جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالـــــى
كلية العلوم/ قسم الفيزياء

دراسة تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكاديوم الرقيقة المحضرة كيميائيا

رسالة تقدمت بها

ايمان صفاء نوري
بكالوريوس علوم الفيزياء ٢٠١٣م

إلى

مجلس كلية العلوم – جامعة ديالـــــى

وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

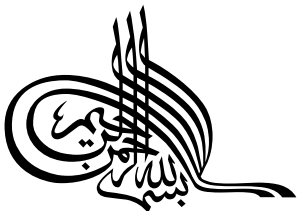
بأشراف

د. بثينة عبد المنعم ابراهيم
أستاذ مساعد

د. نادر فاضل حبوبي
أستاذ

١٤٣٨ هـ

٢٠١٧ م



﴿ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴾

سورة المجادلة – أية ١١

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير أغشية اوكسيد الكادميوم (CdO) على قواعد ساخنة من الزجاج بدرجة حرارة (723K) وبسمك(300nm) و(400nm) و(500nm) باستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري وكانت مولارية كافة المحاليل المستعملة في التحضير هي(0.1M). لقد تم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية للأغشية المحضرة كافة قبل وبعد تعريضها لجرعة من أشعة كاما.

لقد تم تشخيص طبيعة التركيب البلوري للأغشية المحضرة من خلال دراسة نمط حيود الأشعة السينية، حيث بينت النتائج أن جميع الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب. ودرست طوبوغرافية السطح لجميع الأغشية قبل التشعيع باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM)، لقد وجد عند السمك (500nm,400nm) أن التشعيع قد أدى إلى زيادة العيوب التركيبية في هذه الأغشية ومن ثم الى نقصان درجة التبلور.

سجل طيف النفاذية للأغشية المحضرة لمدى الأطوال الموجية (900-380 nm)، تم حساب معامل الامتصاص وفجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح، كما وتضمنت حساب الثوابت البصرية البصرية (حساب معامل الانكسار، معامل الخمود، ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي والتوصيلية البصرية) بوصفها دوال لطاقة الفوتون.

لقد تبين أن التشعيع بأشعة كاما من مصدر السيزيوم−137 ولمدة اسبوعين قد أثر في هذه الثوابت كافة، كذلك التشعيع أدى إلى نقصان فجوة الطاقة لكافة الأغشية المحضرة وزيادة طاقة ذيول اورباخ.

البحث المقبول للنشر

N. F. Habubi, B. A. Abrahim, E. S. Noore, (Influence of Irradiation on Some Optical Properties of (CdO)Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis), (International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy), accepted for publication, (2017).

اقرار المقوم اللغوي

أقر بتقويم رسالة الماجستير المعنونة **﴿دراسة تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكاديوم الرقيقة المحضرة كيميائيا﴾** للطالبة **﴿ايمان صفاء نوري﴾** لغويا من قبلي وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.

التوقيع :

الاسم : م. د. سعد عدوان وهيب

المرتبة العلمية: مدرس

العنوان: جامعة ديالى/ كلية التربية للعلوم الانسانية/ قسم اللغة العربية

التاريخ: / / 2017

اقرار المقوم العلمي

أقر بتقويم رسالة الماجستير المعنونة **﴿دراسة تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة المحضرة كيميائيا﴾** للطالبة **﴿ايمان صفاء نوري﴾** علميا من قبلي وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.

التوقيع:

الاسم: أ. م. د. سناء جمعة علي

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان:الجامعة المستنصرية/ كلية التربية

التاريخ: / / 2017

إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه، نشهدُ بأننا اطلعنا على الرسالة الموسومة **«دراسة تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكاديوم الرقيقة المحضرة كيميائيا»** للطالبة **«ايمان صفاء نوري»** وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء، وبعد إجراء المناقشة وجدت اللجنة أن الرسالة مستوفية لمتطلبات نيل الشهادة المذكورة، وعليه توصي اللجنة بقبول الرسالة.

التوقيع:

رئيس اللجنة

التوقيع:

الاسم: أ. د. صباح انور سلمان

المرتبة العلمية:أستاذ

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: / / 2017

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: أ. خضير عباس مشجل

المرتبة العلمية: استاذ

العنوان: الجامعة المستنصرية/ كلية التربية

التاريخ: / / 2017

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: أ.م. د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: / / 2017

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

الاسم: أ. م. د. بثينة عبد المنعم ابراهيم

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: / / 2017

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

الاسم: ا. د. نادر فاضل حبوبي

المرتبة العلمية: استاذ

العنوان: الجامعة المستنصرية/ كلية التربية

التاريخ: / / 2017

مصادقة عمادة كلية العلوم/ جامعة ديالى

أصادق على ما جاء بقرار اللجنة أعلاه.

التوقيع:

الاسم: أ. د. تحسين حسين مبارك

المرتبة العلمية: أستاذ

التاريخ: / / 2017

توصية الأساتذة المشرفين

نقر بأن إعداد هذه الرسالة الموسومة (**دراسة تأثير اشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة المحضرة كيميائيا**) للطالبة (**ايمان صفاء نوري**) قد جرت تحت إشرافنا في قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.

التوقيع:

الاسم: د. بثية عبد المنعم ابراهيم
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
التاريخ: 2017/ /

التوقيع:

الاسم: د. نادر فاضل حبوبي
المرتبة العلمية: أستاذ
التاريخ: 2017/ /

مصادقة رئيس قسم الفيزياء

أصادق على ما جاء بتوصية الأساتذة المشرفين أعلاه

التوقيع:

الاسم: د. زياد طارق خضير
المرتبة العلمية: أستاذ مساعد
التاريخ: 2017/ /

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى اله الطيبين الطاهرين اعلام الهدى ومصابيح الدجى وائمة المسلمين واصحابه الغر الميامين .

في بادئ الامر اشكر الله (عز وجل) على عظيم فضله ونعمه واساله التوفيق في كل ماسعى اليه انه نعم المولى ونعم النصير.

يسرني وأنا أضع اللمسات الاخيرة على بحثي هذا ان اتقدم بجزيل شكري وفائق تقديري واحترامي الى الأستاذ د. نادر فاضل حبوبي و د. بثية عبد المنعم ابراهيم لاقتراحهما مشروع البحث ولصبرهما الجميل معي ... ولتوجيهاتهما التي كان لها الفضل في إنجازه.اسال الله لهم دوام الصحة والعافية وان يحفظهم خدمة للعلم .

كما أتقدم بالشكر والامتنان الى عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم الفيزياء وأساتذة القسم لاتاحتهم الفرصة لي لأكمال مسيرتي العلمية ومساعدتي طوال فترة البحث داعية الله المولى عز وجل لهم بدوام الصحة والعافية وان يحفظهم خدمة للعلم.

واتقدم بالشكر الجزيل إلى جميع طلاب الدراسات العليا في قسم الفيزياء كلية العلوم جامعة ديالى داعية الله سبحانه وتعالى لهم بدوام النجاح والموفقية.

واقدم شكري وعرفاني بالجميل لجميع افراد اسرتي وزوجي لما منحوني من رعاية وتشجيع طوال مدة الدراسة والبحث وواكبوا معي خطواته بدعمهم ومؤازرتهم داعية من الله عز وجل ان يمدهم بالصحة والعافية.

واخيرا اشكر كل من ساعدني ونصحني ولو بكلمة طيبة والله الموفق.

الباحثة

الإهداء

الى سيد الخلق وحبيب الحق ونبي الرحمه ونور العالمين .....

نبينا الكريم محمد(عليه افضل الصلاة والسلام)

الى نبراس الدرب الى الصدق والصراحة والحب الى قدوتي ومثلي الاعلى في حياتي الى من هو صبري حين عجزت ان اصبر الى.....

والدي الحنون

الى نبع الحنان و دفء الزمان الى من فرشت ايام عمرها طريقا لايصالي الى من اضاءت لي عمرها لتنير لي كل الازمان الى من طوقتني بالحب والحنان الى واحتي الخضراء ....

أمي الغالية

الى سندي ونور عيني واحب الناس الى قلبي .....

أخوتي وأخواتي

إلى من ساندني في أصعب اللحظات ورفيق دربي.....

زوجي

الى من أحيا من أجله.....

الى من ادخل البهجة على قلبي .....

إبني الغالي

الى كل قلب ينبض بالوفاء .....

الى من شاطرتهم افراحي واحزاني ....

اصدقائي المخلصين

المحتوى

الفقرة	المحتوى	رقم الصفحة
	قائمة المحتويات	I
	قائمة الأشكال	V
	قائمة الجداول	IV
	قائمة الرموز والمصطلحات	XI
	قائمة الأختصارات	XI I

قائمة المحتويات

الفقرة	العنوان	رقم الصفحة
الفصل الأول	**مقدمة عامة**	**1-10**
1-1	المقدمة	1
2-1	التحلل الكيميائي الحراري	2
3-1	أكاسيد التوصيل الشفافة	3
4-1	اوكسيد الكادميوم	4
5-1	الدراسات السابقة	6
6-1	الهدف من البحث	10
الفصل الثاني	**الجزء النظري**	**11-39**
1-2	مقدمة	11
2-2	فكرة عامة عن المواد الصلبة	11
1-2-2	المواد الموصلة	11
2-2-2	المواد العازلة	11
3-2-2	المواد شبة الموصلة	11
3-2	أشباه الموصلات البلورية	12
1-3-2	أشباه موصلات أحادية التبلور	12
2-3-2	أشباه الموصلات متعددة التبلور	12
4-2	اشباه الموصلات العشوائية	13
5-2	أشباه الموصلات النقية	14

6-2	تركيب حزم الطاقة في أشباه الموصلات البلورية	15
7-2	العيوب في المواد البلورية	17
8-2	الخصائص التركيبية	18
1-8-2	حيود الأشعة السينية	18
2-8-2	المعلمات التركيبية	21
1-2-8-2	ثوابت الشبيكة	21
2-2-8-2	معدل حجم البلوريات	21
3-2-8-2	عامل التشكيل	21
4-2-8-2	كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات	22
9-2	الخصائص البصرية	22
1-9-2	حافة الامتصاص الأساسية	22
2-9-2	معامل الامتصاص	23
3-9-2	الانتقالات الإلكترونية	24
1-3-9-2	الانتقالات المباشرة	24
2-3-9-2	الانتقالات غير المباشرة	25
4-9-2	الثوابت البصرية	26
1-4-9-2	الامتصاصية	26
2-4-9-2	النفاذية	26
3-4-9-2	الانعكاسيـة	27
4-4-9-2	معامل الانكسار	28
5-4-9-2	معامل الخمود	29

6-4-9-2	ثابت العزل	30
7-4-9-2	طاقة ذيول اورباخ	32
8-4-9-2	التوصيلية البصرية	33
10-2	أشعة كاما	33
11-2	تفاعل أشعة كاما مع المادة	34
1-11-2	التأثير الكهروضوئي	34
2-11-2	تأثير كومبتن	36
3-11-2	انتاج الزوج	38
الفصل الثالث	**الجزء العملي**	**40-49**
1-3	المقدمة	40
2-3	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	40
3-3	العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة	43
4-3	تحضير الأغشية الرقيقة	44
1-4-3	تهيئة قواعد الترسيب	44
2-4-3	تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية اوكسيد الكادميوم	45
3-4-3	ترسيب الأغشية الرقيقة	46
5-3	قياس سمك الأغشية الرقيقة	46
6-3	القياسات البصرية	46
7-3	قياسات حيود الأشعة السينية	47
8-3	قياسات مجهر القوة الذرية	47
9-3	التشعيع بأشعة كاما	49

الفصل الرابع	النتائج والمناقشة	76- 50
1-4	مقدمة	50
2-4	الفحوصات التركيبية	50
1-2-4	نتائج حيود الأشعة السينية	50
2-2-4	نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية	52
3-4	نتائج القياسات البصرية	60
1-3-4	النفاذية	60
2-3-4	معامل الإمتصاص	61
3-3-4	الانعكاسية	63
4-3-4	معامل الخمود	64
5-3-4	معامل الانكسار	66
6-3-4	ثابت العزل	67
7-3-4	فجوة الطاقة البصرية	70
8-3-4	طاقة ذيول اورباخ	73
9-3-4	التوصيلية البصرية	74
4-4	الاستنتاجات	75
5-4	المشاريع المستقبلية	76
	المصادر	77-88

قائمة الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	رقم الصفحة
الفصل الأول	**مقدمة عامة**	**1-10**
1-1	مجموعة من اكاسيد التوصيل الشفاف	4
2-1	التركيب البلوري لمادة اوكسيد الكادميوم (CdO)	5
الفصل الثاني	**الجزء نظرية**	**11– 39**
1-2	حيود الأشعة السينية (XRD)	13
2-2	التركيب العام لحزم التكافؤ والتوصيل	15
3-2	مخطط حزم الطاقة في المواد	16
4-2	تكوين حزمة الطاقة في اشباه الموصلات البلورية	16
5-2	بعض أنواع العيوب البلورية	18
6-2	المستويات البلورية وقانون براك	19
7-2	التشخيص بالأشعة السينية	20
8-2	نمط حيود الاشعة السينية لمسحوق وأغشية اوكسيد الكادميوم CdO	20
9-2	حافة الامتصاص الأساسية لمادة CdO	23
10-2	أنواع الانتقالات الإلكترونية	25
11-2	النفاذية البصرية لاغشية CdO المطعمة بالفلور	27
12-2	تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء CdO	28
13-2	تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري عند درجة حرارة (723 K)	29

14-2	تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري عند درجة حرارة (773 K)	30
15-2	تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي مع طاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري وبدرجة حرارة (773 K)	31
16-2	تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي مع طاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري عند درجة حرارة (773 K)	32
17-2	رسماً تخطيطياً لكيفية حدوث الظاهرة الكهروضوئية	35
18-2	استطارة كومبتن	38
19-2	ظاهرة انتاج الزوج	39
الفصل الثالث	**الجزء العملي**	**40 -49**
1-3	منظومة التحلل الكيميائي الحراري المستخدمة في العمل	40
2-3	مخطط توضيحي لجهاز الترذيذ	41
3-3	مخطط لالية عمل مجهر القوة الذرية	49
الفصل الرابع	**النتائج والمناقشة**	**50-79**
1-4	حيود الأشعة السينية لأغشية اوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	50
2-4	حيود الأشعة السينية لأغشية اوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	51
3-4	صور ونتائج (AFM) لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	56
4-4	صور ونتائج (AFM) لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	59
5-4	النفاذية كدالة لطول الموجي لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	61
6-4	النفاذية كدالة لطول الموجي لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	61
7-4	معامل الامتصاص كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	62
8-4	معامل الامتصاص كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	63

9-4	الأنعكاسية كدالة لطاقه الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	64
10-4	الأنعكاسية كدالة لطاقه الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	64
11-4	معامل الخمود كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	65
12-4	معامل الخمود كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	66
13-4	معامل الأنكسار كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	67
14-4	معامل الأنكسار كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	67
15-4	الجزء الحقيقي لثابت العزل كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	68
16-4	الجزء الحقيقي لثابت العزل كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	69
17-4	الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	70
18-4	الجزء الخيالي لثابت العزل كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	70
19-4	فجوة الطاقة البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	71
20-4	فجوة الطاقة البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	72
21-4	طاقة ذيول اورباخ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	73
22-4	طاقة ذيول اورباخ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	74

23-4	التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع	75
24-4	التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع	75

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1-1	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لاوكسيد الكادميوم.	5
1-4	النتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية	52
2-4	قيم خشونة السطح وقيم (RMS) ومعدل الحجم الحبيبي لجميع الأغشية المحضرة	53
3-4	قيم فجوة الطاقة للدراسة الحالية	73
4-4	قيم طاقة ذيول اورباخ لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع وبعدها	74

الرموز والمصطلحات

المصطلح	الوحدة	الرمز
شحنة الالكترون	coulomb	e
طاقة مستوى التوصيل	eV	E_c
طاقة مستوى التكافؤ	eV	E_v
طاقة مستوى فيرمي	eV	E_F
المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين	Å	d_{hkl}
معاملات ملير	-	hkl
عدد صحيح يسمى مرتبة الحيود	-	n
الامتصاصيـة	-	A
معامل الامتصاص	cm^{-1}	α
الانعكاسية	-	R
شدة الشعاع الساقط	$eV/m^2. s$	$I_\circ$
شدة الشعاع النافد	$eV/m^2. S$	I_t
شدة الشعاع الممتص	$eV/m^2. S$	I_A
ثابت العزل الكهربائي المعقد	-	ε

ثابت العزل الكهربائي الحقيقي	-	ε_1
ثابت العزل الكهربائي الخيالي	-	ε_2
معامل الانكسار المعقد	-	N
معامل الانكسار	-	$n_\circ$
التوصيلية البصرية	s^{-1}	σ
زاوية الحيود	Degree	θ_B
كثافة الانخلاعات	nm^{-2}	δ
فجوة الطاقة البصرية للأنتقال المباشر المسموح	eV	E_g^{opt}
سرعة الضوء في الفراغ	m/s	C
سرعة الضوء في المادة	m/s	V
عرض المنحني عند منتصف القمة (FWHM)	Radian	β
معامل الخمود	-	k_o
احتمالية اشغال الإلكترون لمستوي معين	-	$f_{(E)}$
سمك الغشاء	nm	t
مساحة سطح الغشاء	cm^2	Ś
حجم البلوريات	nm	D_{av}
ثوابت الشبيكة	Å	a_o
عدد البلوريات	-	N_o

فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح	eV	$E'_g{}^{opt}$
عامل التشكيل	-	T_c
درجة الحرارة المطلقة	K	T_K
النفاذية	-	T
معامل اسي يحدد نوع الانتقال	-	r
ثابت يعتمد على طبيعة المادة	-	B
متجه الموجي	cm^{-1}	K
الطول الموجي	nm	λ
الوزن الجزيئي	g/mol	M_{wt}
الوزن المطلوب اذابته	g	Wt
حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الإذابة	Ml	V
التركيز المولاري	mol/l	M
طاقة فوتون كاما	eV	E_γ
طاقة الحركية للالكترون المتحرر	eV	T_e
طاقة الربط للالكترون بالذرة	eV	b
احتمالية التفاعل	-	τ_a
العدد الذري	-	Z
الطاقة السكونية للألكترون	eV	$m_0 c^2$

طاقة الفونون المساعد	eV	E_{ph}
طاقة الفوتون المستطار	eV	E_{γ}'
طول موجة كومبتن	nm	λ_c
طول موجة الفوتون قبل الاستطارة	nm	$\lambda`$
طول موجة الفوتون بعد الاستطارة	nm	λ
تغير الطول الموجي نتيجة الاستطارة	nm	$\Delta\lambda$
احتمالية انتاج الزوج	-	$K_{p.p}$
زاوية استطارة الفوتون	Degree	θ
زاوية ارتداد الالكترون	Degree	ϕ
تردد الالكترون	Hz	υ
تردد الفوتون المستطار	Hz	υ'
المقطع العرضي للتفاعل	Barn	∂

قائمة الإختصارات

الاختصار	المعنى
AFM	Atomic Force Microscopy
RMS	Root Mean Square
FWHM	Full Width at Half Maximum
ICCD	Internationl Center for Diffraction data
XRD	X-Ray Diffraction
TEM	Transmission Electron Microscopy
SEM	Scanning Electron Microscopy
SR	Surface Roughness
STM	Scanning Tenneling Microscopy
SPM	Scanning Probe Microscopy
TCO	Transparent Conducting Oxides

الرموز والمصطلحات

المصطلح	الوحدة	الرمز
شحنة الالكترون	coulomb	e
طاقة مستوى التوصيل	eV	E_c
طاقة مستوى التكافؤ	eV	E_v
طاقة مستوى فيرمي	eV	E_F
المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين	Å	d_{hkl}
معاملات ملير	-	hkl
عدد صحيح يسمى مرتبة الحيود	-	n
الامتصاصيـة	-	A
معامل الامتصاص	cm^{-1}	α
الانعكاسية	-	R
شدة الشعاع الساقط	$eV/m^2. s$	$I_\circ$
شدة الشعاع النافد	$eV/m^2. S$	I_t
شدة الشعاع الممتص	$eV/m^2. S$	I_A
ثابت العزل الكهربائي المعقد	-	ε

ثابت العزل الكهربائي الحقيقي	-	ε_1
ثابت العزل الكهربائي الخيالي	-	ε_2
معامل الانكسار المعقد	-	N
معامل الانكسار	-	$n_\circ$
التوصيلية البصرية	s^{-1}	σ
زاوية الحيود	Degree	θ_B
كثافة الانخلاعات	nm^{-2}	δ
فجوة الطاقة البصرية للأنتقال المباشر المسموح	eV	E_g^{opt}
سرعة الضوء في الفراغ	m/s	C
سرعة الضوء في المادة	m/s	V
عرض المنحني عند منتصف القمة (FWHM)	Radian	β
معامل الخمود	-	k_o
احتمالية اشغال الإلكترون لمستوي معين	-	$f_{(E)}$
سمك الغشاء	nm	t
مساحة سطح الغشاء	cm^2	Ś
حجم البلوريات	nm	D_{av}
ثوابت الشبيكة	Å	a_o
عدد البلوريات	-	N_o

فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح	eV	$E'_g{}^{opt}$
عامل التشكيل	-	T_c
درجة الحرارة المطلقة	K	T_K
النفاذية	-	T
معامل اسي يحدد نوع الانتقال	-	r
ثابت يعتمد على طبيعة المادة	-	B
متجه الموجي	cm^{-1}	K
الطول الموجي	nm	λ
الوزن الجزيئي	g/mol	M_{wt}
الوزن المطلوب اذابته	g	Wt
حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الإذابة	Ml	V
التركيز المولاري	mol/l	M
طاقة فوتون كاما	eV	E_γ
طاقة الحركية للالكترون المتحرر	eV	T_e
طاقة الربط للالكترون بالذرة	eV	b
احتمالية التفاعل	-	τ_a
العدد الذري	-	Z
الطاقة السكونية للألكترون	eV	$m_0 c^2$

طاقة الفونون المساعد	eV	E_{ph}
طاقة الفوتون المستطار	eV	E_{γ}'
طول موجة كومبتن	nm	λ_c
طول موجة الفوتون قبل الاستطارة	nm	$\lambda`$
طول موجة الفوتون بعد الاستطارة	nm	λ
تغير الطول الموجي نتيجة الاستطارة	nm	$\Delta\lambda$
احتمالية انتاج الزوج	-	$K_{p.p}$
زاوية استطارة الفوتون	Degree	θ
زاوية ارتداد الالكترون	Degree	ϕ
تردد الالكترون	Hz	υ
تردد الفوتون المستطار	Hz	υ'
المقطع العرضي للتفاعل	Barn	∂

قائمة الإختصارات

الاختصار	المعنى
AFM	Atomic Force Microscopy
RMS	Root Mean Square
FWHM	Full Width at Half Maximum
ICCD	Internationl Center for Diffraction data
XRD	X-Ray Diffraction
TEM	Transmission Electron Microscopy
SEM	Scanning Electron Microscopy
SR	Surface Roughness
STM	Scanning Tenneling Microscopy
SPM	Scanning Probe Microscopy
TCO	Transparent Conducting Oxides

الفصـــل الأول

مقدمة عامة

CHAPTER ONE

General Introduction

(1-1) المقدمة (Introduction)

عني الباحثون بدراسة المواد شبه الموصلة واسهموا إسهاماً كبيرا في تطويرها عن طريق إعطاء فكرة واضحة عن خواصها الفيزيائية والكيميائية اذ تعد فيزياء الأغشية الرقيقة فرعاً مهما وفريدا من فروع فيزياء الحالة الصلبة [1]. يستعمل مصطلح الغشاء الرقيق (Thin Film) لوصف طبقة أوعدة طبقات من ذرات مادة معينة لا يتعدى سمكها مايكروناً واحداً[3،2]، وترسب الأغشية على مواد صلبة تعرف بالقواعد (Substrates) التي تعتمد على طبيعة الدراسة، ومن هذه المواد الزجاج، الكوارتز، السيليكون، الألمنيوم وبعض والمعادن والبوليمرات [4]. نظراً لـصـغر حجمها وخـفة وزنــها حيث استخدمت الأغشية الرقيقة في المجالات العلمية والتقنية وكذلك أسهمت في التطور الحالي في مجال الحاسبات الإلكترونية الرقمية (Digital Computers) [5]، و تم استخدامها فـي صـنــاعــة الترانسستورات (Transistors) والدوائر الـمتكاملة (IntegratedCircuits) وفي أجـهـزة الذاكرة الـمغناطـيسية وفــي دوائر الفتح والـغلق وفــي الـمضـخمــات (Amplifiers) والكواشف (Detectors) والخلاياالشمسية (Solar Cells)، وكذلك في المجالات البصرية استخدمت الأغشية الرقيقة في صناعة المرشحات الـبـصـرية (Optical Filters) الــتــي بــدورها تتضمن تصميم مضادات الانعكاس (Antireflection) والمرايا والمرشحات القطعية كما تم استخدام الأغشية الــرقــيــقــة في عمليات الـتـداخل (Interference) التي وظفت في عملية التصويرالفوتوغرافي وأجهزة الاستنساخ [7،6].

تعددت طرائق تحضير الاغشية الرقيقة فمنها المعقدة ومنها البسيطة، وبناءً على ما تم ذكره عن أهمية الأغشية الرقيقة في كثير من التطبيقات وفي العديد من المجالات ، وأن اختيار طريقة دون غيرها يعتمد على عوامل عدة، منها الغرض من تحضير الغشاء ، المادة المستخدمة في التحضير وكلفة التحضير [2].

إن زيــادة التطوروالــتــقــدم العلمي و التكنولوجي ادى الى تطور طرق تحضير الأغشية الرقيقة فأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه، وتعددت طرائق تحضيرها ولكل طـريــقــة خــصـوصـيـاتـهـا لـتـؤدي الـغـرض الـذي استخدمت مـن أجـلــه، ويـتـم تـحـضـيـر الأغـشـيــة الـرقـيـقـة بـالـطرق الفيزيائية والكيميائية والتي اورد قسما منها كما يلي :

أولاً: الطرق الفيزيائية (Physical Methods) وتشمل [8] :

1- الترذيذ (Sputtering)

2- التبخير الحراري في الفراغ (Thermal Evaporation In Vacuum)

ثانياً: الطرق الكيميائية (Chemical Methods) وتشمل [9] :

1- ترسيب المحاليل الغروية (Sol-Gel Deposition)

2- ترسيب البخار الكيميائي ((Chemical Vapor Deposition (CVD)

3- تقنية التحلل الكيميائي الحراري (Chemical Spray Pyrolysis)

4- الترسيب الكهربائي (Electrical Deposition)

5- الإنماء من الأملاح المذابة (Growth from Melted Salts)

وتم استخدام طريقة تقنية التحلل الكيميائي الحراري في بحثنا لتحضير أغشية رقيقة من مادة أوكسيد الكادميوم وذلك لسهولة تحضير هذه المادة وقلة تكلفتها وتتطلب هذه الطريقة توفير المواد اللازمة لتحضير الاغشية الرقيقة منها بشكل محلول يمكن ترذيذها على قواعد من الزجاج .

(2-1) التحلل الكيميائي الحراري (Chemical Spray Pyrolysis)

تعد هذه الطريقة من اكثر الطرق شيوعا في تحضير الأغشية الرقيقة، وتتلخص هذه الطريقة بترسيب محلول المادة المراد تحضير الغشاء منها على قاعدة ساخنة بدرجة حرارة مناسبة تكون اقل من درجة حرارة تطاير المادة، ومن خلال التفاعل الكيميائي بين المادة ودرجة الحرارة يتكون الغشاء الرقيق، وتمتاز الأغشية المحضرة بهذه الطريقة بالتصاقها القوي مع القاعدة، ويمكن التحكم بسمك الغشاء عن طريق السيطرة على مدة الترسيب وعدد الرشات،

وتمتاز هذا الطريقة عن الطرائق التحضير الاخرى بما يلي [8]:

- بساطة وقلة تكاليف الاجهزة المصنعة والمستخدمة لتحضير الاغشية مقارنة بتكاليف الاجهزة المستخدمة في الطرائق الاخرى.
- تكون الأغشية المحضره ذات تجانس جيد وبمساحات واسعة.
- تكون مناسبة لتحضير اغشية العديد من المركبات لاسيما الاكاسيد والكبريتات.
- يمكن تحضير اغشية رقيقة من مزج مادتين او اكثر او تشويب المواد للحصول على اغشية ذات صفات محددة.
- يمكن تحضير اغشية رقيقة لمركبات ذات درجة انصهار عالية يصعب تحضيرها باستخدام الطرائق الاخرى.

تستخدم هذه الطريقة في تطبيقات عدة لا تحتاج الى النقاوة العالية ولا تعتمد كثيراً على التجانس العالي في طبيعة الغشاء مثل المجمعات الشمسية. حيث تستخدم هذه الطريقه في

تطبيقات الطاقة الشمسية وتصنيع الخلايا الضوئية والكواشف. وأول من استخدم هذه الطريقة هما الباحثان (Hottle and Hanger) عام (1959) [1].

(3-1) أكاسيد التوصيل الشفافة

(Transparent Conducting Oxides)

إن البحوث الحديثة اتجهت إلى مجموعة اكاسيد التوصيل الشفافة (TCO) وذلك لأهميته التكنولوجية حيث استعمل بصورة كبيرة في العديد من التطبيقات منها النوافذ المعمارية، متحسسات الغاز، لوحات العرض المسطحة، الفوتوفولتائية والمواد الالكترونية ذات الاساس المؤلف من البوليمر [10] .

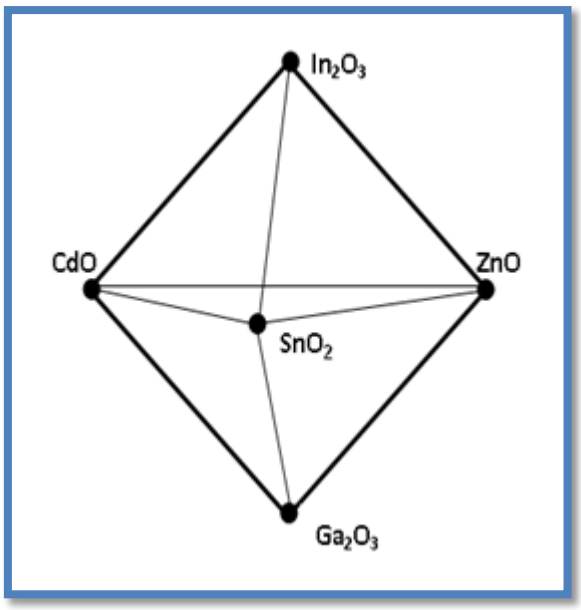
والشفافية الجزئية والتوصيلية الجيدة نسبياً ممكن الحصول عليها من طبقات رقيقة لمختلف انواع المعادن الموكسدة.

وإن هذه الظروف يتم الحصول عليها بشكل مناسب من اكاسيد الكادميوم والقصدير والانديوم والخارصين وسبائكها التي تّكون على شكل طبقة رقيقة محضرة بتقنية من تقنيات الترسيب. وظهر اول بحث حول الطبقات الموصلة الشفافة عام (1907) من قبل الباحث (Badeker) الذي تناول تحضير أغشية اوكسيد الكادميوم بطريقة الاكسدة الحرارية للكادميوم المرذذ [11].

تستخدم أغشية اوكسيد الكادميوم الرقيقة في العديد من التطبيقات كأحد اكاسيد التوصيل الشفافة (TCO) في التطبيقات الفوتوفولتائية.

إن استخدام اوكسيد الكادميوم كأقطاب شفافة في العديد من التطبيقات التقنية المتقدمة قد جعلت الباحثين يتمعنون في دراسة الخصائص الكيميائية والفيزيائية والفوتوفولتائية لهذه الأغشية [10].

ويبين الشكل (1-1) مجسم خماسي يضم بعض اكاسيد التوصيل الشفافة، التي تحقق بشكل منفرد وفي المركبات والسبائك كأكاسيد توصيل شفافة مبتكرة ومحسنة.

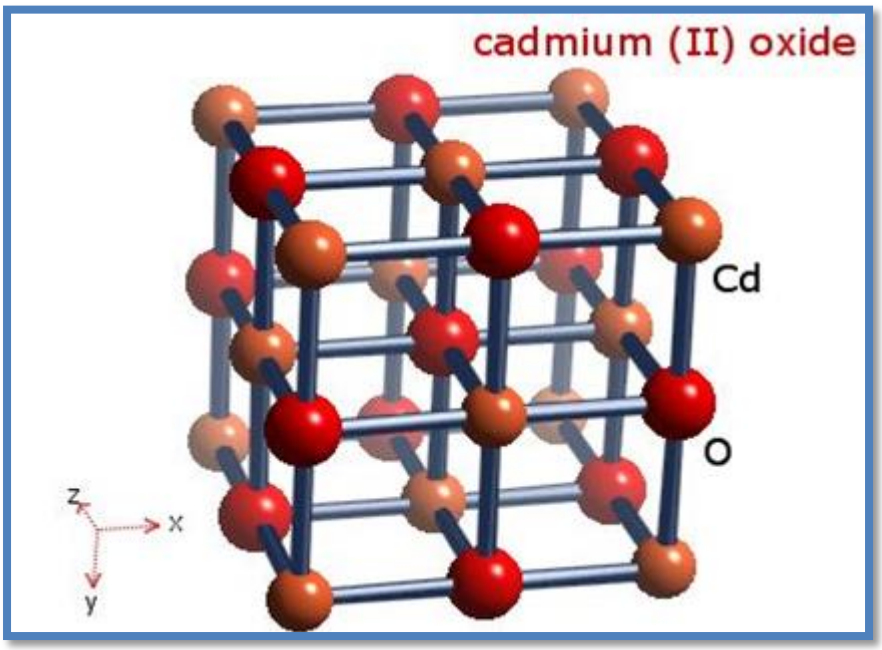


الشكل (1-1): مجموعة من اكاسيد التوصيل الشفاف [12].

(4-1) اوكسيد الكادميوم (Cadmium Oxide)

فيما يلي عرض لخصائص مادة اوكسيد الكادميوم وتطبيقاتها:

- مادة اوكسيد الكادميوم احد المركبات الكيميائية للكادميوم، فهي لاتذوب في الماء او في القواعد، ولكنها تذوب في الحوامض واملاح النشادر [13،14] ، وتتفكك عند درجات الحرارة العالية [15].
- يمكن الحصول على مادة اوكسيد الكادميوم عن طريق التسخين الشديد لعنصر الكادميوم [13].
- تعد مادة اوكسيد الكادميوم مادة شبه موصلة من مجموعة الاكاسيد الموصلة الشفافة التي تمتاز بخصائص متميزة كفجوة طاقة كبيرة، تحركية الحاملات العالي، نفاذية عالية في المنطقة المرئية للطيف، توصيلية كهربائية مقاربة لتوصيلية المعادن من النوع السالب (n-type) وخصائص تألق مطلوبة، وذات تطبيقات واسعة في النبائط الكهروبصرية (Opto-ElectronicDevices)، النبائط الفوتوفولتائية (PhotovoltaicDevices) واجهزة العرض [16].
- ينتمي شبه الموصل اوكسيد الكادميوم الى المجموعة (الثانية-السادسة) (II,VI) من الجدول الدوري [17]، ذو تركيب بلوري مكعب (Cubic) ووحدة خلية متمركزة الأوجه (fcc) وهذا يشابه تركيب بلورة كلوريد الصوديوم (NaCl). [15] كما في الشكل (1-2).



الشكل (1-2): التركيب البلوري لمادة اوكسيد الكادميوم (CdO)[18].

- يمتلك اوكسيد الكادميوم توصيلية عالية بسبب وجود ذرات الكادميوم في مواقع تعويضية (Interstitial) او بسبب فراغات الأوكسجين [17].

- يمتلك اوكسيد الكادميوم معامل امتصاص عالٍ ولهذا السبب يستخدم في المنظومات الشمسية لزيادة كفائتها في الخلايا الضوئية، وكذلك يستخدم في تصنيع الخلايا الشمسية مثل خلية (CdO/CdTe) التي تصل كفاءتها الى 7% وكبديل ناجح عن مادة (CdS) في منظومة (SnO_2/CdS/CdTe) ويستخدم كطبقات نافذة (Window Layers) في مفارق الخلايا الشمسية الهجينة (Hetrojunction Solar Cells) وكأقطاب شفافة في تكنولوجيا الخلايا الشمسية [19].

الجدول (1-1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لاوكسيد الكادميوم [20].

Appearance	Solid	Melting Point ^{o}C	1500
Colour	Brown	Lattice Constant($\mathring{A}$)	4.695
Molecular Weight (g/mol)	128.41	Density (Kg/m^3)	8.115

(5-1) الدراسات السابقة (Literature Review)

- درس (Romero et al.,2001) [21] محلول اسيتات الكادميوم للحصول على أغشية (CdO) بطريقة المحلول الغروي (Sol-gel) وترسيبها على قواعد زجاجية وعند درجة حرارة (473K-723K) ، بينت نتائج الفحوص التركيبية أن الأغشية المحضرة متعددة التبلور ومن النوع المكعب وذات نفاذية (95-100%) عند الاطوال الموجية التي هي اكبر او تساوي (600nm)، وكانت اقل قيمة للمقاومية الكهربائية عند (573K) ومقدارها ($10^{-3}\Omega.cm$).
- درس (Vigil et al.,2001) [22] أغشية رقيقة من اوكسيد الكادميوم على قواعد زجاجية تقنية التحلل الكيميائي الحراري. ومن ثم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لهذه الأغشية قبل وبعد المعاملة الحرارية وبينت نتائج حيود الاشعة السينية ان عملية التلدين ادت الى تحسن الخصائص التركيبية، وان قيمة فجوة الطاقة البصرية تتناسب طردياً مع مربع معكوس حجم البلورة.
- درس الباحثان (Dakhel and Henari, 2003) [23] أغشية اوكسيد الكادميوم بطريقة التبخير بالفراغ على قواعد زجاجية في درجة حرارة الغرفة ومن خلال دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لهذه الأغشية وبدرجات تلدين مختلفة، حيث اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية أن الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب، وحدد معامل الامتصاص لهذه الأغشية من خلال دراسة منطقة الامتصاص الاساسية في مدى الاطوال (450-650 nm) باستخدام بيانات طيف النفاذية و حددت فجوة الطاقة المباشرة وغير المباشرة و كانت قيمتهما (2.33eV، 1.95eV) على التوالي.
- تمكن الباحث (Ghosh et al., 2005) [24] من دراسة تراكيب فائقة الصغر من أغشية اوكسيد الكادميوم المحضرة بطريقة تقنية الطلاء بالغطس المحلول- الغروي على قواعد سليكونية او زجاجية.حيث اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية أن أغشية اوكسيد الكادميوم المحضر هو من النوع المكعب، وكذلك فأن شدة قمم حيود الاشعة السينية تزداد وهذا يعني أن المادة قد تحسن فيها التبلور في درجات الحرارة العالية، وأثبتت صور المجهر الالكتروني الماسح بان طورCdO الفائق الصغر بمعدل حجم حبيبي تقع بين (1.6-9.3nm). بين قياس طيف الاشعة فوق البنفسجية/ المرئي أن الأغشية ذات نفاذية عالية تقريباً (75%) في مدى الأطوال الموجية (500-800nm) وبفجوة طاقة مباشرة تقع بين (2.86-3.69eV).
- حضر الباحث (Leon- Gutierrez et al., 2006) [25] أغشية اوكسيد الكادميوم غير المشوب والمشوب بالقصدير والمحضرة بتقنية الترسيب بالحمام المائي حيث كانت جميع

الأغشية المحضرة متبلورة وبتركيب مكعب لمادة CdO_2 التي تتحول الى CdO بتركيب مكعب من خلال عملية التلدين. وتمتلك الاغشية المحضرة فجوة طاقة بصرية بحدود (3.6eV)، اما الاغشية غير المشوبة لها فجوة الطاقة تتراوح بين (2.32-2.54eV) ولها توصيلية كهربائية ($8x10^{-4}(\Omega.cm)^{-1}$).

- درس الباحث (R.S. Ali ., 2008) [26] اغشية (CdO) غير المشوبة والمشوبة بأوكسيد الانتيمون (Sb_2O_3) بنسب حجمية مختلفة (2, 4, 6and8%) على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (623K) بأستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري، وباستخدام تقنية حيود الأشعة السينية تم دراسة الخصائص التركيبية للأغشية حيث كانت جميع الاغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب ،ودرس اثر التلدين على الخواص البصرية للأغشية عند درجة حرارة(723K) ولمدة ساعة واحدة، حيث وجد ان التلدين ادى الى نقصان فجوة الطاقة لجميع الاغشية المحضرة.

- حضرت الباحثتان (سلمى محمد و هدى كاظم ، 2009) [27] اغشية(CdO) بأستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري، استخدم املاح نترات الكادميوم ($Cd(NO_3)_2$) مصدرا لايونات الكادميوم (Cd^{+2}) وهيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) كمصدر لايونات الهيدروكسيد (OH^{-2}) وبيروكسد الهيدروجين (H_2O_2)، تم دراسة تأثير مختلف ظروف الترسيب مثل درجة حرارة الترسيب ،وزمن الترسيب وتركيز ايونات الكادميوم وزمن الاكسدة الحرارية للأغشية والدالة الحامضية على زمن الترسيب والسمك النهائي للأغشية وتحول هيدروكسيد الكادميوم الى اوكسيد الكادميوم عند اجراء الاكسدة الحرارية للأغشية في الهواء بدرجة حرارة (573K) ولفترة (15min).

