل على إمتصاص الفوتونات لتنتقل من مستوى طاقة أقل إلى مستوى طاقة أعلى. أما المنطقة (380–400 nm) نلاحظ أن النفاذية تنقص بشكل حاد حيث تسمى هذه المنطقة بحافة الإمتصاص الأساسية, و هذا يدل على أن المادة هي نصف ناقل ذو فاصل طاقي واسع. أما بالنسبة للمنطقة (300–380 nm) نلاحظ بوضوح وجود قمم للنفاذية التي تفسر بوجود الثقوبية في طبقات ZnO , و هذا المجال مازال محل دراسة.

#### 1.1.3.IV تقدير الفاصل الطاقي :

يتم تحديد الفاصل الطاقي للطبقات الرقيقة عن طريق علاقة  $Tauc$  (3.III) تعتمد على التمثيل البياني للمتغيرات  $(\alpha h\nu)^2$  وفقا للتغير  $(h\nu)$  كما هو موضح في الشكل (4.IV).



الشكل (4.IV) : منحنى تغيرات  $(\alpha h\nu)^2$  بدلالة  $h\nu$  لطبقات أكسيد الزنك المحضرة عند  $375^\circ$ .

تقاطع مماس البيان الناتج مع محور الفواصل يعطي قيمة  $E_g$ , النتائج مستخرجة من المنحنى (4.IV) موضحة في الجدول (2.IV).



الجدول (2.IV) : قيم الفاصل الطاقي لمختلف الطبقات.

نسب التطعيم	0	1	2	3	4	5
<b>Eg (ev)</b>	3.25	3.26	3.27	3.28	3.26	3.24

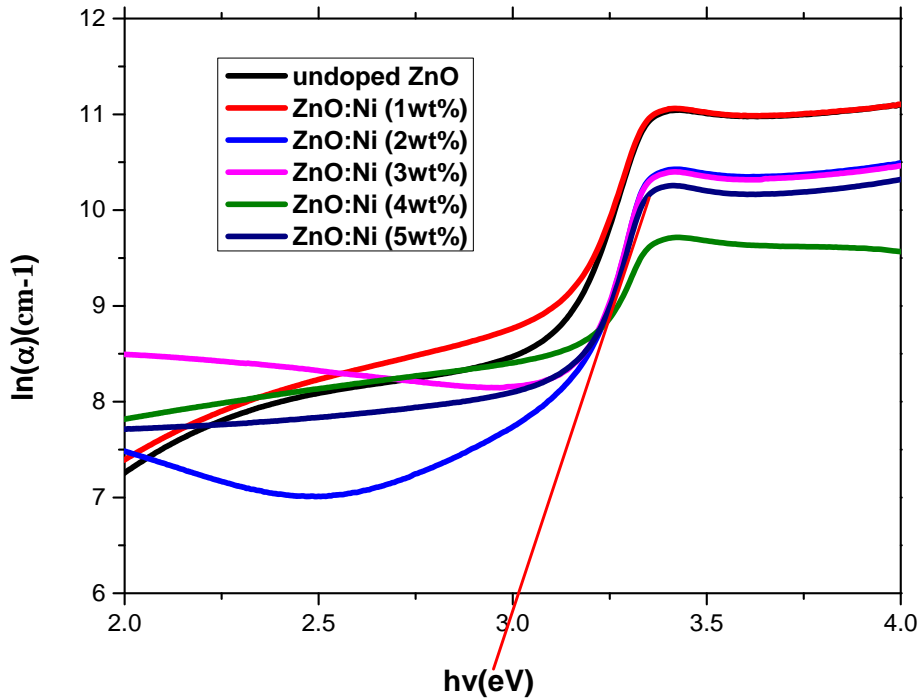
نلاحظ أن هناك زيادة في قيمة الفاصل الطاقي (من 0% إلى 3%) ثم نقصان عند 4% و 5% , بحيث يرجع هذا التزايد

بفعل تأثير Burstein-Moss [3] الذي يفسر بإنشاء مستوي منحنى مانتا نتيجة للتطعيم و يكون قريب جدا لعصابة النقل

فتكفي درجة الحرارة العادية لرفع الإلكترونات لعصابة النقل فيمتلئ قعر هذه العصابة و تزداد قيمة الفاصل الطاقي, في حين يعود

نقصان قيمة الفاصل الطاقي إلى فعل Roth [4].