- درست الباحثة (اسماء احمد عزيز، 2010) [28] تأثير تعرض جسيمات الفا على أغشية اوكسيد الكادميوم على قواعد زجاجية بتقنية التحلل الكيميائي الحراري، وتبين من دراسة الخصائص البصرية ان فجوة الطاقة تقل بعد التعرض لجسيمات الفا ومع زيادة الجرع، وتغير عشوائي و طفيف في قيم الخواص البصرية الأخرى.

- درس الباحث (R.Kumaravel et al., 2010) [29] اغشية (CdO) المشوبة بالالمنيموم وبنسب حجمية مختلفة (x=1,2,3,4,6 and 5%) بأستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري، وباستخدام تقنية حيود الأشعة السينية ومجهر القوه الذريه (AFM) وقد بينت دراسة تقنية حيود الأشعة السينية أن الاغشية المحضرة ذات تركيب مكعب مع اتجاه سائد (200)، واظهرت القياسات البصرية أن قيمة فجوة الطاقة تكون في قيمتها العظمى مقدارها (2.53eV) عند النسبة

(3%) وتقل بزيادة تركيز الشوائب، وبينت القياسات الكهربائية أن اقل قيمة للمقاومة الكهربائية هي ($3.4\times10^{-4}\Omega.cm$) وتركيز حاملات ($4.12\times10^{20}cm^{-3}$) عند نسبة التشويب (3%).

- درس الباحث (عبد المجيد عيادة ابراهيم واخرون، 2010) [30] تأثير التشعيع على أغشية اوكسيد الكادميوم على قواعد زجاجية بتقنية التحلل الكيميائي الحراري، باستخدام أشعة كاما وبطاقة (0.662 Mev) ولفترات زمنية (5min) و(10min) وبعده (24) ساعة، وتبين من دراسة الخصائص البصرية ان فجوة الطاقة بعد التشعيع تقل من (2.49 eV) الى (1.6,1.75,1.85 eV) على التوالي، كما ان التشعيع اثر على ايضا عل بعض الخواص البصرية (معامل الأمتصاص، الانعكاسية، معامل الخمود) تحديداً بعد الفترة (24) ساعة.

- حضر الباحث (عبد المجيد عيادة السامرائي واخرون، 2011) [31] اغشية (CdO) بأستخدام طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)، حيث استخدمت املاح نترات الكادميوم المائية ($Cd(NO_3)_2.4H_2O$) مصدرا لايونات الكادميوم (Cd^{+2}) وهيدروكسيد الأمونيوم (NH_4OH) كمصدر لايونات الهيدروكسيد (OH^{-2}) حيث تم دراسة تأثير مختلف ظروف الترسيب مثل درجة حرارة الترسيب وزمن الترسيب وتركيز ايونات الكادميوم وزمن الاكسدة الحرارية للأغشية والسمك النهائي للأغشية وأن افضل فترة زمنية هي (1.5hr) التي يتحول بها هيدروكسيد الكادميوم الى اوكسيد الكادميوم، واجريت الاكسدة الحرارية للأغشية في الهواء بدرجة حرارة (673K). وقد بينت دراسة تقنية حيود الأشعة السينية أن الاغشية المحضرة ذات تركيب مكعب مع اتجاه سائد (111).

- حضرت الباحثة (ايمان خير الله سالم، 2012) [32] اغشية (CdO) بأستخدام طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي (CBD)، ومن خلال دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لهذه الأغشية، حيث اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية ان الأغشية (CdO) ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب، اما الخواص البصرية فقد تمت دراستها من خلال قياس الامتصاصية ومنها حسب معامل الامتصاص لهذه الأغشية وحددت فجوة الطاقة لغشاء(CdO) وكانت قيمتهما تساوي (2.27eV) .

- درس الباحث (H. M. Ajeel et al. , 2013) [33] أغشية الكادميوم تيلورايد والمرسب على قواعد زجاجية بواسطة التبخير الحراري بالفراغ، حيث تم دراسة تأثير أشعة كاما بجرعة (0.5μCi) ومن خلال دراسة الخصائص التركيبية والبصرية حيث اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية ان الأغشية كانت متبلورة ذات تركيب سداسي، ووجد ان فجوة الطاقة للأنتقال المباشر كانت قيمتهما (1.7eV).

- درست الباحثة (أزهار حسن و اخرون، 2013) [34] أغشية رقيقة من اوكسيد الكادميوم على قواعد زجاجية بتقنية التحلل الكيميائي الحراري وتمت دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لهذه الأغشيه، وبينت نتائج حيود الاشعة السينية المجهر الالكتروني الماسح ومجهر القوة الذرية ومطياف الاشعة المرئية وفوق البنفسجية، حيث تبين بأن الغشاء يمتلك حبيبات كروية ذات حجم حبيبي (460nm) وفجوة طاقة (2.49 eV) فبالإضافة إلى ذلك فأن معدل مربع الجذر (RMS) تساوي (58.7nm).
- درست (Seham H. S. Ajar, et al., 2015) [35] أغشية رقيقة من اوكسيد الكادميوم على قواعد زجاجية بتقنية التحلل الكيميائي الحراري. ومن ثم دراسة تأثير التشعيع على الخصائص التركيبية والبصرية حيث اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية أن الأغشية المحضرة كانت متعددة التبلور ومن النوع المكعب ووجد ان الحجم الحبيبي يقل بعد التشعيع بأشعة كاما، وبينت دراسة الخصائص والبصرية ان فجوة الطاقة بعد التشعيع تقل بزيادة زمن التشعيع، بينما ازداد كل من معامل الخمود ومعامل الأنكسار والتوصيلية البصرية بزيادة زمن التشعيع.
- حضر الباحث (وطبان خميس، 2015) [36] أغشية اوكسيد الكادميوم المشوب وغير المشوب بالألمنيوم ($Cd_{1-x}Al_xO$) بطريقتين هما تقنية التحلل الكيميائي الحراري و الترسيب بالحمام الكيميائي على قواعد زجاجية وبدرجة حرارة (673K) وبدرجة حرارة الغرفة على التوالي وبنسب تشويب حجمية (3,5,7 and 9%) حيث اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية ان الأغشية (CdO) ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب وان الاتجاه السائد لكافة الأغشية المشوبة وغير المشوبة هو (111) وأن بزيادة التطعيم تؤدي الى نقصان في شدة القمم، ونلاحظ زيادة في معدل الحجم الحبيبي لكافه الأغشية المحضرة بتقنية التحلل الكيميائي الحراري اما بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي فأن معدل الحجم الحبيبي يزداد بسبب دخول أيونات الألمنيوم كأيونات استبدالية، وبينت فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM) لكافة الأغشية بالطريقتين أن معدل خشونة السطح تقل بزيادة نسب التشويب، ومن خلال دراسة الخواص البصرية وجد ان فجوة الطاقة البصرية للأنتقال المباشر المسموح تساوي (2.41eV) للأغشية غير المشوبة وتزداد بزيادة نسب التشويب حتى تصل الى (2.6 eV) عند النسبة (9%).

(6-1) الهدف من البحث (Aim of the Work)

يهدف البحث الحالي إلى تحضير أغشية رقيقة من أوكسيدالكادميوم (CdO) باستخدام تقنية التحلل الكيميائي الحراري والمرسبة على قواعد من الزجاج بدرجة حرارة (723K) ومن ثم دراسة الخواص التركيبية وتشمل قياسات (XRD) وقياسات مجهر القوة الذرية (AFM)،

وكذلك يهدف البحث الى دراسة الخواص البصرية وتشمل قياس النفاذية والامتصاصية للأغشية المحضرة وحساب كل من معامل الامتصاص وفجوة الطاقة البصرية وطاقة ذيول اورباخ وحساب الثوابت البصرية المتمثلة بمعامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي والانعكاسية فضلاً عن التوصيلية البصرية وشععت كافة النماذج ومن ثم دراسة نفس الخواص انفة الذكر وذلك لمعرفة تأثير التشعيع على الخواص التركيبية والبصرية.

الفصـــل الثانـي

الجزء النظري

CHAPTER TWO

Theoretical Part

(1-2) المقدمة (Introduction)

يتضمن هذا الفصل الجانب النظري لموضوع دراستنا الحالية متضمنا القوانين والمعادلات التي استخدمت في هذه الدراسة، و مقدمة عن اشباه الموصلات وما يتعلق بالتركيب البلوري الذي يرتبط بترتيب الذرات في المادة مع استعراض للخواص البصرية وكذلك حافة الامتصاص البصرية والخواص التركيبية واشعة كاما وتفاعلاتها.

(2-2) فكرة عامة عن المواد الصلبة:

يمكن تصنيف المواد الصلبة إلى ثلاثة أصناف هي [37] :

(1-2-2) المواد الموصلة (Conductors)

هي المواد التي تكون توصيلتها الكهربائية بحدود (10^{3}- 10^{8} ohm^{-1} cm^{-1}) كالفضة والألمنيوم والنحاس ويمتلك الموصل الجيد في الدرجات الحرارة الاعتيادية مقاومة نوعية مقدارها (10^{-6} ohm. cm).

(2-2-2) المواد العازلة (Insulators)

هي المواد التي تمتلك توصيلية كهربائية قليلة جدا او معدومة بسبب سعة فجوة الطاقة الممنوعة وتكون توصيلتها الكهربائية في حدود (10^{-18}-10^{-8} $ohm^{-1}cm^{-1}$) ويمتلك العازل الجيد مقاومة نوعية بحدود (10^{21} ohm.cm) مثل الزجاج والكوارتز والمطاط.

(3-2-2) المواد شبه الموصلة (Semiconductors)

يصبح شبه الموصل عازلاً عند اقتراب درجة حرارته من الصفر المطلق إذ يتعذر تحفز الكتروناته حرارياً، بينما شبه الموصل النقي يصبح موصلاً عند رفع درجة الحرارة إذ تحفز الكتروناته حرارياً لعبور فجوة الطاقة الممنوعة [38] .

وبصورة عامة يمكن اجمال مميزات أشباه الموصلات بالنقاط الاتية [39،40]:

1- ذو النقاوة العالية جداً يظهر توصيلية ذاتية ويكون فيها مستوى فيرمي في منتصف فجوة الطاقة.

2- ذو مقاومة نوعية بين (10^{3}-$10^{-8}\Omega.cm$).

3- تمتلك مقاومة ذات معامل حراري سالب، اي أن التوصيلية الكهربائية تعتمد على درجة الحرارة وهذا معاكس عما هو عليه في المعادن إذ تقل مقاومة شبه الموصل مع زيادة درجة الحرارة.

4- مقاومة شبه الموصل تتغير عند التعرض لضوء ذي طول موجي مؤثر لذلك تكون المواد شبه الموصلة حساسة للضوء.

5- تتأثر توصيليتها عند تسليط مجال مغناطيسي وكهربائي عليها.

6- تولد قدرة كهروحرارية عالية بالمقارنة مع تلك التي تنتج عن المعادن.

7- تمتلك توصيلية كهربائية موجبة من نوع (p)، فضلا عن توصيلية كهربائية سالبة من نوع (n).

8- الشوائب في بعض الاحيان تؤدي الى تقليل المقاومة الكهربائية لشبه الموصل، وكذلك تعمل على تغير نوع التوصيلية لشبه الموصل من مانح إلى قابل و بالعكس.

(3-2) أشباه الموصلات البلورية (Crystalline Semiconductors)

يمكن تقسيم أشباه الموصلات البلورية إلى قسمين هما :

(1-3-2)أشباه موصلات أحادية التبلور

(Single Crystalline Semiconductors)

تمتاز ذرات هذا النوع من أشباه الموصلات بتركيب دوري منتظم ذي المدى الطويل (Long Range Order) مكونة تشكيلة ثلاثية الابعاد ولهذا فهي تمتلك نوعاً من التماثل (Symmetry) [41] ، ويمكن عَدُّ تركيبها ناتجاً عن تكرار نموذج هندسي يدعى بوحدة الخلية (Unit Cell) [42].

(2-3-2) أشباه الموصلات متعددة التبلور

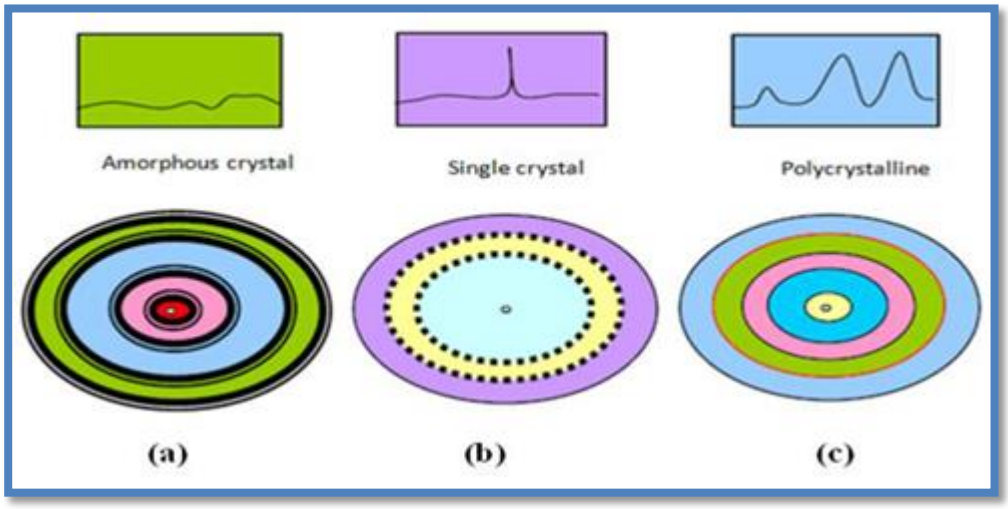
(Polycrystalline Semiconductors)

وتتميز ذرات المادة متعددة البلورات بترتيب المدى الطويل وكل بلورة بدورها تحتوي على عدد كبير من وحدات الخلية المنتظمة تدعى بالحبيبات وينتهي بحدود الحبيبات [43]، وأن الحبيبة الواحدة تحتوي على الالف من وحدات الخلايا [44]، أشباه الموصلات متعددة التبلور تكون اقل

استقرار ثرموديناميكيا من اشباه الموصلات احادية التبلور وذلك بسبب الطاقة الداخلية الحرة الدنيا تتحدد بطاقة حدود الحبيبات [45].

(2-4) أشباه الموصلات العشوائية (Amorphous Semiconductor)

يمتاز تركيبها بالترتيب القصيرة المدى (Short-Range-Order) إذ يفقد تنظيمه (Amorphous) على مسافة تقدر بـ (2-3) من أنصاف الأقطار الذرية ونتيجة لعدم الانتظام في ترتيب ذراتها وانعدام مبدأ التكرار الدوري في الترتيب [37]. لوحظ أن الحالة العشوائية حالة غير مستقرة ثرموداينامكيا بسبب عدم وجود تكسرات للبنية الداخلية للمادة، أي إنها سوف تتبلور عند فقدانها الطاقة الزائدة التي تمتلكها او عند زوال أسباب تركيبها العشوائي، إذ أن ذرات المادة بفقدانها تلك الطاقة سوف تعود إلى حالة الاسترخاء التي عندها تكون الطاقة التي تمتلكها الذرات في قيمتها الصغرى وهذه الحالة تمثل الحالة البلورية للمادة ،وهذا يعني يمكن تحويل المادة من الحالة العشوائية إلى الحالة البلورية [46]. ويمكن تمييز اشباه الموصلات البلورية العشوائية من دراسة انماط الحيود الناتجة عن تشتت الاشعة السينية من المواد، اذا كان نمط الحيود على شكل نقاط مضيئة حادة فهي مواد احادية التبلور كما في الشكل b(2-1) و اذا كانت على شكل حلقات رفيعة ذات اضاءة حادة متداخلة ومتحدة المركز فهي مواد متعددة التبلور كما في الشكل .c(2-1) وأما المواد العشوائية فستكون على شكل حلقات عريضة ضعيفة الأضاءة ومتحدة المركز كما في الشكل a (2-1) وأن حدة اضائتها تخفتي تدريجياً وتختفي سريعاً مع زيادة زاوية الحيود للمواد العشوائية [47].



الشكل (2-1): حيود الأشعة السينية (XRD)

للأغشية رقيقة a) عشوائية b) احادية التبلورc) متعددة التبلور [48].

(2-5) أشباه الموصلات النقية

Intrinsic Semiconductor

تدعى أشباه الموصلات النقية والخالية من الشوائب بأشباه الموصلات الذاتية (Intrinsic) [49]. وأن هذه المواد تمتلك نوعين من حزم الطاقة (Energy Band) تبعا لنظريه الحزم في المواد الصلبة أحداهما تعرف حزمة التكافؤ (Valence Band) وهي عادة مشغولة كليا بالإلكترونات و النوع الأخر يعرف حزمة التوصيل (Conduction Band) الفارغة كليا من الإلكترونات عند درجة الصفر المطلق (0K) تنفصل حزمة التكافؤ عن حزمة التوصيل بواسطة فجوة صغيرة نسبيا تدعى فجوة الطاقة (Energy-Gap)، تتصرف أشباه الموصلات كمواد عازلة عند درجات الحرارة الواطئة (0K) وذلك بسبب صعوبة انتقال الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل دون تجاوز هذه الفجوة (E_g)، لذا ترفع درجة حرارة شبه المادة الموصلة إلى درجة أعلى بحيث تسبب نقل عدد كبير من الإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل بعد اكتساب طاقة كافية ($h\upsilon$) تكون مساوية لطاقة الفجوة أو أكبر منها إن ($h\upsilon \geq E_g$) والإلكترونات المنتقلة تبدأ بملئ حزمة التوصيل تدريجيا وتكون جاهزة للتوصيل عند تسليط مجال كهربائي خارجي، وبذلك تكون حزمة التكافؤ احتوت على فجوات (Holes) نتيجة مغادرة الإلكترونات منها، وبذلك يكون شبه الموصل الذاتي حاويا على العدد المتساوي نفسه من حاملات الشحن السالبة (الإلكترونات) والموجبة (الفجوات) [34]. يقع مستوى الطاقة (فيرمي) في منتصف فجوة الطاقة الممنوعة عند درجه حرارة الصفر المطلق وكما في المعادلة الاتية [50]:

$$E_F = \frac{E_c + E_v}{2} \qquad .....(1\text{-}2)$$

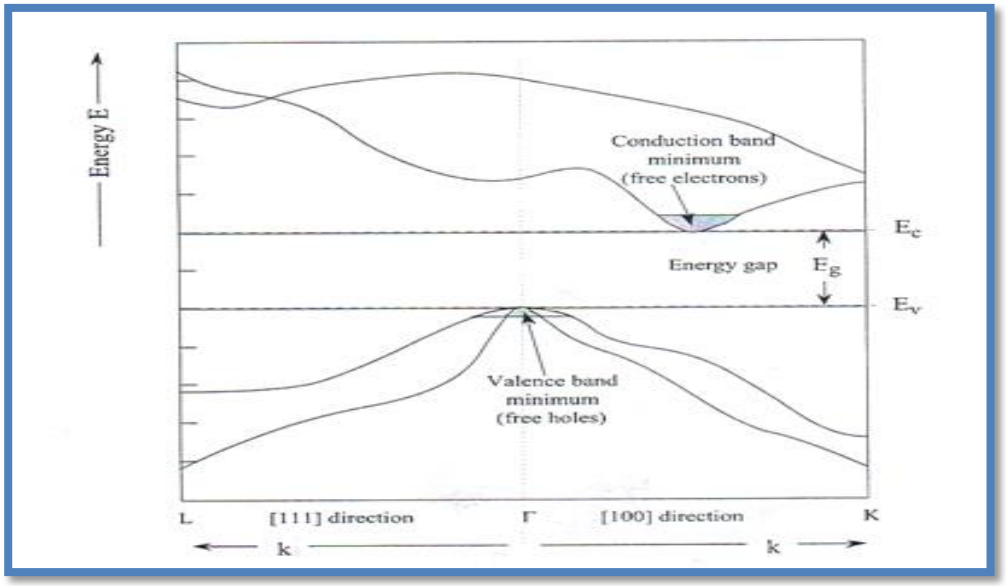
إذ إن:-

E_F: مستوى فيرمي

E_c: مستوى طاقة حزمة التوصيل

E_v: مستوى طاقة حزمة التكافؤ

الشكل (2-2) يوضح التركيب العام لحزم التكافؤ والتوصيل حيث تسمى الحزم العليا بحزم التوصيل (Conduction band) والحزم السفلى بحزم التكافؤ (Valance band) و الفرق بالطاقة بين أوطأ نقطة في حزمة التوصيل وأعلى نقطة في حزمة التكافؤ تدعى فجوة الطاقة التي تعتبر أهم مؤثر في فيزياء شبه الموصل [51].



شكل (2-2): التركيب العام لحزم التكافؤ والتوصيل [51].