### 2.1.3.IV التغير في طاقة أورباخ :



الشكل (5.IV) : منحنى تغيرات  $\ln(\alpha)$  بدلالة  $h\nu$  لطبقات أكسيد الزنك المحضرة عند  $375^\circ$ .

تم حساب طاقة أورباخ لطبقات أكسيد الزنك النقية و المطعمة بالنكيل باستخدام العلاقة (5.III), وتبين من الشكل

(5.IV) إن قيمتها تقل بزيادة نسبة التطعيم و ذلك لأن عدد مستويات الطاقة الموضعية في الفاصل الطاقي تقل, و بذلك تقل

عيوب أورباخ و هذا يؤدي إلى زيادة الفاصل الطاقى . هذا يعني أن قيمة طاقة أورباخ تكون معاكسة لقيمة الفاصل الطاقى و النفاذية أيضا و بالتالي تصبح المادة متبلورة بصورة جيدة [5], أما الزيادة الطفيفة عند نسبة التطعيم 4% فهو ناتج عن اضطراب للمادة, و الجدول (3.IV) يبين قيم طاقة أورباخ لمختلف الطبقات.

الجدول (3.IV) : قيم طاقة أورباخ لمختلف الطبقات.

نسب التطعيم	0	1	2	3	4	5
Eu (ev)	0.091	0.094	0.070	0.076	0.147	0.073

#### 3.1.3.IV تحديد سمك الطبقات المترسبة :

باستعمال برنامج Hebal Optic أستطعنا حساب كل من السمك و قرينة الإنكسار, لطبقات الرقيقة ل ZnO النقية و المطعمة.

الجدول (4.IV) يبين زيادة السمك مع زيادة نسب التطعيم حتى 1% هذا راجع إلى زيادة حجم الخلايا الأولية ثم نلاحظ انخفاض السمك عند نسبة التطعيم 2%, بعد هذه النسبة يصبح السمك تقريبا ثابت بين الطبقتين 4% و 5%, هذا الاضطراب في قيم السمك ناتج عن صغره و تحكم عدة عوامل به.

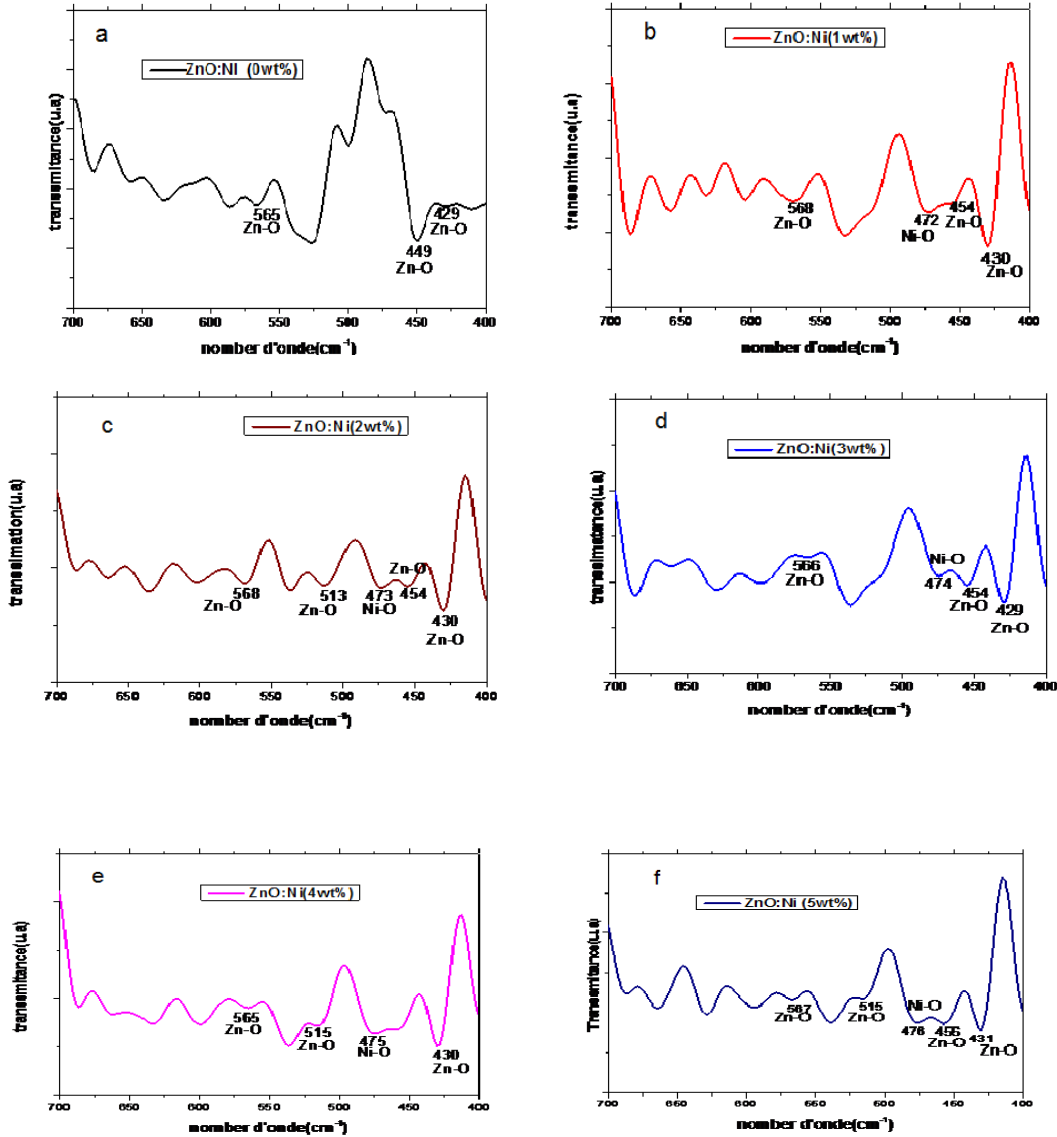
الجدول (4.IV) : قرينة الإنكسار و السمك لطبقات ZnO المطعمة (0-5%)

التطعيم	0	1	2	4	5
قرينة الإنكسار	1.69	1.66	1.67	1.77	1.79
السمك (nm)	217.62	218.32	142.33	224.92	224.42

#### 2.3.IV الخصائص البنيوية :

#### 1.2.3.IV أطياف الأشعة تحت الحمراء :

أطياف الأشعة تحت الحمراء لأكسيد الزنك النقي و المطعم بتركيز مختلفة من النيكل موضحة في الشكل ( 6.IV, a, b, c, d, e, f).



الشكل (6.IV) : أطياف الأشعة تحت الحمراء لطبقات ZnO المحضرة بطريقة رذاذ الإخلال الحراري و المختلفة نسب التطعيم

بالنيكل [0% إلى 5%] تحت درجة حرارة 375°.

يمثل الطيف (a) طبقة أكسيد الزنك النقية و الأطياف (b, c, d, e, f) طبقات أكسيد الزنك المطعمة بنسب ( 1%,

2%, 3%, 4%, 5%) على الترتيب, للحصول على هذه الأطياف أخذنا القيم المعطاة من جهاز الأشعة تحت الحمراء و

استخدمنا برنامج Origin Pro 9.0 لرسم و معالجة الأطياف, أما الجدول ( 5.IV) فهو يمثل الروابط المستخرجة من

الأطياف.

الجدول (5.IV) : الروابط المستخرجة من تحليل الأطياف.

نوع الرابطة	العدد الموجي ( $\text{cm}^{-1}$ )	التطعيم
[6] Zn-O رابطة امتطاط الموافقة	429	0%
[7] Zn-O رابطة امتطاط الموافقة	449	
[8] Zn-O رابطة من نوع امتطاط الموافقة	565	
[6] Zn-O رابطة امتطاط الموافقة	430	1%
[9] Zn-O رابطة من نوع امتطاط الموافقة	454	
[10] Ni-O رابطة اهتزازية موافقة	472	
[8] Zn-O رابطة من نوع امتطاط الموافقة	568	
[6] Zn-O رابطة امتطاط الموافقة	430	2%
[9] Zn-O رابطة من نوع امتطاط الموافقة	454	
[11] Ni-O رابطة اهتزازية موافقة	473	
[12] Zn-O رابطة اهتزاز امتطاط الموافقة	513	
[8] Zn-O رابطة من نوع امتطاط الموافقة	568	
[6] Zn-O رابطة امتطاط الموافقة	429	3%
[9] Zn-O رابطة من نوع امتطاط الموافقة	454	
[11] Ni-O رابطة اهتزازية موافقة	474	
[8] Zn-O رابطة من نوع امتطاط الموافقة	566	
[6] Zn-O رابطة امتطاط الموافقة	430	4%
[11] Ni-O رابطة اهتزازية موافقة	475	
[12] Zn-O رابطة اهتزاز امتطاط الموافقة ل	515	