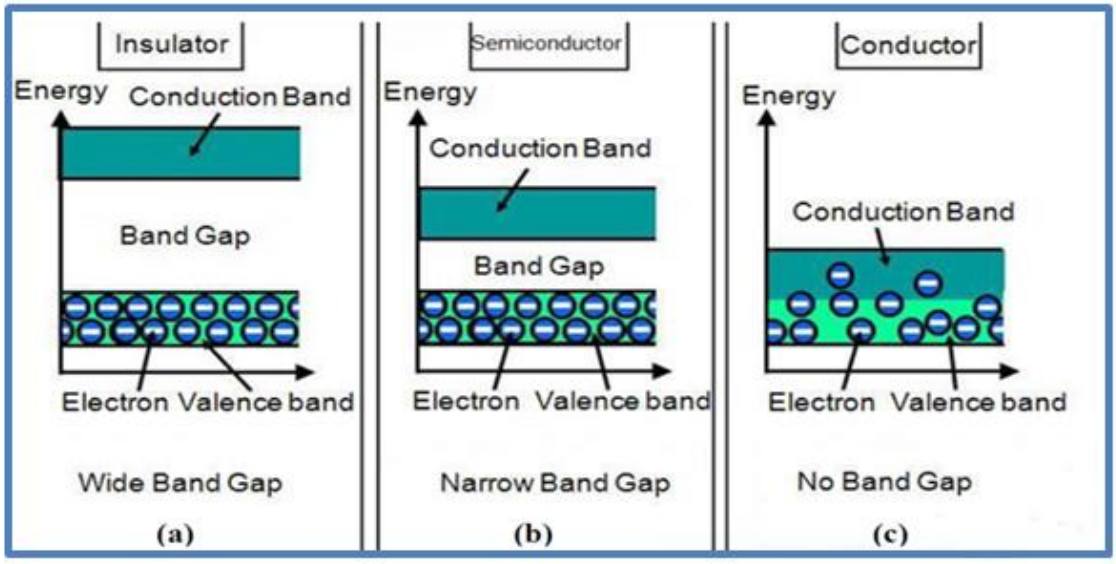
(6-2) تركيب حزم الطاقة في أشباه الموصلات البلورية:

(Energy Band Construction in Crystalline Semiconductors)

الخواص البصرية والكهربائية لأي مادة صلبة تتحدد في ضوء تركيب حزم الطاقة لها ومدى انشغالها بالإلكترونات [53,52]، تترتب الالكترونات في البلورات ضمن انطقة (حزم) تسمى حزم الطاقة (Energy Bands) وتكون منفصلة بعضها عن بعضها الاخر بمناطق طاقة ممنوعة تمنع الالكترونات من التواجد او احتلالها كما في الشكل (2-4) [54]، تمتلك البلورة حزمة تتكون من عدد كبير من مستويات الطاقة المجاورة بعضها مع بعض، و تظهر حزمة الطاقة كأنها مستمرة فيما إذا كان عدد هذه المستويات يساوي عدد الذرات في البلورة [39].

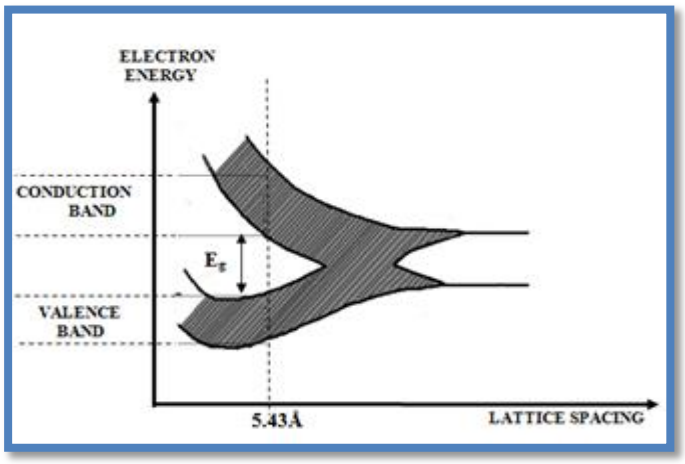
تنشـطر هذه الحزمـة مرة أخرى إلـى نـوعين من الحـزم احداهما تكون فارغـة من الإلكترونـات تقريبا تعرف بحزمة التوصيل و الاخرى تكون ممتلئـة بالإلكترونـات تقريبـا وهذه مـا تسمى بحزمـة التكافؤ ويفصل بين هاتين الحزمتين مكان خال تقريبا من المستويات ولا تستقر فيها الإلكترونات إنما تتواجد فيها لفترة زمنية قصيرة جدا يسمى بفجوة الطاقـة الممنوعـة (Forbidden Energy Gap) وهذه الفجوة تحدد نوع المادة الصلبة [55]، ويبين الشكل (2-3) مخطط لحزم الطاقة لثلاثة أصـناف من المواد الصلبة عازلـة وشبه موصلة وموصلة، ففي العوازل كثـاني أوكسيد السليكون (SiO_2) مــثــلاً تكون فجوة الطاقة كبيرة وتكون جميع مستويات الطاقة في حزمة التوصيل شاغرة ولذلك لا يمكن للطاقـة الحراريـة ولا المجـال الكهربـائي أن يرفعـا الإلكترونـات من حزمـة التكـافؤ إلـى حزمـة

التوصيل كما في الشكل (3-2a)، وفي المواد الموصلة كالمعادن مثلاً تكون فيها حزمة التوصيل إما مشغولة جزئياً بالإلكترونات أو أن تكون متداخلة مع حزمة التكافؤ بحيث تختفي فجوة الطاقة كما في الشكل(3-2c)، أما المواد شبه الموصلة فالأواصر الموجودة بين ذراتها تكون متينة بعض الشيء وبذلك فان الطاقة الحرارية تكسر بعض هذه الأواصر وعندها يتحرر الإلكترون تاركاً ثقباً (Hole) طليقاً كما في الشكل (3-2b) ومقدار فجوة الطاقة في هذه المواد أقل مما هي عليه في العوازل لذلك يسهل على الإلكترون الانتقال إلى حزمة التوصيل عند وجود الطاقة اللازمة لذلك [54]. اذ أن المواد الصلبة تتحدد بتركيب حزم طاقتها ومدى انشغالها بالإلكترونات [53].



الشكل(3-2): مخطط حزم الطاقة في المواد [43]

(a) عازل . (b) شبه موصل . (c) موصل.



الشكل (2-4): تكوين حزمة الطاقة في اشباه الموصلات البلورية [54].

(7-2) العيوب في المواد البلورية (Defects in Crystalline Materials)

لاتوجد في الحقيقة بلورة خالية من العيوب (البلورة المثالية) تنتظم ذراتها في كل الاتجاهات من دون ظهور أي خلل في تسلسلها، لذلك يعد أي اختلال او انحراف في بلورة ما عن شبيكتها الدورية المثالية أو تركيبها المثالي عيباً أو خللاً (Defect or Imperfection) لتلك البلورة، ولذلك تدل كلمة عيب أو خلل في بلورة ما على عدم انتظام (Irregularity) في التركيب البلوري[56]. وهذه العيوب تتكون في أثناء عملية الإنماء البلوري،ويعد تخليص البلورات كلياً من الشوائب والعيوب مستحيلاً،لكن ممكن تقليص العيوب باستعمال طرق فعالة في التنقية وإنماء البلورات[57]، وفي بعض الحالات يكون مرغوباً بعيوب البلورة فكما هو الحال عند التطعيم بشوائب (Impurities) أو ذرات غريبة ،قد تكون تلك الذرات الغريبة مانحة أي واهبة الإلكترون(Donor) أو تكون متقبلة الإلكترون (Acceptor)، وكلتا الحالتين تعدان ضروريتين بالنسبة لعمل بعض النبائط الإلكترونية كالترانزستورات والدايودات وغير ذلك [56،58].

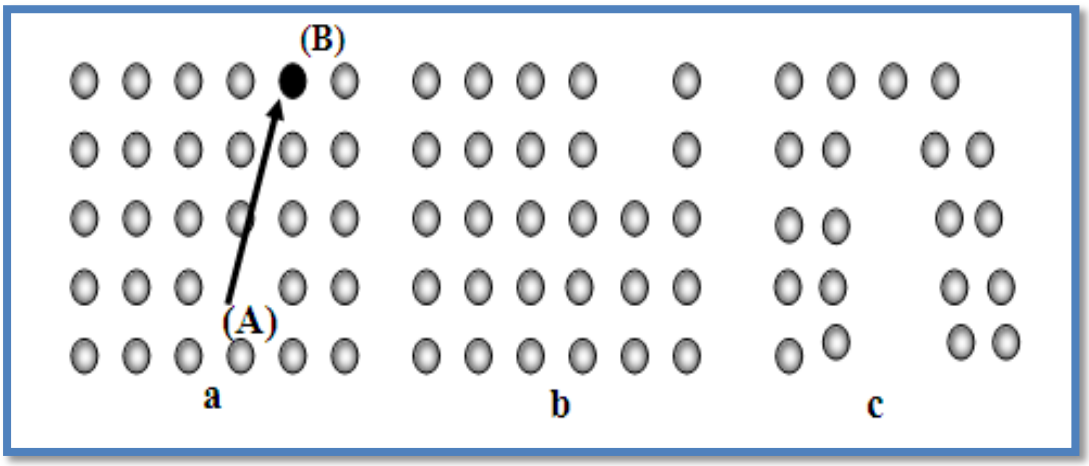
بشكل عام يمكن إجمال أهم العيوب البلورية بالآتي [59]:

1- غياب ذرة من موقعها، وبذلك تترك وراءها مكانا شاغراً في البلورة، الشكل (5-2a) عند النقطـة (A). يدعى هذا النوع من العيوب البلورية بعيوب الفراغات وهو من العيوب النقطية.

2- احتلال احدى الذرات لموقع غير مخصص لها بين الذرات، الشكل (5-2a)عند النقطة (B). وهذا النوع من العيوب يعرف بعيب فرنكل وهو من العيوب البينية ويعد احد انواع العيوب النقطية.

3- من الممكن ايضا غياب سلسلة طويلة من الذرات كما في الشكل (5-2b) وفي هذه الحالة فان الذرات تعيد ترتيب نفسها بالأسلوب الذي يقلل تشويه البلورة حيث تزحف الذرات لسد الفجوة المتولدة كما في الشكل (5-2c)، والذي فيه تبدو الذرات عند حافتي البلورة وكأنها قد زحفت عن مكانها الاصلي. وان هذا النوع يدعى بعيب الانخلاعات وهو احد انواع العيوب الخطية.

4- وجود ذرات شائبة في البلورة وهذا النوع من العيوب يدعى بعيوب الذرات الاضافية وهو احد انواع العيوب النقطية.



الشكل (2-5): بعض أنواع العيوب البلورية [60].

(8-2) الخصائص التركيبية (Structural Properties)

(1-8-2) حيود الأشعة السينية (X-Ray Diffraction) (XRD)

تقنية حيود الأشعة السينية (X-Ray) تعد مصدرا مهما للتعرف على طبيعة التركيب البلوري والأطوار البلورية الرئيسة والاتجاه السائد للأغشية المحضرة عند ظروف معينة لمادة ما ودراسة الترتيب الذري لها [61]. ويفضل استخدام الأشعة السينية في معظم تجارب الحيود البلوري وذلك لان الأشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية محددة وتقع بين الأشعة فوق البنفسجية وأشعة كاما، إذ أن أطوالها الموجية تتراوح بين (0.1-10)Å وبشكل عام فان الحيود يعتمد على التركيب البلوري والطول الموجي للأشعة المستخدمة أي أن الطول الموجي يجب أن يكون مساويا أو مقاربا لثابت الشبيكة [61]. وقد تمكن العالم الإنكليزي (W. L. Bragg) من استنتاج قانونه المبني على أساس ان الحيود يحصل في الأشعة السينية بشرط أن يكون فرق المسار للأشعة الساقطة والمنعكسة مساوياً لطول موجة واحدة أو عدد كامل (nλ) من أطوال الموجات، كما في الشكل (2-6a)، بالمعادلة الاتية [62]:

$$n\lambda=2d_{hkl}\sin\theta_B \quad \ldots\ldots\ldots (2\text{-}2)$$

إذ أن: n: مرتبة الحيود

λ: الطول الموجي للأشعة السينية الساقطة

d_{hkl}: المسافة البينية بين مستويين متتاليين

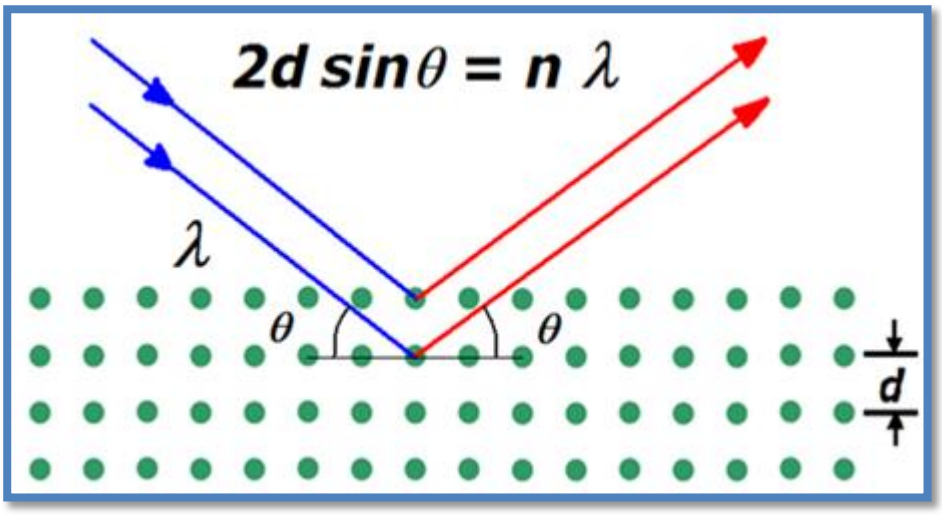
θ_B : زاوية براك (Bragg's Law)

أن شرط الانعكاس الأساسي لحدوث انعكاس براك (Bragg's Reflections) هو تحقيق المتباينة ($\lambda \leq 2d_{hkl}$). ويعد استخدام الأشعة السينية لدراسة البنية البلورية من أسهل الطرق، للحصول على نمط حيود الأشعة السينية (XRD) الذي يحدث عند تحقيق قانون براك.

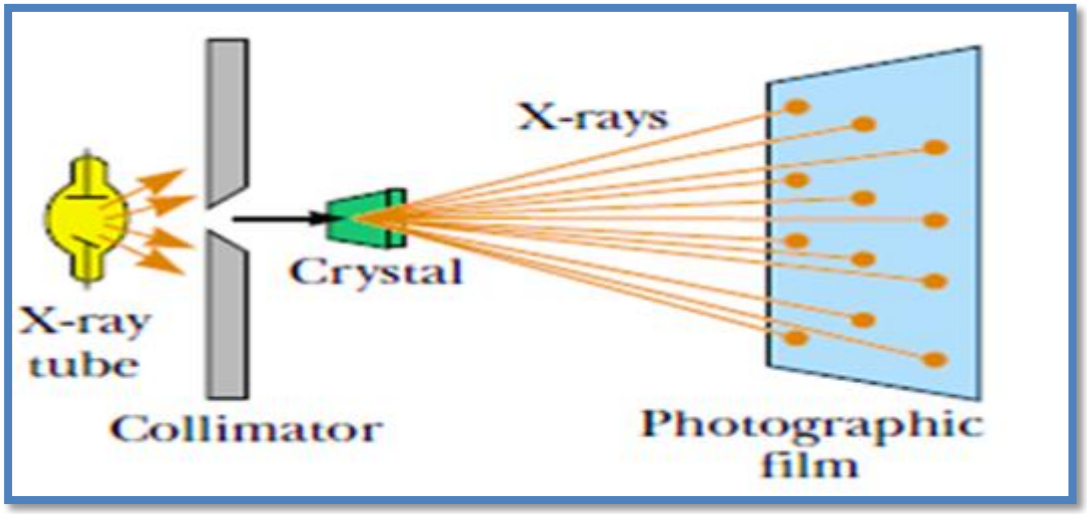
تم تصميم بعض الطرائق التجريبية لدراسة انماط حيود الأشعة السينية (XRD) منها:

- طريقة لاوي (Laue Method)
- طريقة تدوير البلورة (Rotating- Crystal Method)
- طريقة تذبذب البلورة (Oscillating- Crystal Method)
- طريقة المسحوق (Powder Method)

وجميع هذه الطرائق مبنية على أساس تغير (λ) بشكل مستمر أو تغير (θ) باستمرار في أثناء التجربة وكما موضح في الشكل (2-6) [42].

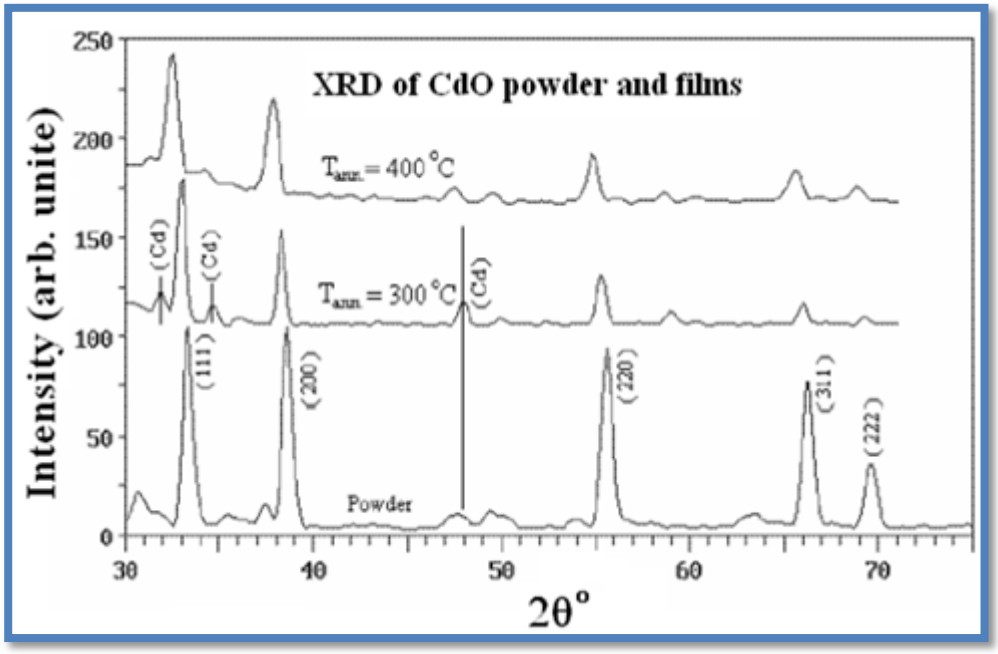


الشكل (2-6): المستويات البلورية وقانون براك [42].



الشكل (2-7): التشخيص بالأشعة السينية [42].

حيث وضح الباحثان (Dakhel and Henari) عام (2003) في دراسة نمط حيود الأشعة السينية لمسحوق أوكسيد الكادميوم CdO وأغشية CdO الرقيقة والملدنة عند درجة حرارة (673K) و (573K) إن هناك انحرافا صغيرا في قمم (XRD) لأغشية (CdO) بالنسبة الى قمم مسحوق (CdO) وكما مبينه في الشكل (2-8) يعزى هذا الانحراف إلى إجهاد ميكانيكي دقيق ناتج عن عدة أسباب مثل الشوائب، العيوب والفراغات.



الشكل (2-8): نمط حيود الأشعة السينية لمسحوق وأغشية أوكسيد الكادميوم CdO [23].

(2-8-2) المعلمات التركيبية (Structure Parameters)

(1-2-8-2) ثوابت الشبيكة (Lattice Constants)

في حالة التركيب المكعب يتم حساب ثابت الشبيكة (a_o) بموجب العلاقة الاتية [63]:

$$d_{hkl}=a_0/[h_2+k_2+l_2]^{1/2} \quad \text{.....(3-2)}$$

(2-2-8-2) معدل حجم البلوريات (D_{av}) (Average Crystallite Size)

يمكن حساب معدل حجم البلوريات أو(معدل الحجم البلوري) باستخدام علاقة شرر (Scherrer formula) [64]:

$$D_{av}=K\lambda/\beta \cos\theta_B \quad \text{.....(4–2)}$$

إذ إن:-

β:عرض المنحني عند منتصف القمة (Full Width at Half Maximum) (FWHM) يقاس بالوحدات نصف القطرية.

K: ثابت =0.94

λ: الطول الموجي للاشعه السينية الساقطة على الهدف ويساوي 1.5406 Å.

(3-2-8-2) عامل التشكيل (T_c) (Texture Coefficient)

مصطلح عامل التشكيل يستخدم لوصف الاتجاه السائد للأغشية الرقيقة [65]، فإذا كانت قيمته اكبر من واحد أو أكثر($T_c>1$) تؤكد أن النمو البلوري للمستويات المفضلة (الأغلب) تكون ضمن هذا الاتجاة، إما الأقل من واحد ($T_c<1$) فهي متعددة التبلور ولكن باتجاهات غير موحدة [66] ويمكن حساب عامل التشكيل وفق العلاقة الآتية [64]:

$$T_C(h,k,l)=\frac{I(h,k,l)/I_\circ(h,k,l)}{N_r^{-1}\sum I(h,k,l)/I_\circ(h,k,l)} \quad \text{..... (5- 2)}$$

إذ إن:-

I (hkl): الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl)

Io (hkl): الشدة القياسية للمستوي (hkl) المأخوذ من بطاقة(JCPDS)

N: عدد القمم الظاهرة في حيود الأشعة السينية (XRD)

(4-2-8-2) كثافة الانخلاعات (δ) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N_o)
(Dislocation Density and Number of Crystallites per unit area)

تمثل كثافة الانخلاع عدد خطوط الانخلاع التي تقطع وحدة المساحة في البلورة [67]، وهي تمثل النسبة بين الطول الكلي لخطوط الانخلاع جميعها وحجم البلورة وبمعرفة حجم الحبيبات يمكن حساب كثافة الانخلاعات الناتجة عن حجم الحبيبات من العلاقة الآتية [68]:

$$\delta = 1/D^2_{av} \quad \text{..... (6-2)}$$

أما عدد البلوريات (N_o) لوحدة المساحة فيتم حسابه وفق العلاقة الآتية [68]:

$$N_o = t/D^3_{av} \quad \text{..... (7-2)}$$

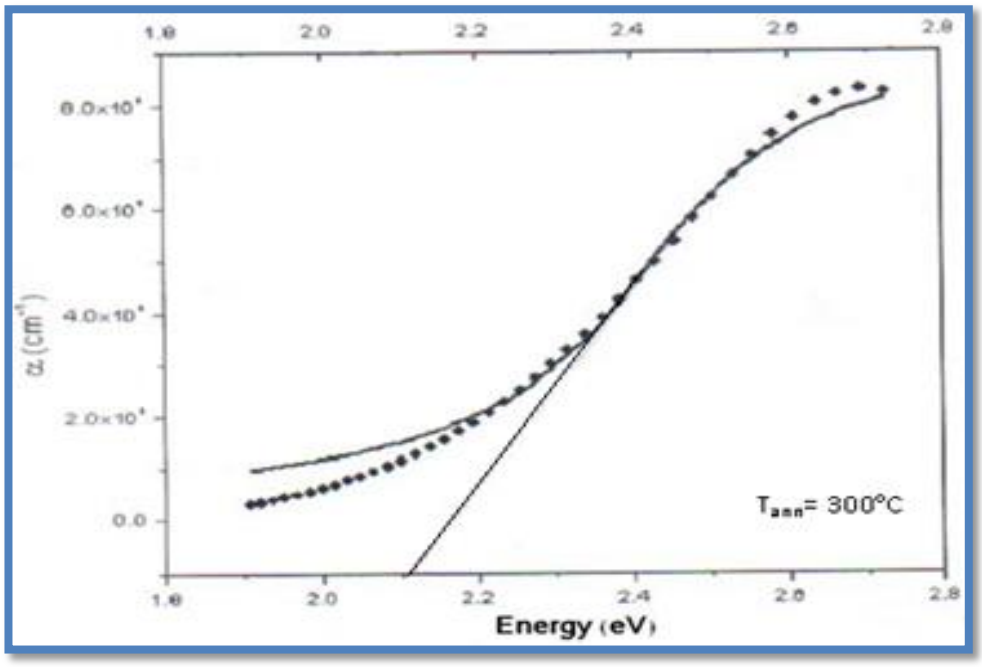
حيث ان t: سمك الغشاء.

(9-2) الخصائص البصرية (Optical Properties)

إن دراسة الخصائص البصرية لأشباه الموصلات مهمة جدا لتطبيقاتها في النبائط الإلكترونية [69]، حيث انها تزودنا بالعديد من المعلومات عن نوعية الإنتقالات الإلكترونية التي تحدث في المادة وعن تركيب حزم الطاقة وكذلك تصف الخواص المميزة التي تحدد تفاعل الضوء مع المادة [70].

(1-9-2) حافة الامتصاص الأساسية (Fundamental Absorption Edge)

إن حافة الامتصاص الأساسية تمثل الزيادة السريعة بمعدل الامتصاص عندما تكون طاقة الاشعاع الممتصة مساوية تقريباً لفجوة الطاقة كما مبين في الشكل (2-9)، إذ تمثل حافة الامتصاص الاساسية أقل فرق في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل،اما في أشباه الموصلات أحادية التبلور تكون حادة (Sharp) بينما تكون أقل حدة في أشباه الموصلات المتعددة التبلور [69،71].



الشكل (2-9): حافة الامتصاص الأساسية لمادة CdO [23].

(2-9-2) معامل الامتصاص (Absorption Coefficient)

يمكن أن يعرّف معامل الامتصاص على إنه نسبة التناقص في فيض طاقة الاشعاع الساقط بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط، وان معامل الامتصاص (α) يمكن وصفه بعلاقة (Lambert) الآتية: [53،70].

$$I_t = I_o e^{-\alpha t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8\text{-}2)$$

إذ إن:-

I_t: شدة الضوء النافذ

I_o: شدة الضوء الساقط

t: (السمك) المسافة التي يقطعها الضوء

(α): معامل الامتصاص ويقاس بوحدات (cm^{-1})

وبحل المعادلة (2-8) نحصل على:

$$\alpha\, t = 2.303\, \mathrm{Log}_{10}(I_o / I_t) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9\text{-}2)$$

حيث يـمـثل المـقدار $Log_{10}(I_o / I_t)$ امـتـصـاصـيـة (A) الـغـشـاء الـرقـيـق. وأن شـدة الأشـعـة الساقطة تتناقص بشكل أسي ($e^{-\alpha t}$) خلال المادة، ومعامل الامتصاص يعتمد على خواص شبه الموصل من حيث نوع الانتقالات الإلكترونية وفجوة الطاقة له وعلى طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) [50]، تساعد معرفة قيمة معامل الامتصاص على طبيعة الانتقالات الإلكترونية فإذا كانت قيمة (α)عالية أي إن ($\alpha>10^4 cm^{-1}$) فذلك يعني احتمالية حدوث انتقال إلكتروني مباشر، في حين تدل قيمة (α) القليلة ($\alpha<10^4 cm^{-1}$) على احتمالية حدوث انتقال إلكتروني غير مباشر، ويمكن حساب معامل الامتصاص من العلاقة الآتية [72]:

$$\alpha = 2.303\ A / t \qquad \ldots\ldots\ldots (10\text{-}2)$$

(3-9-2) الانتقالات الإلكترونية (Electronic Transitions)

تقسم الانتقالات الإلكترونية في اشباه الموصلات الى نوعين: الانتقالات المباشرة و الانتقالات غير المباشرة اعتمادا على موقع أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في قعر حزمة التوصيل [53].

(1-3-9-2) الانتقالات المباشرة (Direct Transitions)

يحدث الانتقال المباشر عندما ينتقل الالكترون من قمة حزمة التكافؤ قعر حزمة التوصيل عند النقطة نفسها في فضاء متجه الموجة (k) أي إن ($\Delta k=0$) والانتقال يكون عمودياً للإلكترون إذ يتحقق قانونا حفظ الطاقة والزخم [73،40]، وفي هذه الحالة فأن الامتصاص سوف يظهر عند ($h\nu=E_g^{opt}$) وهذا النوع يحدث دون تغير ملحوظ في الزخم، وهناك نوعان من الانتقالات المباشرة احدهما (الانتقال المباشر المسموح) (Direct Allowed Transition) يحدث هذا الانتقال بين أعلى وأوطأ نقطة لحزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي، والنوع الأخر (الانتقال المباشر الممنوع) (Direct Forbidden Transition) يحدث هذا الانتقال بين النقاط المجاورة لأعلى وأوطأ نقطة لحزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي ويمكن حساب معامل الامتصاص لهذا النوع من الانتقالات من العلاقة الآتية (Relationship Taus) [74،69]:

$$\alpha h\nu = B\ (h\nu - E_g^{opt})^{r} \qquad \ldots\ldots\ldots (11\text{-}2)$$

إذ إن:

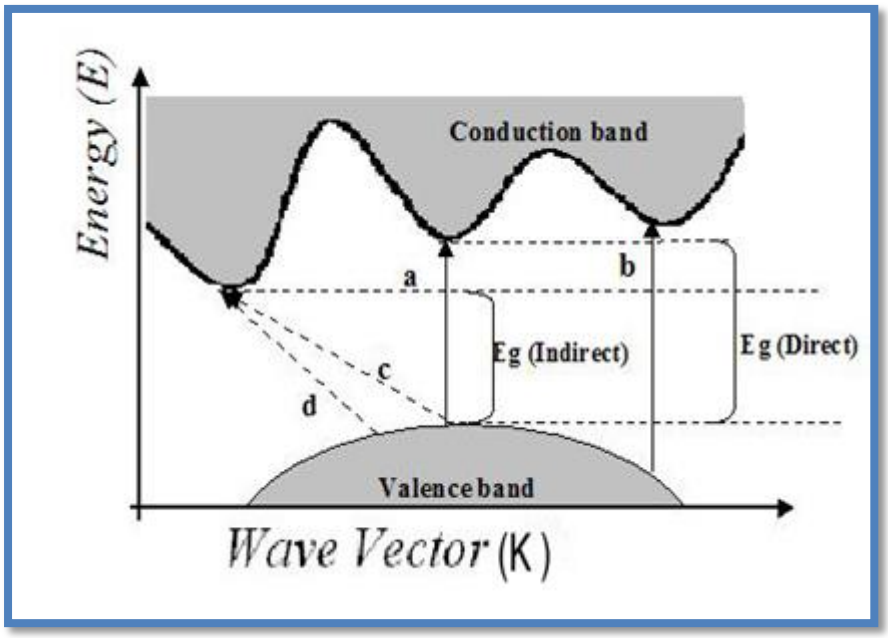
r: معامل أسي يحدد ويعتمد على نوع الانتقال

B: ثابت يعتمد على طبيعة المادة

E_g^{opt}: فجوة الطاقة البصرية بوحدات (eV)

hv: طاقة الفوتون الساقط بوحدات (eV)

يتضح من المعادلة (2-11) ان قيمة r تحدد نوع الانتقال، فأذا كانت (r=1/2) يكون الانتقال مباشراً مسموحاَ، أما إذا كان (r=3/2) فأن الانتقال يكون مباشر ممنوع [68] وكما في الشكل (2-10):



شكل (2-10): أنواع الانتقالات الإلكترونية [68].

(a) انتقال مباشر مسموح (b) انتقال مباشر ممنوع

(c) انتقال غير مباشر مسموح (d) انتقال غير مباشر ممنوع

(2-3-9-2) الانتقالات غير المباشرة (Indirect Transitions)

يقصد بها الانتقالات التي تحدث عند عدم تطابق طاقتي قعر حزمة التوصيل وقمة حزمة التكافؤ في مناطق مختلفة لفضاء متجه الموجة (k)، ويكون الانتقال غير عمودي وبذلك فأن قيمة متجه الموجه للإلكترون تكون غير متساوية قبل الانتقال وبعده ($\Delta k \neq 0$)، إن هذا النوع من الانتقال يصاحبه تغيير في زخم البلورة بسبب تغير زخم الإلكترون المنتقل، وهذا النوع من الانتقالات يحدث بمساعدة الفونون من أجل حفظ الزخم (Conservation of Momentum) الناتج عن تغير متجه الموجة (Wave Vector) للإلكترون، وهناك نوعان من هذه الانتقالات فعندما تكون الانتقالات بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل فإنه يسمى بـ(الانتقال غير المباشر المسموح)، أما إذا كان الانتقال بين نقاط مجاورة لأعلى وأوطأ

نقطة في حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل على التوالي فإنه يسمى بـ(الانتقال غير المباشر الممنوع) [73]:

$$\alpha h\upsilon = B\,(h\upsilon - E'^{\,opt.}_{g} \pm E_{ph})^{r} \quad \ldots\ldots\ldots (12\text{-}2)$$

إذ إن:

(r=2): في الانتقالات غير المباشرة المسموحة، (r=3) : في الانتقالات غير المباشرة الممنوعة كما في الشكل (2-10)

B : ثابت يعتمد على نوع المادة

$E'^{\,opt}_{g}$: فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح بوحدات (eV)

E_{ph}: طاقة الفونون المساعد بوحدات (eV)

الإشارة (-) : تعني امتصاص فونون

الإشارة (+) : تعني انبعاث فونون

(4-9-2) الثوابت البصرية (Optical Constants)

(1-4-9-2) الامتصاصية (A) (Absorption)

وهي النسبة بين شدة الأشعاع الممتص (I_A) إلى شدة الأشعاع الساقط على الغشاء($I_\circ$) [75] ويعبر عنها بالمعادلة الآتية:

$$A = I_A / I_\circ \quad \ldots\ldots\ldots (13\text{-}2)$$

وتتمثل علاقة النفاذية مع الامتصاصية بالعلاقة الآتية [76]:

$$A = \log_{10}(1/T) \quad \ldots\ldots\ldots (14\text{-}2)$$

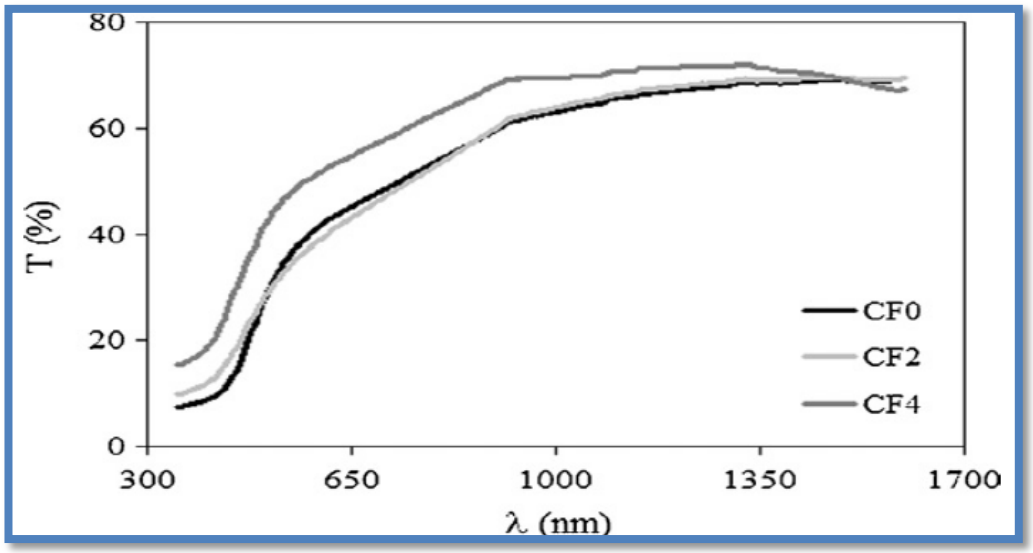
$$T = e^{-2.303A} \quad \ldots\ldots\ldots (15\text{-}2)$$

(2-4-9-2) النفاذية (T) (Transmittance)

وهي النسبة بين شدة الأشعاع النافذ من الغشاء (I_t) الى شدة الأشعاع الساقط ($I_\circ$) على الغشاء وتحسب من المعادلة الأتية [75]:

$$T = I_t / I_\circ \quad \ldots\ldots\ldots (16\text{-}2)$$

الشكل (2-11) يوضح تغير النفاذية البصرية مع الطول الموجي لأغشية CdO المطعمة بالفلور ولنسب تطعيم مختلفة [77].



شكل (2-11): النفاذية البصرية لأغشية CdO المطعمة بالفلور[77]

(3-4-9-2) الانعكاسيـة (R) (Reflectance)

إن الانعكاسية تعرف على أنها النسبة بين شدة الاشعاع المنعكس اثناء سقوط حزمة ضوئية ذو طول موجي (λ) معين على سطح ما إلى شدة الشعاع الساقط ،وتحسب من العلاقة الآتية [53]:

$$R = \frac{(n_o - 1)^2 + k_o^2}{(n_o + 1)^2 + k_o^2} \quad \ldots\ldots\ldots (17\text{-}2)$$

اذ إن:

n_o: معامل الانكسار

k_o: معامل الخمود

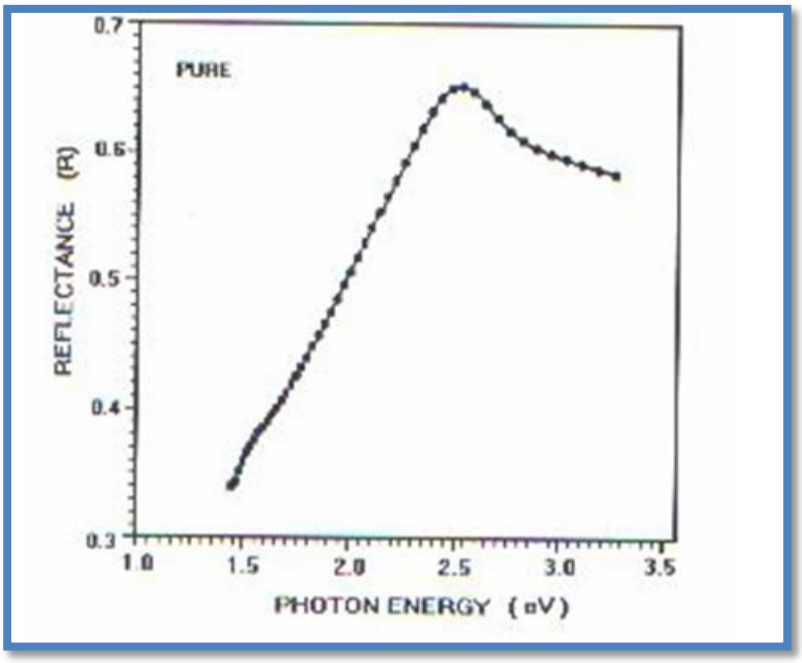
والعلاقه التي تربط الانعكاسية والنفاذية والامتصاصية حسب قانون حفظ الطاقة من خلال المعادلة الاتيه[67]:

$$A+T+R=1 \quad \ldots\ldots\ldots (18\text{-}2)$$

وتتوضح علاقة الانعكاسية بالنفاذية من خلال المعادلة الآتية [54]:

$T= (1-R)^2 e^{-\alpha t}$ ..... (19-2)

الشكل (2-12) يبين تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري [78].



شكل (2-12): تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء CdO [78].

(4-4-9-2) معامل الانكسار (n_o) (Refractive Index)

يُعرف معامل الانكسار على انه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في الوسط ويمثل الجزء الحقيقي من معامل الانكسار المعقد (N) [79]، ويعبر عن معامل الانكسار بالعلاقة الآتية [8]:

$$n_o = \left[\frac{(1+R)^2}{(1-R)^2} - \left(k_o^2 - 1\right)\right]^{1/2} + \frac{(1+R)}{(1-R)} \quad \text{..... (20-2)}$$

ويعبر عن معامل الانكسار المعقد بالعلاقة الآتية :

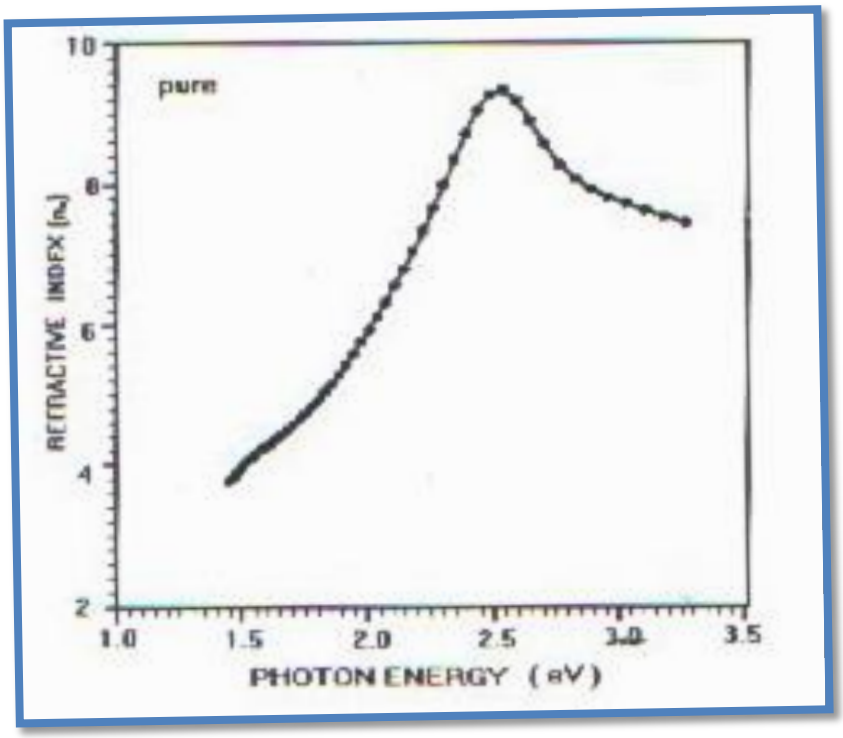
$N= c / v$ ..... (21-2)

إذ أن:

v, c: سرعة الضوء في الفراغ وفي الغشاء الرقيق على التوالي

و معامل الانكسار المعقد يعتمد على عدة عوامل من اهمها التركيب البلوري و نوع المادة إذ يتغير تبعا لتغير حجم البلوريات حتى لو كان التركيب البلوري نفسه [80].