رابطه من نوع امتطاط الموافقة Zn-O [8]	565	
رابطه امتطاط الموافقة Zn-O [6]	431	5%
رابطه من نوع امتطاط الموافقة Zn-O [9]	456	
رابطه اهتزازية موافقة Ni-O [11]	476	
رابطه اهتزاز امتطاط الموافقة Zn-O [12]	515	
رابطه من نوع امتطاط الموافقة Zn-O [8]	567	

#### 4.IV الخلاصة :

في هذا الفصل قمنا أولاً بالتعرف على الشروط التجريبية لتحضير طبقات من أكسيد الزنك النقية و المطعمة بنسب مختلفة, كما تعرفنا على طريقة حساب الكتل للمتفاعلات لتحضير محلول للترسيب بنسب مطلوبة.

حددنا خصائص أكسيد الزنك المطعمة بالنيكل و النقية التي حضرناها, كما عرفنا من خلال تحديد الخصائص لهذه الطبقات أن التطعيم يغير من هذه الخصائص إيجابياً و سلبياً, يمكن اعتبار هذه الخصائص لمختلف قيم التطعيم مفيدة على حسب مجال استخدام الطبقات.

## مراجع الفصل الرابع :

- [1] **A. Rahal**, " *Elaboration des verres conducteurs par déposition de ZnO sur des verres ordinaires*", Mémoier de Magister , University d'Eloued, (2013).
- [2] **EL. H. Charef**, " *Détermination des Caractéristiques optiques des couches minces du ZnO élaborées par spray ultrasonique*", Mémier de Master center Universitaire d' Eloued, (2012).
- [3] **T. S. Moss**, " *The interpretation of the properties of indium antimonide* ", Proc, f the physical society , p76 775-782, (1954). **E. Burestein**, " *Anomalous optical absorption limit in InSb*", Phys, Rev., 93 632-633, (1954).
- [4] **A. P. Roth, and D. F. Williams**, Journal of applied physics 52/11, p. 6685- 6692, (1981).  
Et **A. P. Roth, J. B. Webb, and , D. F. Williams**, solid state communications 39 , p.1269-1271, (1981).
- [5] **S. S. Chiad, N. F. Habubi, and M. H. Abdul-Allah**, " *Determinationthe dispersion parameters and urbach tail of iron chromate doped PMMA films* ", Iraqi journal of physics, vol. 10, no. 17, pp. 12-17, (2012).
- [6] **S. Sumetha**, " *Structural and optical properties of nanocrystalline ZnO powder from sol-gel method*", University Thailand, p.32, (2008).
- [7] **L. Shu-Man, L. Feng-Qi, G. Hai-Qing, Z. Zhi- Hua, W. Zhan-Guo**, " *Correlated structual and optical investigation of terbium -doped zink oxide nanocrystals* ", University China, p. 129, (2000).

- [8] **A. Phuruangrat, T. Thongtem, B. Kuntalue, S. Thongtem**, " *Microwave- assisted synthesis and characterization of rose- like and elower- like zinc oxide nanostructures* ", University, Chiang Mai 50200, Thailand, p. 110, (2011).
- [9] **A. E. Jiménez – Gonzalez, J. A. Soto Urueta, R. Suarez – Parra**, " *Optical and electrical characteristics of aluminum – doped ZnO thin films prepared by sol gel technique* ", Morelos Mexico, p. 432, (1998).
- [10] **A. Rahdar, M. Aliahmad, Y. Azizi**, " *NiO nanoparticles: synthesis and characterization* ", University of Zabol, Iran, p. 150, (2015).
- [11] **S. Abolanle, A. O. John, S. Oluwatobi, O. Abiodun**, " *Comparative catalytic properties of Ni(OH)<sub>2</sub> and NiO nanoparticles towards the degradation of Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) and Nitric oxide (NO)* ", University Nigeria, p. 3013, (2014).
- [12] **K. Ravichandrika, P. Kiranmayi, and R. V.S.S.N. Ravikumar**, " *Synthesis, characterization and antibacterial activity of ZnO nanoparticles* ", University, A.P., India, (2012).