الشكل (2-13) يمثل تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لغشاء (CdO) المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري [76].



شكل (2-13): تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لغشاء CdO

المحضر تقنية التحلل الكيميائي الحراري عند درجة حرارة (723 K) [76].

(2-9-4-5) معامل الخمود (k_o) (Extinction Coefficient)

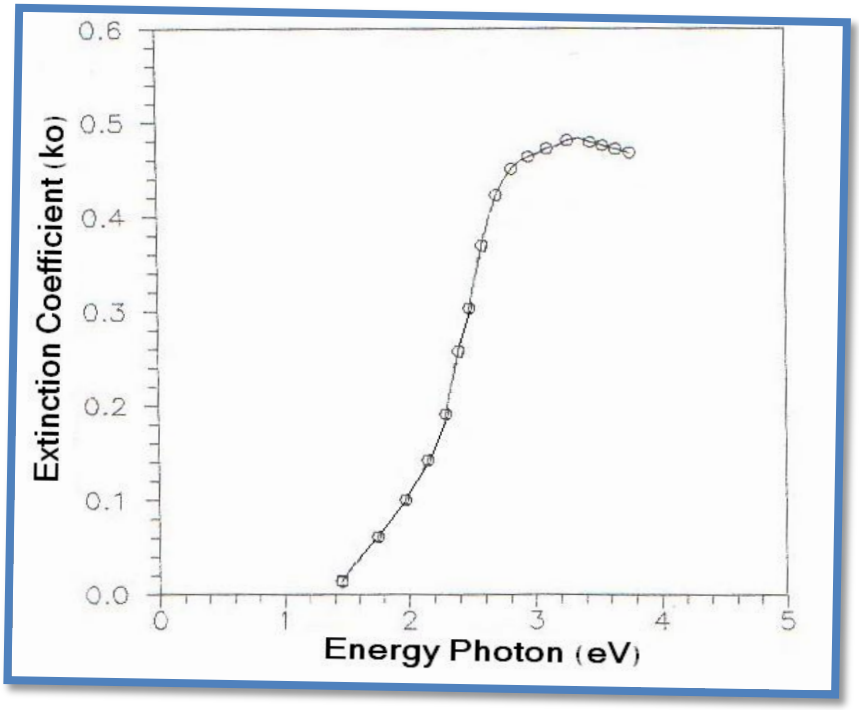
وهو كمية ما تمتصه إلكترونات المادة من طاقة الفوتونات الساقطة عليها او هو الخمود الحاصل في الموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة، ويحسب معامل الخمود للأغشية المحضرة من خلال المعادلة الآتية [6،71]:

$$k_o = \alpha \lambda / 4\pi \quad \text{..... (22-2)}$$

يسمى الجزء الخيالي من معامل الانكسار المعقد (N) (Complex Refractive Index) بـ (معامل الخمود)، كما موضح بالمعادلة:

$$N = n_o - ik_o \quad \text{..... (23-2)}$$

الشكل(2-14) يمثل معامل الخمود لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري.



شكل (2-14): تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري عند درجة حرارة (773 K)[81].

(2-9-4-6) ثابت العزل (ε) (Dielectric Constant)

يسبب التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط حدوث فقدان بالطاقة نتيجة امتصاص هذه الشحنات طاقة الحزمة الضوئية الساقطة عليها، وبالتالي سوف ينتج عنه استقطاب لشحنات ذلك الوسط ويوصف هذا الاستقطاب بثابت العزل الكهربائي المعقد للوسط (ε) و يمثل من الناحية الفيزيائية استجابة ألكترونات المادة للمجال المغناطيسي الساقط ويوضح حسب العلاقة الاتية [82]:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - i\varepsilon_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2\text{-}24)$$

إذ إن:

ε: ثابت العزل الكهربائي المعقد

ε_1: الجزء الحقيقي لثابت العزل

ε_2: الجزء الخيالي لثابت العزل

$\varepsilon = (N)^2$ ..... (25-2)

وتوضح العلاقة (25-2) ارتباط ثابت العزل الكهربائي المعقد بمعامل الانكسار المعقدة.

وبالتعويض عن قيمة كل من (ε, N) نحصل على :

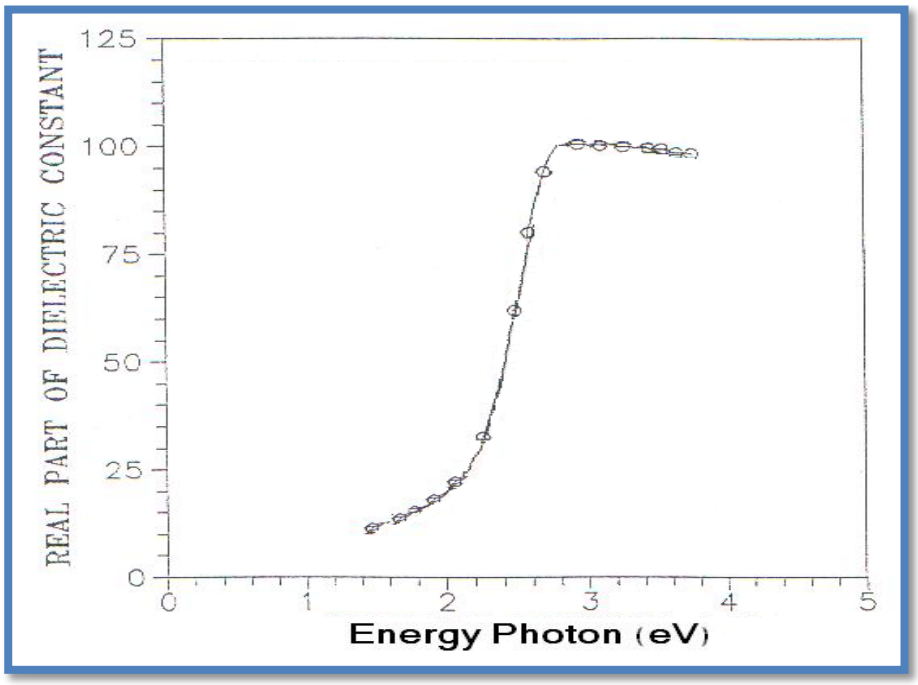
$\varepsilon_1 - i\varepsilon_2 = (n_o - ik_o)^2$ ..... (26-2)

وممكن كتابة الجزء الحقيقي والجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي بالمعادلة الآتيه:

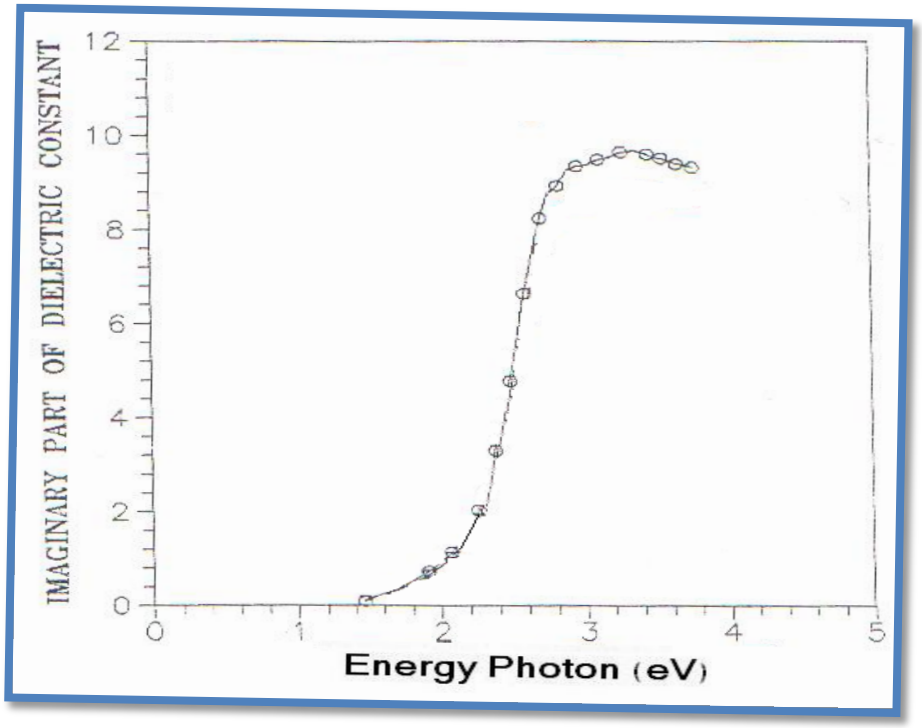
$\varepsilon_1 = n_o^2 - k_o^2$ ..... (27-2)

$\varepsilon_2 = 2\, n_o\, k_o$ ..... (28-2)

الشكلان (2-15) و(2-16) يمثلان الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل الكهربائي لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري.



شكل (2-15): تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي مع طاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري وبدرجة حرارة (773 K) [81].



شكل (2-16): تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي مع طاقة الفوتون لغشاء CdO المحضر بتقنية التحلل الكيميائي الحراري عند درجة حرارة (773 K) [81].

(7-4-9-2) طاقة ذيول اورباخ (Urbach Energy)

في هذه المنطقة تتراوح قيمة معامل الامتصاص (α) بين $(1< \alpha <10^4)cm^{-1}$ وعند هذه المنطقة تحدث الانتقالات الالكترونية بين المستويات الموضعية في قمة حزمة التكافؤ الى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل إذ إن حافة الامتصاص تزداد أسيا وذلك نتيجة حدوث زيادة تدريجية في الامتصاص تمتد لبضعة (إلكترون- فولت) وهذه الحافة تدعى بحافة اورباخ (Urbach edge) وتحسب من العلاقة الاتية [73]:

$$\alpha = \alpha_o \exp\left(\frac{h\upsilon}{E_U}\right) \quad \text{.....} (29\text{-}2)$$

إذ إن:-

α: معامل الامتصاص

α_o: ثابت التناسب

E_U: طاقة اورباخ

تمثل طاقة ذيول اورباخ عدد المستويات داخل فجوة الطاقة البصرية والتي تساوي مقلوب الميل الناتج من رسم العلاقة بين ($Ln\alpha$) و(hv) [74] .

(8-4-9-2) التوصيلية البصرية (σ) (Optical conductivity)

تعرف بأنها الزيادة الحاصلة في عدد حاملات الشحنة (الإلكترونات أو الفجوات) نتيجة سقوط حزمة ضوئية على شبه موصل، وتحسب حسب العلاقة الاتية [83]:

$$\sigma = \alpha n_o c / 4\pi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (30\text{-}2)$$

إذ إن:

C : سرعة الضوء في الفراغ بوحدات (cm/sec).

σ: تقاس التوصيلية البصرية بوحدات (s^{-1}).

(10-2) أشعة كاما (Gamma-Rays)

تنطلق أشعة كاما من نواة الذرة المشعة طبيعياً ومن المصادر الصناعية في اثناء عملية التحلل النووي، نتيجة عودة النوى من حالة التهيج الى حالة الاستقرار ببعث الطاقة الزائدة على شكل امواج كهرومغناطيسية وتمتلك طول موجي قصير جدا يتراوح بين cm($3x10^{-8}$-10^{-11}) لذلك تمتلك طاقة عالية جداً وقابلية اختراق المواد تكون بنسب متفاوتة اعتماداً على نوع المادة، ويتميز طيف كاما بكونه احادي الطاقة [84].

اما مصادر اشعة كاما:

- انحلال جسيمات بيتا والفا.
- اشعة الكبح (Bremsstrahlung).
- أشعة الفناء (Annihilation Radiation).
- اشعة كاما الناتجة عن بعض العمليات النووية الاخرى مثل الانشطار وعن التنشيط النيوتروني.
- الاشعة الناتجة عن انتاج الجسيمات المشحونة من النواة [85].

(11-2) تفاعل أشعة كاما مع المادة

(Interaction of Gamma Rays with Matter)

التفاعلات التي تحدث عند سقوط فوتون أشعة كاما على المادة فانها قد تعاني من امتصاص (Absorption) او استطارة (Scattering) وان اشعة كاما ذات المدى MeV(0.01-10) تتفاعل مع المادة بثلاث طرق رئيسة، وهي [86]:

1- التـاثير الكهروضوئي Photoelectric Effect.

2- تأثير كومبتن Compton Effect.

3- نتاج الزوج Pair Production.

ولكل تفاعل من هذه التفاعلات احتمالية التفاعل له بالمقطع العرضي للتفاعل (∂) والذي يعرف على انه احتمالية تفاعل الاشعاع مع المادة ويقاس بوحدات المساحة ومن وحداته البارن (Barn) [87].

وفيما يلي وصف مختصر لهذه التفاعلات:

(1-11-2) التأثير الكهروضوئي (Photoelectric Effect)

يعد من اهم التفاعلات التي يقوم بها فوتون اشعة كاما ذو الطاقة الواطئة نسبياً الساقط على أن يعطي كل طاقته للالكترون المداري المقيد بالذره [88] فيترك المدار الذي هو فيه ويتحرك بطاقة حركية تعطي بالعلاقة [89]:

$$T_e = E_\gamma - b \quad \ldots\ldots\ldots (31-2)$$

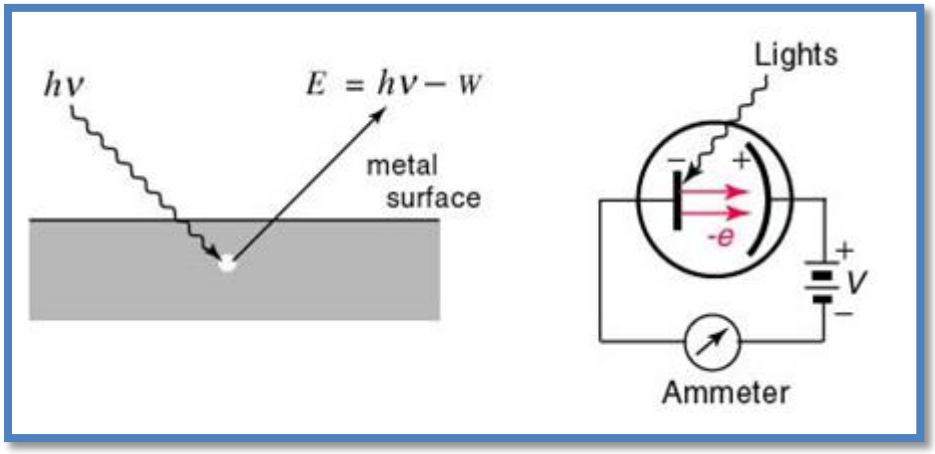
حيث

T_e: الطاقة الحركية للالكترون المتحرر

E_γ: طاقة الفوتون الساقط

b: طاقة ربط الالكترون بالذرة

أول من اكتشف التأثير الكهروضوئي العالم هيرتز وتم تفسيرها بحسب نظريتي اينشتاين وبلانك، وفي هذه العملية يتحقق قانونا حفظ الزخم والطاقة [90]، واحتمالية التفاعل الكهروضوئي (τ_a) تزداد مع زيادة طاقة ربط الالكترون بمداره، اما عندما تقترب طاقة الفوتون الساقط من طاقة ربط الالكترون بمداره ستحصل سلسلة من القفزات الحادة في منحني الامتصاص، وتدعى هذه القفزات بحافات الامتصاص (Absorption Edges) [91]، والشكل(2-17) يوضح رسماً تخطيطياً لكيفية حدوث الظاهرة الكهروضوئية [92].



شكل (2-17): رسماً تخطيطياً لكيفية حدوث الظاهرة الكهروضوئية [92].

والاحتمالية حدوث التفاعل الكهروضوئي تتناسب طردياً مع العدد الذري (Z) وعكسياً مع طاقة كاما الساقطة وبحسب العلاقة [93]:

$$\tau_a \alpha \frac{Z^p}{E^q} \quad \text{..... (32-2)}$$

حيث (p) تتراوح قيمتها بين (3-5) و(q) تتراوح قيمتها بين (1-4).

واحتمالية حدوث التفاعل الكهروضوئي مع الكترونات المدار k تمثل حوالي (80%) من الاحتمالات الكلية [94].

قام (Bethe) بايجاد علاقة احتمالية تفاعل الفوتون واطي الطاقة مع الكترون المدار (k) وفقاً للعلاقة [91]:

$$(\tau_a)_k = \sigma_o \, 4\sqrt{2} \left(\frac{1}{137}\right)^4 Z^5 \left(\frac{m_o c^2}{E_\gamma}\right)^{1/2} \quad \text{..... (33-2)}$$

حيث ان :

Z: العدد الذري للمادة

$m_o c^2$: الطاقة السكونية للالكترون وتساوي (0.511MeV)

E_γ: طاقة الفوتون الساقط

اما σ_o فتساوي $(8\pi r_o^2)/3$

وعندما تكون طاقة الفوتون الساقط اعلى بقليل من حافة الامتصاص فان الاحتمالية تعطى بالعلاقة [95]:

$$(\tau_a)_k = Z^5 E_\gamma^{-7/5} \quad \text{..... (34-2)}$$

إن احتمالية امتصاص الفوتونات تزداد في المواد ذات العدد الذري الكبير اكثر من المواد ذات العدد الذري القليل وإذا ازدادت طاقة الفوتون الساقط (E_γ) عن (p) بشكل كبير ($h\upsilon >> m_o c^2$) فان احتمالية التفاعل تعطى بالعلاقة الاتية [86]:

$$(\tau_a)_k \ \alpha \ Z^5 \ E_\gamma^{-1} \qquad \ldots\ldots\ldots (35\text{-}2)$$

(2-11-2) تأثير كومبتن (Compton Effect)

هي عملية استطارة غير مرنة بين الفوتون والكترونات المدارات الخارجية (الالكترون الحر)، اي أن طاقة ربط الالكترون بالذرة تكون صغيرة جداً مقارنة مع طاقة الفوتون الساقط، وخلال عملية التصادم فأن فوتون كاما يُعطي جزءاً من طاقته الى الالكترون المصطدم فتكون بشكل طاقة حركية مقدارها (E_e) ويرتد بزاوية (ϕ) عن اتجاه الفوتون الساقط بينما يستطار الفوتون الساقط بزاوية (θ) مع اتجاه سقوطه وبطاقة (E_γ)، وحيث أن طاقة الفوتون الساقط تقل من (E_γ) الى (E'_γ) لذلك فان ترددة يقل من (υ) الى (υ') ويزداد طوله الموجي من (λ) الى ($\lambda`$) [95]. ولكي تكون محفوظة فأن [96] :

$$E\gamma = E\gamma' + Te \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (36\text{-}2)$$

حيث ان:-

$E\gamma$: طاقة الفوتون الساقط

$E\gamma'$: طاقة الفوتون المستطار

Te: طاقة الحركية للالكترون

بتطبيق قوانين حفظ الطاقة والزخم لعمليه التفاعل يمكن الحصول على العلاقات الرئيسة للتفاعل [97] وعلى النحو الاتي:

1- طاقة الفوتون المستطار (E'_γ) بدلالة طاقة الفوتون الساقط ($h\upsilon$) وزاوية الاستطارة (θ).

$$E\gamma' = \frac{h\upsilon}{1+\gamma\,(1-\cos\theta)} \qquad \ldots\ldots\ldots (37\text{-}2)$$

2- الطاقة الحركية للالكترون المرتد (E_e) بدلالة طاقة الفوتون الساقط ($h\upsilon$) وزاوية الاستطارة (θ).

$$E_e = h\upsilon \ \frac{\gamma\,(1-\cos\theta)}{1+\gamma\,(1-\cos\theta)} \qquad \ldots\ldots\ldots (38\text{-}2)$$

إذ تكون قيمة (γ) مساوية الى:

$$\gamma = \frac{h\upsilon}{m_o\, c^2} \qquad \ldots\ldots\ldots (39\text{-}2)$$

3- زاوية ارتداد الالكترون بدلالة زاوية استطارة الفوتون [98]:

$$\mathrm{Cot}\,(\emptyset) = (1+\gamma)\tan(\frac{\theta}{2}) \qquad \ldots\ldots\ldots (40\text{-}2)$$

من المعادلتين (2-37) و(2-38) يمكن استنتاج ما يأتي:

1- أعظم طاقة يمكن أن يستطار بها الفوتون $(h\nu')_{max}$ تكون عندما يسقط هذا الفوتون بطاقة واطئة ($h\upsilon << m_oc^2$) وتبعاً لذلك فأنه سيعطي اقل مقدار ممكن من الطاقة للالكترون المرتد $(E_e)_{min}$ وهذه الطاقة يمكن اهمالها، ويستطار الفوتون بزاوية صغيرة جداً ($\theta \approx 0$) وعليه فان [97]:

$$(h\upsilon')_{max} \approx h\upsilon'$$

$$(E_e)_{min} \approx 0$$

2- إن أعظم طاقة يمكن ان يرتد بها الالكترون تكون عندما يسقط الفوتون بطاقة عالية ($h\upsilon >> m_oc^2$) إذ أن معظم طاقة هذا الفوتون تنتقل الى الالكترون كطاقة حركية ويستطار الفوتون خلفياً (Back Scattering) بزاوية ($\theta \approx 180^o$) حاملاً اقل مقدار ممكن من الطاقة $(h\nu')_{min}$ وعليه فان [98]:

$$(h\upsilon')_{min} = \frac{h\upsilon}{1+2\gamma} \qquad \ldots\ldots\ldots (41\text{-}2)$$

$$(E_e)_{max} = h\upsilon\ \frac{2\gamma}{1+2\gamma} \qquad \ldots\ldots\ldots (42\text{-}2)$$

$$E_\gamma = h\upsilon = (E_e)_{max} + (h\upsilon')_{min} \qquad \ldots\ldots\ldots (43\text{-}2)$$

يمكن استنتاج أن زاوية استطارة الفوتون (θ) تتراوح بين (0^o, 180^o) وزاوية ارتداد الالكترون (ϕ) تتغير بين (0^o, 90^o) على التوالي، وأن التغير في طول موجة الفوتون الساقط عندما يستطار بزاوية (θ) يعطى بالعلاقة الاتية [99]:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_o\, c}(1-\cos\theta) \qquad \ldots\ldots\ldots (44\text{-}2)$$

$$\lambda_c = \frac{h}{m_o\ c} = 0.0243\ \text{Å} \qquad \ldots\ldots\ldots (45\text{-}2)$$

إذ إن:-

λ_c: طول موجة كومبتن.

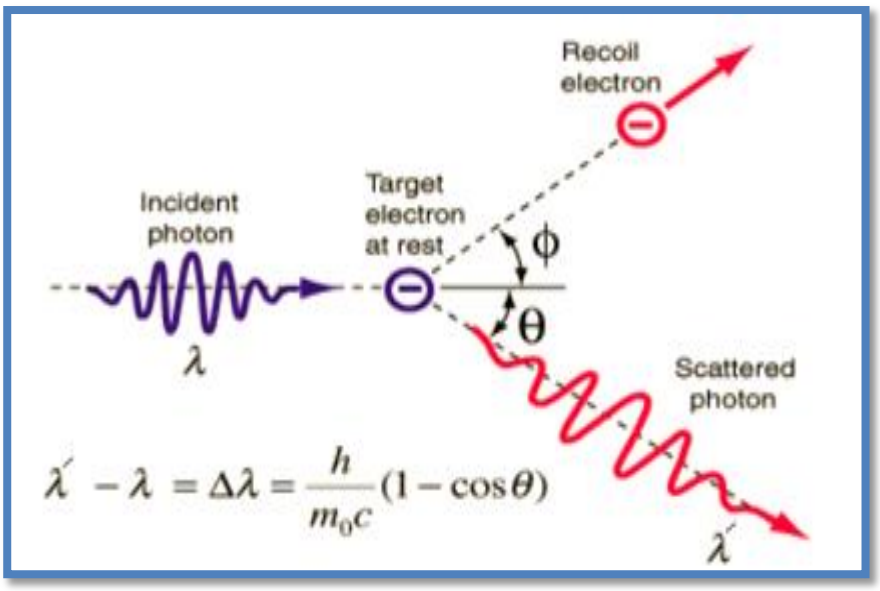
$\Delta\lambda$: تغير الطول الموجي نتيجة الاستطارة.

λ' ,λ: طول موجة الفوتون قبل وبعد الاستطارة على التوالي.

ومن المعادلة (2-44) يمكن إن نستنتج:-

1- إن التغير في الطول الموجي يعتمد على زاوية استطارة الفوتون (θ) وليس على طاقة الفوتون الساقط ولاعلى مادة المستطير.

2- يزداد الطول الموجي (λ) بعد الاستطارة (λ') بمقدار $\lambda_c(1-\cos\theta)$، والشكل (2-18) يوضح استطارة كومبتن [100].



شكل (2-18): استطارة كومبتن [100].

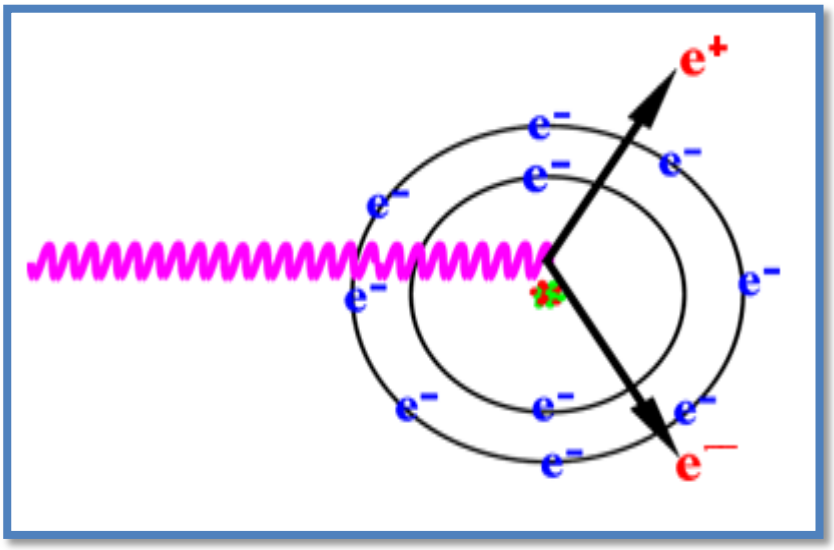
(3-11-2) انتاج الزوج (Pair Production)

إن هذا التفاعل الكهرومغناطيسي يحصل مع نواة ذرية عندما تكون طاقة الفوتون الساقط عليه ($E\gamma>2m_oc^2$) [85]، حيث يمر الفوتون بقرب النواة، ويتولد زوج الكترون- بوزترون، وفي اثناء هذه العملية تتجسد الطاقة في صورة مادة وهذه العملية لا تحدث في الفراغ وذلك لتحقيق قوانين حفظ الطاقة والزخم وحيث من الضروري وجود جسيمة مشحونة (نواة او الالكترون) لحفظ الزخم [101] ولتحقيق هذه العملية فانه من الضروري ان تكون طاقة الفوتون اكبر من الطاقة المكافئة لكتلة السكون للجسمين أي اكثر من (1.022MeV). واحتمالية انتاج الزوج ($K_{p.p}$) في المجال النووي او الالكتروني تتناسب طردياً مع كل من طاقة الفوتون الساقط ومربع العدد الذري [86]:

$$K_{pp} \alpha Z^2 \ln E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (46\text{-}2)$$

ومن خلال سير البوزترون في المادة فانه يفقد طاقته بعمليات التهيج والتأين ويفنى باتحاده مع الإلكترون وبعملية تدعى بالفناء وبصورة عامة ينتج فوتونان كاما طاقة كل منهما (m_oc^2)

ويتحركان باتجاهين متعاكسين بينهما زاوية مقدارها (180^o) وذلك لتحقيق قانوني حفظ الزخم والطاقة، والشكل (2-19) يوضح ظاهرة انتاج الزوج [102].



شكل (2-19) ظاهرة أنتاج الزوج [102].

الفصـــل الثالث

الجزء العملي

CHAPTER Three

Experimental Part

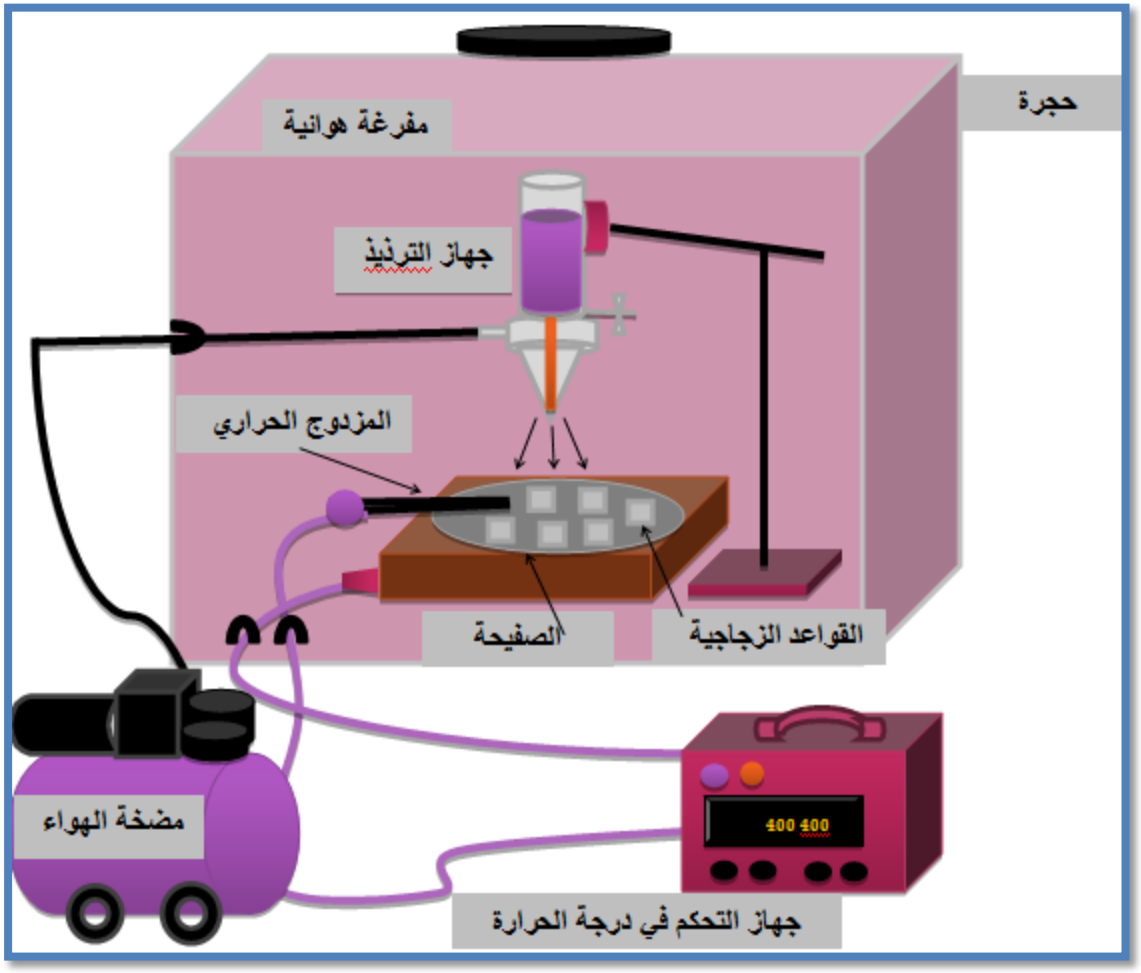
(1-3) المقدمة (Introduction)

يتناول هذا الفصل الجزء العملي من دراستنا، تحضير اغشية اوكسيد الكادميوم، عرض طريقة ترسيب المحاليل، واختيار القواعد، وتنظيفها، والعوامل المؤثرة على تحضير الاغشية، ووصف وتشخيص طبيعة الاغشية بواسطة مجهر القوة الذرية ، وتشخيص طبيعة مادة الغشاء باستعمال حيود الاشعة السينية .

(2-3) منظومة التحلل الكيميائي الحراري

(Chemical Spray Pyrolysis System)

تتألف منظومة التحلل الكيميائي الحراري من عدة أجهزة بسيطة كما في الشكل (3-1).

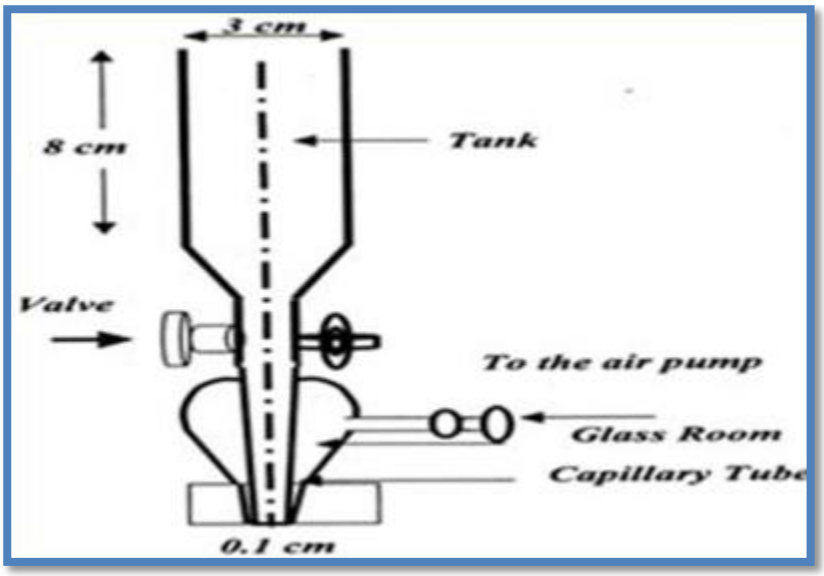


شكل (3-1): منظومة التحلل الكيميائي الحراري المستخدمة في العمل.

تتكون هذه المنظومة من الاجهزة الآتية:

1- جهاز الترذيذ (The Sprayer Nozzle)

صنع هذا الجهاز محليا من الزجاج الاعتيادي حيث يحتوي على خزان اسطواني الشكل بسعة (100ml) مفتوح من الاعلى نصف قطره (1.5cm) وارتفاعه (8cm) ويستخدم هذا الخزان لوضع المحلول المراد ترذيذه ويتصل من اسفله بصمام يستخدم لغرض التحكم بمقدار المحلول النازل الى انبوب شعري نصف قطره (1mm)، تحاط الانبوبة الشعرية بغرفة زجاجية منتفخة مغلقة من الاعلى لاتصالها بالحافة الخارجية للانبوبة الشعرية ومفتوحة من الاسفل وتحيط فتحة الغرفة الزجاجية بفتحة الانبوب الشعري بحيث تكون الفتحتان متحدتي المركز وبمستوي واحد، تحتوي الغرفة الزجاجية على فتحة جانبية تسمح بمرور الهواء المضغوط داخلها مما يسبب تخلخلا في الضغط داخل الغرفة الزجاجية مؤدية الى تحويل القطرة النازلة من الانبوبة الشعرية الى رذاذ على شكل مخروط باتجاه القاعدة الزجاجية المراد ترسيب الغشاء عليها كما موضح في الشكل(3-2)، يستخدم الحامل المعدني لتثبيت جهاز الترذيذ في اثناء عملية الترسيب، حيث يثبت جهاز الترذيذ على ارتفاع معين بوساطة ماسك مثبت على الحامل المعدني ويمكن التحكم بارتفاع جهاز الترذيذ عن سطح المسخن الكهربائي، وكذلك يمكن التحكم في وضع جهاز الترذيذ (زاوية سقوط الرش على القاعدة الزجاجية)، اذ يجب ان تكون نهاية الانبوبة الشعرية التي يخرج منها المحلول بوضع عمودي على القاعدة المراد ترسيب الغشاء عليها.



شكل (3-2): مخطط توضيحي لجهاز الترذيذ.

2 - المسخن الكهربائي (Electrical Heater)

وهو الجهاز الذي من خلاله يتم التحكم بدرجة حرارة القاعدة الزجاجية المطلوب ترسيبها ويتم ربط هذا الجهاز بمسيطر الكتروني إذ يستعمل للسيطرة على درجة حرارة القاعدة من خلال التحكم بمقدار الجهد الواصل للمسخن بعد برمجته الكترونياً.

3 - المزدوج الحراري (Thermocouple)

وهو عبارة عن مجس حراري حساس يتم وضعه على سطح القاعدة يكون متصل بعداد رقمي (Digital) ويستعمل لمعرفة درجة حرارة القاعدة الزجاجية التي وضعت على السخان الكهربائي أن هذا المجس من نوع Temp-Mebgerat(NiCr-Ni)وهو مزود من شركة (Leybold) الالمانية.

4 - مضخة الهواء (Air Compressor)

تستخدم مضخة الهواء على دفع هواء مضغوط في داخل الحجرة الزجاجية وذلك من خلال الفتحة الجانبية التي توجد في الحجرة الزجاجية وهذه المضخة مرتبطة بجهاز الترذيذ عن طريق أنبوب مطاطي إذ يتم دفع المحلول النازل من الانبوبة الشعرية واصلاً الى سطح القاعدة الزجاجية بشكل رذاذ والمضخة المستخدمة مجهزة من الشركةالبولندية (UTV).

5 - مقياس التدفق (Flowmeter)

وهو جهاز يستعمل لقياس نسبة تدفق الهواء لداخل جهاز الترذيذ إذ أنه مجهز بصمام نستطيع من خلاله التحكم بنسبة التدفق إذيتكون من ثلاث أجزاء رئيسية وهي أنبوب مدبب وكرة عائمة(Float) في داخل الأنبوب ترتفع عند دخول الهواء وعند ارتفاع الكرة سيسمح للهواء في الدخول بين الكرة وجدار الأنبوب وتبقى في وضعها وذلك بسبب تأثير وزن السائل على وزنها وهكذا يتم حساب نسبة التدفق وهذا الجهاز هو جهاز امريكي الصنع مجهز من شركة(DWYER).

.

(3-3) العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة

(Factors Affecting the Preparation of Thin Films)

هناك عوامل عدة لها تأثير على تجانس الاغشية الرقيقة عند ترسيبها ومن اهمها:

1- درجة حرارة القاعدة (SubstrateTeperature)

إن درجة حرارة القواعد من العوامل المهمة في تجانس الاغشية المرسبة وتماسكها وفي نوعية مادة الغشاء المرسب ولذلك ان انخفاض او ارتفاع درجة حرارة القاعدة يؤثر كثيراً في طبيعة التفاعل الكيميائي الحاصل عليها والذي يستمد حرارته منها وبالتالي فأنه يؤثر على طبيعة المادة الناتجة بعد التفاعل.وعلى هذا الاساس تتبعنا عملية رفع درجة حرارة القاعدة لمعرفة مدى تأثيرها على نوعية وجودة الاغشية المرسبة حيث بدأنا بالدرجة الحرارية (400 ^oC) وهذا مادفعنا الى زيادة درجة حرارة الترسيب الى (450 ^oC) وتم الحصول على اعشية رقيقه متجانسه وذات تلاصق جيد.

2- معدل الترذيذ (Spraying Rate)

يؤثر معدل الترسيب في تجانس الغشاء، إذ وجد أن افضل معدل ترسيب نحصل منه على أغشية متجانسة هو ($10cm^3/min$) ويتم التحكم بهذا المعدل عن طريق الصمام الموجود في جهاز الترسيب.

3- ارتفاع جهاز الترذيذ (The Height of Sprayer Nozzle)

ويقصد به المسافة العمودية بين نهاية الأنبوبة الشعرية والقاعدة الزجاجية ، اذ وجد أن أفضل غشاء متجانس نحصل عليه عند ارتفاع ($30\pm1cm$) تقريباً والذي يكون رذاذ المحلول غير متطاير بعيداً عن القاعدة الزجاجية وغير متجمع في بقعة واحدة.

4- زمن الترسيب (Spraying time)

لتحضير الاغشية المطلوبة في دراستنا فأن زمن الترسيب المستخدم هو (10s) وذلك لتجنب التبريد المفاجئ للقواعد الذي يؤدي إلى تشققات في القاعدة الزجاجية، ويعقب عملية الترسيب توقف لمدة (3 min) وذلك لضمان عودة درجة حرارة القاعدة الى قيمتها الأصلية ولإتمام عملية

الإنماء البلوري، ويتم التحكم بمعدل الرش خلال صنبور جهاز الترسيب وتعاد هذه العملية عدة مرات للحصول على السمك المطلوب.

5- ضغط الهواء (Air Pressure)

يجب أن يكون الهواء المضغوط داخل الغرفة الزجاجية بشكل يجعل المحلول على شكل رذاذ دقيق حتى لا يتسبب في برودة القاعدة الزجاجية وتكسرها، إذ تم تثبيت ضغط الهواء داخل الغرفة الزجاجية في جهاز الرش عند تحضير جميع الأغشية بحدود ($10^5 N/m^2$) للحصول على غشاء متجانس للمادة المحضرة.

(3–4) تحضير الأغشية الرقيقة (Preparation of Thin Films)

(3–4–1) تهيئة قواعد الترسيب (Sample Substrates Deposition)

القواعد الزجاجية المستخدمة مصنوعة من الزجاج صينية الصنع ذات سُمك (0.1cm) ومساحتها ($2.55\times2.50\ cm^2$)، ويتم تنظيف القواعد الزجاجية بمراحل عدة لضمان عملية التنظيف الجيدة لما لها من أثرٍ بالغ الأهمية في تركيب مادة الغشاء المحضر، ولأَنَّ وجود الشوائب على سطح القاعدة يؤثر سلباً على دقة القياسات، وهذه المراحل هي :

1- قطع الشرائح الزجاجية إلى مربعات صغيرة وبمساحة cm^2 (2.5×2.5).

2- غسل القواعد جيداً بالماء الجاري للتخلص من العوالق الناتجة عن العوامل الجوية.

3- غسل القواعد بالماء المقطر إذ توضع في دورق يحتوي على الماء المقطر ويوضع في جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Cleaner) لـمدة (10min).