الخلاصة العامة



### الخلاصة العامة :

شهدت تطبيقات الطبقات الرقيقة ذات الأكاسيد الناقلة الشفافة تقدماً ملحوظاً في ميدان الصناعة وخاصة مجال الإلكترونيك والإلكترو ضوئي، وذلك من خلال تنامي الأبحاث والدراسات على هذه المواد. ويرجع الفضل في كل ذلك إلى تعدد طرق الترسيب المستعملة والتي من بينها تقنية الترسيب برذاذ الإنحلال الحراري بالإضافة إلى الخصائص الجيدة التي تتمتع بها هذه الطبقات.

تم في هذا العمل إعطاء عموميات حول الأكاسيد الناقلة الشفافة التي تعتبر من أنصاف النواقل المنحلة أو قريبة من الانحلال من نوع  $n$  عموماً، والتي تمتلك فاصل طاقي يتغير ما بين ( 3.2 إلى 3.3 eV)، حيث خصصنا الدراسة على أكسيد الزنك الذي يندرج من ضمن عائلة الأكاسيد الناقلة الشفافة من نوع  $n$ ، وتم هذا في الفصل الأول.

أما في الفصل الثاني فقمنا بتوضيح طرق ترسيب الطبقات الرقيقة للأكاسيد الناقلة الشفافة بنوعها الفيزيائية والكيميائية والتي تندرج من خلال هذه الطرق طريقة الترسيب برذاذ الإنحلال الحراري التي اعتمدها في دراستنا من أجل تحضير طبقات رقيقة انطلاقاً من محلول غني بشوارد الزنك المطعم بنسب وزنية مختلفة من النيكل، ثم تطرقنا إلى طرق المعاينة التي تصف مميزات هذه الطبقات والتي كانت من ضمنها مطيافية الأشعة فوق البنفسجية- المرئية (UV-Visible)، ومطيافية الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) بالإضافة إلى التركيب التحريبي المعتمد في عملنا اللذان كانا من ضمن دراستنا في الفصل الثالث من هذه المذكرة.

انتقلنا فيما بعد إلى تحضير الطبقات الرقيقة لأكسيد الزنك المطعم بنسب وزنية مختلفة من النيكل بتقنية رذاذ الإنحلال الحراري وكذلك تحديد خصائصها وهذا ما قمنا بتطبيقه في الفصل الرابع وكانت بدايتنا مع مطيافية الأشعة فوق البنفسجية حيث بينت هذه الأخيرة أن النفاذية لهذه الطبقات تكون عالية في المجال المرئي حيث تراوحت ما بين 91% بالنسبة للطبقة النقية و 78% بالنسبة للطبقة المطعم، كما قمنا بتحديد الفاصل الطاقي الذي لا يظهر سلوك واحد تجاه زيادة التطعيم حيث تزيد قيمته ثم تنخفض عند الزيادة في قيمة التطعيم وهذا نتيجة لتأثيرات مختلفة (تأثير B-Moss) أو تأثير Roth، تبين الدراسة البصرية أن الفاصل الطاقي الأقل هو المفضل لاستخدام الطبقات في مجال الألواح الشمسية بصورة أكثر كفاءة، كما قامت هذه المطيافية أيضاً بإستنتاج طاقة أورياخ و السمك و قرينة الإنكسار.

## الخلاصة العامة

كما استخدمنا أيضا مطيافية الأشعة تحت الحمراء حيث بينت أطياف هذه الأخيرة مجال تواجد الروابط المستخرجة, حيث تهتز الرابطة Zn-O في المجال ( $430-565 \text{ cm}^{-1}$ ) من النوع (رابطة اهتزاز امتطاط). و الرابطة Ni-O عند ( $\text{cm}^{-1}$  473<sup>1</sup>) من النوع (رابطة اهتزاز).

من خلال ما سبق نستنتج أنه لا يمكن تفضيل تركيز للتطعيم على غيره لأن كل تركيز يؤدي إلى تحسين معين, فمثلا التركيز المنخفض هو الأفضل في الفاصل الطاقى لأنه يكون جيد في التطبيقات, و التركيز العالي يكون المفضل في طاقة أورياخ لأنه يؤدي إلى نقص العيوب البلورية, أما بالنسبة للخواص الضوئية فكلما كان التركيز أقل زادت النفاذية.

لا نتوقع دائما أنه بزيادة تركيز التطعيم تتغير الخواص في اتجاه واحد فبعض الخواص ينقلب اتجاه تغيرها عند تراكيز معينة.

هذا العمل اقتصر فقط على معرفة تأثير تغير تركيز التطعيم بالنيكل على خصائص طبقات أكسيد الزنك, في حين أنه تجدر

الإشارة إلى أنه يوجد عدة عوامل أخرى تستطيع تغيير خواص هذه الطبقات كالتغيير في درجة حرارة الركيزة, التغيير في زمن

الترسيب أو تغيير عنصر التطعيم, حيث يمكن لكل واحد من هذه الشروط أن يكون موضوعا بحث جديد في هذا المجال.

## ملخص :

حضرت طبقات أكسيد الزنك (ZnO) النقية و المطعمة بالنيكل (Ni) بنسب التطعيم (0-5%)، بطريقة رذاذ الإنحلال الحراري على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (375°) و بمعدل رش (5-6 ml/min)، و قد كان تركيز جميع المحاليل المستخدمة في الدراسة مساويا ل (0.5M)، الهدف من عملنا هو دراسة تأثير هذا التطعيم على الخصائص الضوئية و البنيوية، و ذلك للتحسين من نوعية هذه الطبقات المحضرة، حيث استخدمنا طريقتين لتحليل العينات.

الخصائص الضوئية حددت بمطيافية UV-Vis في المجال (300-900nm) بحيث أظهرت أن شفافية العينات كانت تتراوح ما بين 91% و 78% في المجال المرئي، أما الفاصل الطاقوي فيتراوح ما بين (3.24-3.28ev)، و طاقة أوريخ تتناقص بزيادة التطعيم و يمكن أيضا إستنتاج سمك الطبقات من خلال هذه المطيافية، أما مطيافية الأشعة تحت الحمراء FT-IR فبينت أن روابط Zn-O تمتلك رابطة اهتزاز امتطاط في حدود  $430-565\text{ cm}^{-1}$  أما رابطة Ni-O فهي رابطة اهتزاز في حدود  $473\text{ cm}^{-1}$ .

الكلمات المفتاحية : الطبقات الرقيقة، أكسيد الزنك، النيكل، رذاذ الإنحلال الحراري، مطيافية UV-Vis, FT-IR.

## Abstract :

I my study, I have prepared the layers of pure zinc oxide (ZnO) and mixed with nickel (Ni) with rates of (0%-5%), by using the method of spray pyrolysis on a glass supports at a temperature f (375°)degree and a spray rate of (5-6 ml/min), and the concentration of all the solutions used in the study were equal to (0.5M), the aim of our study is to study the impact of this mixture between (ZnO and Ni ) on the optical and structural characteristics, have in order to improve the quality of this prepared layers, where we used two methods for analyzing the samples.The Optical characteristics were identified by spectroscopy (UV-Vis) in the range between (300 and 900 nm) which showed that the transparency of the samples ranged between 91% and 78% in the visible field, wile the energy interval is ranged between ( 3.24 – 3.28ev), and Auerbach Energy is diminished the increas the mixed and we may or can also deduce the thickness of the by layers during through this spectroscopy, and infrared spectroscopy (FT-IR) which has shown that the links (Zn-O) has a vibration stretching within the limits (430-565  $\text{cm}^{-1}$ ) while the link of (Ni-O) is a link relation of vibration in the limit of (473  $\text{cm}^{-1}$ ).

**Key Words :** Thin layers, zink oxide, nickel, spray pyrolysi, UV-Vis, FT-IR.