4- مسك القاعدة الزجاجية بملقط خاص وغمرها في دورق يحوي على الأسيتون النقي نقاوته (99%) لإزالة أية آثار دهنية أو عوالق متبقية على سطحها ثم توضع في جهاز الموجات الفوق الصوتية لمدة (10min).

5- تجفف القواعد باستعمال قطعة نسيج خاصة بتنظيف العدسات البصرية والتي لا تترك أي شوائب على سطح القواعد الزجاجية.

6- يتم حفظ القواعد بحافظات مناسبة بعد حساب وزن كل قاعدة وتسجيله على الحافظة الخاصة بها.

(2-4-3) تحضيرالمحلول المستخدم في تحضير أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO)

(Preparation of the solution used in the preparation of Cadmiumoxide thin films (CdO))

لتحضيرالمحلول المستخدم في تحضير أغشية (CdO) الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري تم استخدام مادة نترات الكادميوم (CADMIUM NITRATE) ورمزها الكيميائي ($Cd(NO_3)_2.4\ H_2O$) وهي عبارةعن مسحوق أبيض سريعة الذوبان بالماء، وزنه الجزيئي (308.47 g/mol). وقد تم تحضير المحلول بتركيز مولاري مقداره (0.1 mol/l) وذلك بأضافة (3.0847 g) منها في (100ml) من الماءالمقطر، وللحصول على الوزن المطلوب المراد إذابته ضمن العيارية السابقة استعملت العلاقة الآتية:

$$M = (W_t / M_{Wt}). (1000/V) \quad \text{.....(1-3)}$$

إذ إن :-

M: التركيز المولاري (mol/l)

W_t: الكتلة المذابة (g)

M_{wt}: الوزن الجزيئي للمادة (g/mol) .

V: حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الإذابة (ml)

وبعد ترذيذ المحلول على القواعد الزجاجية الساخنة وبفعل عملية التحلل الكيميائي الحراري تمت عملية ترسيب غشاء (CdO) على وفق المعادلة الكيميائية الآتية:

$$Cd(NO_3)_2.4H_2O + 2H_2O \text{ ----› } CdO + 2NO_2 + 5H_2O + 1/2\ O_2 \quad \text{.....(2-3)}$$

(3-4-3) ترسيب الأغشية الرقيقة (Thin Film Deposition)

توضع القواعد الزجاجية على السخان الكهربائي ويفتح السخان حتى تصل الى درجة حرارة (450^oC) ثم يرذذ المحلول لمدة (10sec) تعقبها فترة توقف لمدة (3min) كي تعود القواعد الزجاجية الى درجة حرارة القاعدة (450^oC) ثم يعاد عملية الترذيذ لفترة أخرى حتى الوصول الى السمك المطلوب تحضيره، ويتم تدوير القواعد الزجاجية في اثناء عملية الترذيذ للحصول على أفضل تجانس للغشاء وبعد انتهاء عملية الترذيذ يغلق السخان الكهربائي وتترك القواعد الزجاجية فوقه حتى تصل الى درجة حرارة الغرفة للسماح للأغشية المحضرة اكمال عملية الأكسدة والانماء البلوري وعدم تكسر القواعد الزجاجية بسبب إختلاف درجات الحرارة.

(3-5) قياس سمك الأغشية الرقيقة

(Thickness Measurement of Thin Films)

تم استخدام الطريقة الوزنية لقياس سمك الأغشية، اذ يتم وزن القاعدة الزجاجية النظيفة باستخدام ميزان الكتروني حساس من نوع (Mettler AE-160) ذو حساسية ($10^{-4}g$)، فتكون الكتلة قبل الترسيب (m_1)، وبعد إتمام عملية الترسيب يعاد حساب كتلتها مرة ثانية فتكون (m_2) ويكون فرق الكتلة (Δm) عبارة عن وزن مادة الغشاء المترسبة على القاعدة، ويتم حساب سمك الغشاء (t) باستخدام المعادلة التالية :-

$$t = (\Delta m/\rho.S) \quad \text{.....(3-3)}$$

اذ ان:-

ρ: كثافة مادة الغشاء (g/cm^3).

S: مساحة الغشاء (cm^2).

(3-6) القياسات البصرية (Optical Measurements)

تشمل القياسات البصرية قياس طيفي الامتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance)، بمدى الأطوال الموجية (900-380)nm باستعمال مطياف (V-1800 UV-Visible Recording Spectrophotometer) المجهزه من

شـركـة (Shimadzu) اليابـانية، ويكون مـن نـوع ذي الـحـزمـتـين، إحـداهمـا تـمـر عـبـر الـغـشـاء الـمـراد إجـراء الـقـياس البصري له والأخرى تمر خلال الشريحة الزجاجية في شباك المرجع.

(7-3) قياسات حيود الأشعة السينية

(X-Ray Diffraction Measurements)

لأجل معرفة طبيعة التركيب البلوري للأغشية المحضرة لدراسة نمط حيود الأشعة السينية للأغشية المستخدمة في هذا البحث، تم استخدام جهاز توليد الأشعة السينية بالمواصفات الآتية:

TYPE :XRD-6000, SHIMADZU , JAPANESE ORIGIN

TARGET: Cu*K*α

WAVE LENTGTH: (1.54060) Å

SPEED: (5) deg / min

VOLTAGE: (40) KV

CURRENT: (30) mA

RANGE (2θ): (0-90) deg

(3-8) قياسات مجهر القوة الذرية

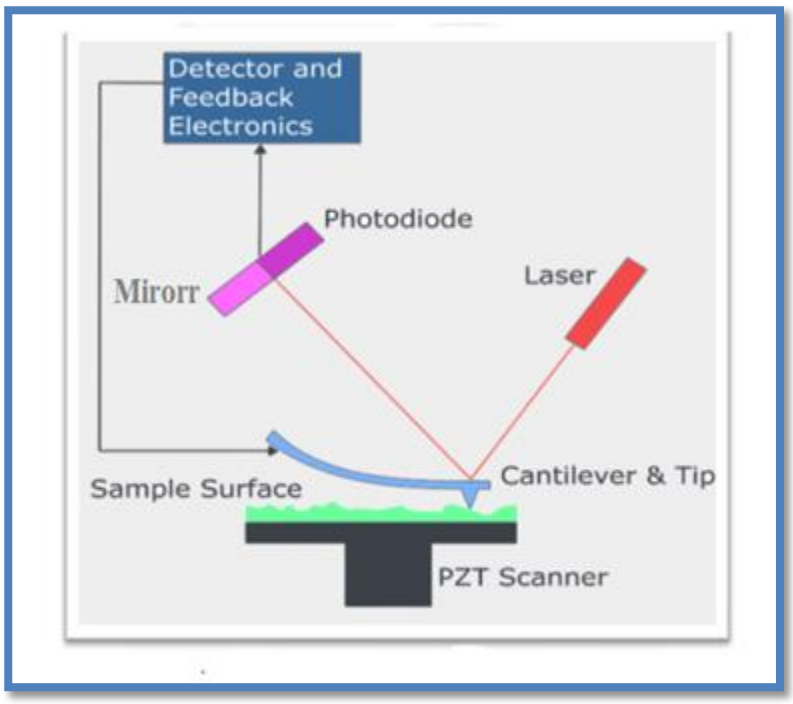
(Atomic Force Microscopy Measurements (AFM))

مجهر القوة الذرية عبارة عن جهاز يستخدم في مجال تقنية النانو لمعرفة تضاريس السطوح ذات الأبعاد النانوية والمايكروية ورسمها وكما يـسـتـخـدم فـي قـيـاس مـرونـة الجزيئات النانوية والمايكروية، وان مجهر القوة الذرية هو أحد أنواع مجاهر المجس الـماسح (Scanning Probe Microscopy) (SPM) ويـسـتـعـمل عادة لـقياس سـطـح الـعوازل والـموصـلات وكـذلـك يـزودنـا بـمعلومات غـاية في الـدقـة عـن خـشونة

السطح ومعدلها (Root Mean Square)(RMS)، وكذلك أحجام الحبيبات (Grains) وأعدادها، ويعتبر هذا المجهر متطوراً عن المجهر النفقي الماسح (STM) وقد تم أختراع مجهرالقوة الذرية (AFM) من قبل العالمين (Quate وGerber) في العام (1986) [56].

يتكون مجهر القوة الذرية (AFM) من ذراع (cantilever) في نهايته مجس (Probe) مكون من رأس حاد يعرف بال (لTip) يستخدم لمسح سطح العينة كما في الشكل (3-3)، وتكون الذراع مصنوعة من مادة السليكون أو نيتريد السليكون (Si_3N_4)، وعندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي هذه القوة إلى انحراف في الذراع بناء على قوة هوك وقد تكون القوة المتبادلة قوة ميكانيكية أو قوة فاندرفال أو قوة شعرية أو قوة كهروستاتيكية أو قوة مغناطيسية أوغيرها من أنواع القوى وهذا حسب نوع السطح الذي يتم دراسته،كما يمكن دراسة العديد من أنواع هذه القوى باستخدام مجسات خاصة وعندها يسمى المجهر باسمها مثل مجهر القوة المغناطيسية ((Magnetic Force Microscopy(MFM) أومجهر المسح الحراري ((Scanning Thermal Microscopy (STM)، تتم عملية مسح النموذج بعد وضعه على قاعدة قابلة للحركة على وفق مبدأ كهربائي- ضغطي (Piezoelectric) ، وهناك أنواع اخرى من مجاهر القوة الذرية تستخدم (3) بلورات بيزوالكتريك كل بلورة مسئولة عن اتجاه من اتجاهات الحركة الثلاثة، وبعدها تقوم الإبرة (Tip) ذات الأبعاد المايكروية بالمرور على السطح المراد مسحه وتكون هذه الابرة مثبتة إلى حامل (Cantilever) افقي بينما تكون هي نفسها عمودية على هذا الحامل وعلى السطح المراد مسحه وبعدها يتم اسقاط شعاع ليزري على الحامل الذي يرتفع وينخفض مع ارتفاع وانخفاض الإبرة وبالتالي مع تنوع تضاريس السطح من ارتفاع وانخفاض، ويجب أن يكون مسح المجس عند ارتفاع معين من سطح العينة لان ذلك يشكل خطورة على المجس بأن يصطدم بالسطح ولتجنب حدوث هذا يتم استخدام تغذية عكسية للتحكم في المسافة بين المجس وسطح العينة، وعندما يتم المسح تؤدي القوة المتبادلة الى انحراف في ذراع مجهر القوة الذرية ويقاس هذا الانحراف عن طريق انعكاس شعاع ليزري عن مراة مثبتة على نهاية الذراع اذ يتم رصده على مصفوفة خطية من الفوتودايودات (Photodiodes) وفي النهاية نحصل على خريطة لمساحة تمثل طبوغرافية سطح العينة [103]. وفي

دراسة الحالية تم استخدام مجهر من نوع (SPM-AA3000, Contact Mode, Angestrom Advanced Inc., USA, 2008).



شكل (3-3): مخطط لالية عمل مجهر القوة الذرية [103].

(9-3) التشعيع باشعة كاما (Irradiation by gamma rays)

استعمل المصدر المشع سيزيوم-137(^{137}Cs) ، لغرض تشعيع العينات المستعملة في البحث . يطلق عنصر السيزيوم اشعة كاما بطاقة (0.662 MeV) ويجري تصحيح الفعالية بمرور الزمن إذ إن عمر النصف للسيزيوم يساوي (30.07 Year) و كان معدل جرعة التعرض في الوقت الذي تم فيه التشعيع مساوياً الى (0.002464 sv/hr) او(0. 24648 rem/hr)، وشععت العينات باستعمال مصدر السيزيوم لمدة اسبوعين.

الفصـــل الرابع

النتائج والمناقشة

CHAPTER FOUR

Results and Discussion

(1-4) المقدمة (Introduction)

يتضمن هذا الفصل النتائج التي توصلنا إليها ابتداء من الخصائص التركيبية لأغشية أوكسيد الكادميوم وعرض الصور المجهرية لطوبوغرافية سطوح الأغشية الرقيقة والتي تم الحصول عليها باستعمال مجهر القوة الذرية وعرض نتائج طبيعة الانتقالات الالكترونية وتحديد فجوة الطاقة البصرية وحساب بعض الثوابت البصرية.

أعيدت هذه الحسابات جميعها بعد أن تم تعريض هذه الأغشية لجرعة من أشعة كاما باستعمال المصدر المشع.

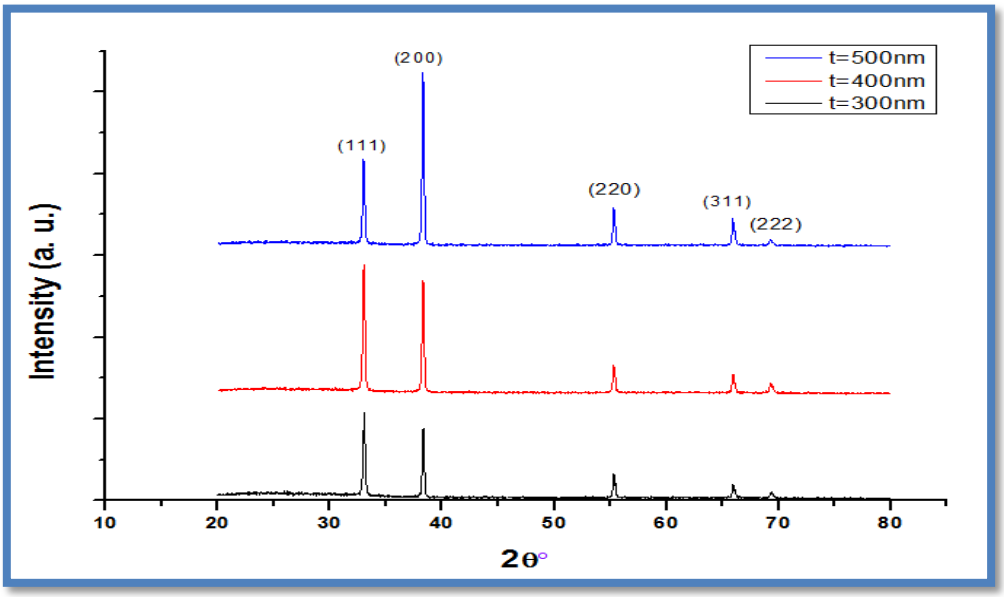
(2-4) الفحوصات التركيبية (Structural Investigation)

إن اهمية الفحوصات التركيبية تكمن في اعطاء معلومات عن التركيب البلوري للمادة المرسبة بأستخدام تقنية حيود الاشعة السينية ومجهر القوة الذرية.

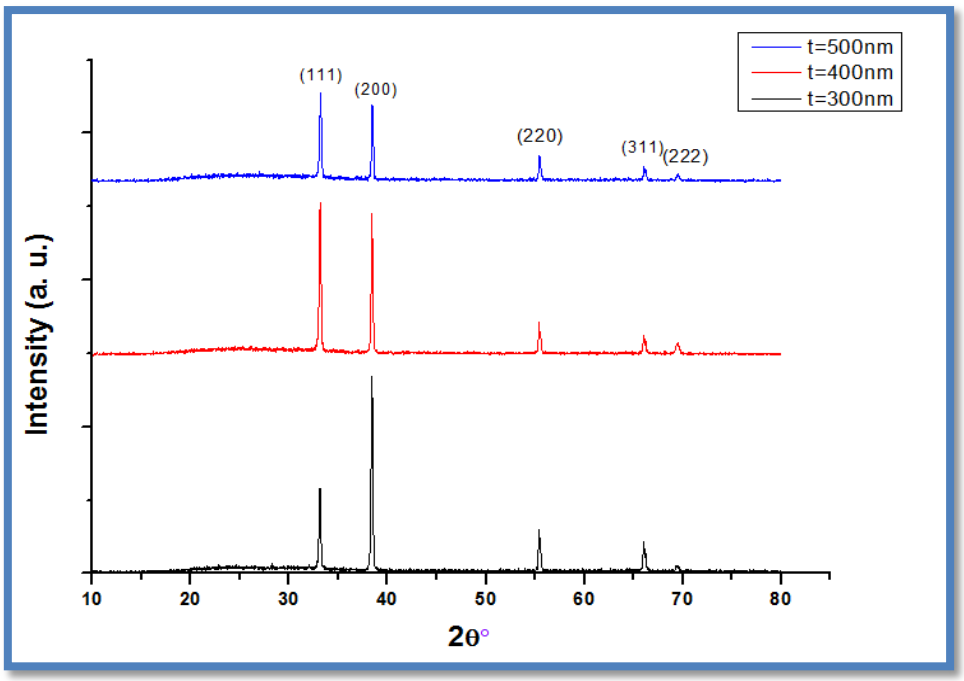
(1-2-4) نتائج حيود الاشعة السينية

(Results of X-Ray Diffraction (XRD))

يبين الشكلان (4-1) و(4-2) انماط حيود الأشعة السينية للأغشية المحضرة كافة قبل التشعيع وبعدها وبأسماك مختلفة، ويلاحظ وجود قمم حيود تناظر المستويات (111) ، (200) ، (220)، (311) و(222)، وعند مقارنة هذه النتائج مع البطاقة القياسية (ICCD) ذات الرقم التسلسلي (05-0640) كانت النتائج متوافقة الى حد ما، أظهرت نتائج الفحوصات التركيبية إن أغشية اوكسيد الكادميوم المشعة وغير المشعة هي ذات طبيعة متعددة التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المكعب [23].



شكل (4-1): حيود الأشعة السينية لأغشية اوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.



شكل (4-2): حيود الأشعة السينية لأغشية اوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

وقد تم حساب المسافة البينية بين المستويات البلورية (d) باستخدام قانون براك من العلاقة (2-2) ووجد أن قيم (d) تتفق مع قيم بطاقة (ICCD) لأوكسيد الكادميوم وممكن ملاحظة تأثير السمك قبل التشعيع وبعدها كما مبين في الجدول (4-1)، وإن قيمة ثابت الشبيكة (a_o) تم حسابها من تحليل طيف الأشعة السينية حسب العلاقة (3-2)، فقد وجد أن ثوابت الشبيكة تتفق مع بطاقة (ICCD) ووجد إنها تزداد بزيادة السمك قبل التشعيع لكنها تقل بزيادة السمك بعد التشعيع اي انها تتغير بشكل قليل بعد التشعيع وهذا يؤكد أن التشعيع أثّر في التركيب البلوري لأوكسيد الكادميوم.

كما تم حساب معدل حجم البلوريات (D_{av}) باستعمال (Scherrer formula) (4-2)، وقد وُجد انه بعد التشعيع وعند السمك (500nm،400nm) نقصان حجم البلوريات والذي يقود الى نقصان التبلور وزياده كثافة الانخلاعات(δ) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N_o) التي تسبب زيادة العيوب البلورية ويؤدي حجم البلوريات للمواد المتبلورة دورا مهما في تحديد خصائص المادة وذلك لان عرض المنحني عند منتصف القمة (FWHM) يزداد ومن ثم ينقص حجم البلوريات أي بمعنى أن حجم البلوريات يتناسب عكسياً مع عرض المنحني عند منتصف القمة. اما عند السمك (300nm) بعد التشعيع نلاحظ زيادة حجم البلوريات وبالتالي نقصان كثافة الانخلاعات(δ) وعدد البلورات لوحدة المساحة (N_o) التي تسبب نقصان العيوب البلورية وكذلك نلاحظ نقصان عرض المنحني عند

منتصف القمة (FWHM)، وممكن ملاحظة تأثير السمك قبل التشعيع وبعدها كما مبين في الجدول (4-1). ونلاحظ بعد التشعيع بدأ الأتجاه تدريجيا يتحول الى اتجاه اخر نتيجة التشعيع بأشعة كاما كما مبين في الجدول (4-1).

الجدول (4-1) النتائج التي تم الحصول عليها من حيود الأشعة السينية.

t (nm)	300		400		500	
Sample (CdO)	Before	After	Before	After	Before	After
hkl	111	200	111	111	200	111
I(a.u) (XRD)	100	37	100	100	100	100
I (a.u) (ICCD)	100	88	100	100	88	100
2Θ(XRD) (deg)	33.0546	33.0983	33.02	33.1150	38.28	33.1572
2Θ(deg) (ICCD)	33.0013	38.2849	33.0013	33.0013	38.2849	33.0013
d(XRD) (Å)	2.70775	2.34320	2.71050	2.70295	2.34929	2.69960
d(Å) (ICCD)	2.71200	2.34900	2.71200	2.71200	2.34900	2.71200
FWHM (deg)	0.19560	0.19390	0.20030	0.20090	0.16100	0.18720
D_{av} (nm)	42.4939	50.95004	41.4931	41.37941	52.3832	44.4125
Lattice constant(Å) (ICCD) (4.695Å)	4.68996	4.68641	4.6954	4.68164	4.69455	4.67585
T_c	1.99203	2.76243	2.04918	2.14592	2.67379	1.97628
δ $(nm^{-2})*10^4$	5.5379	3.8522	5.80828	5.84025	3.64431	5.0697
N_o $(nm^{-2})*10^3$	3.9096	2.268	5.59928	5.64556	3.47851	5.7076

(2-2-4) نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية

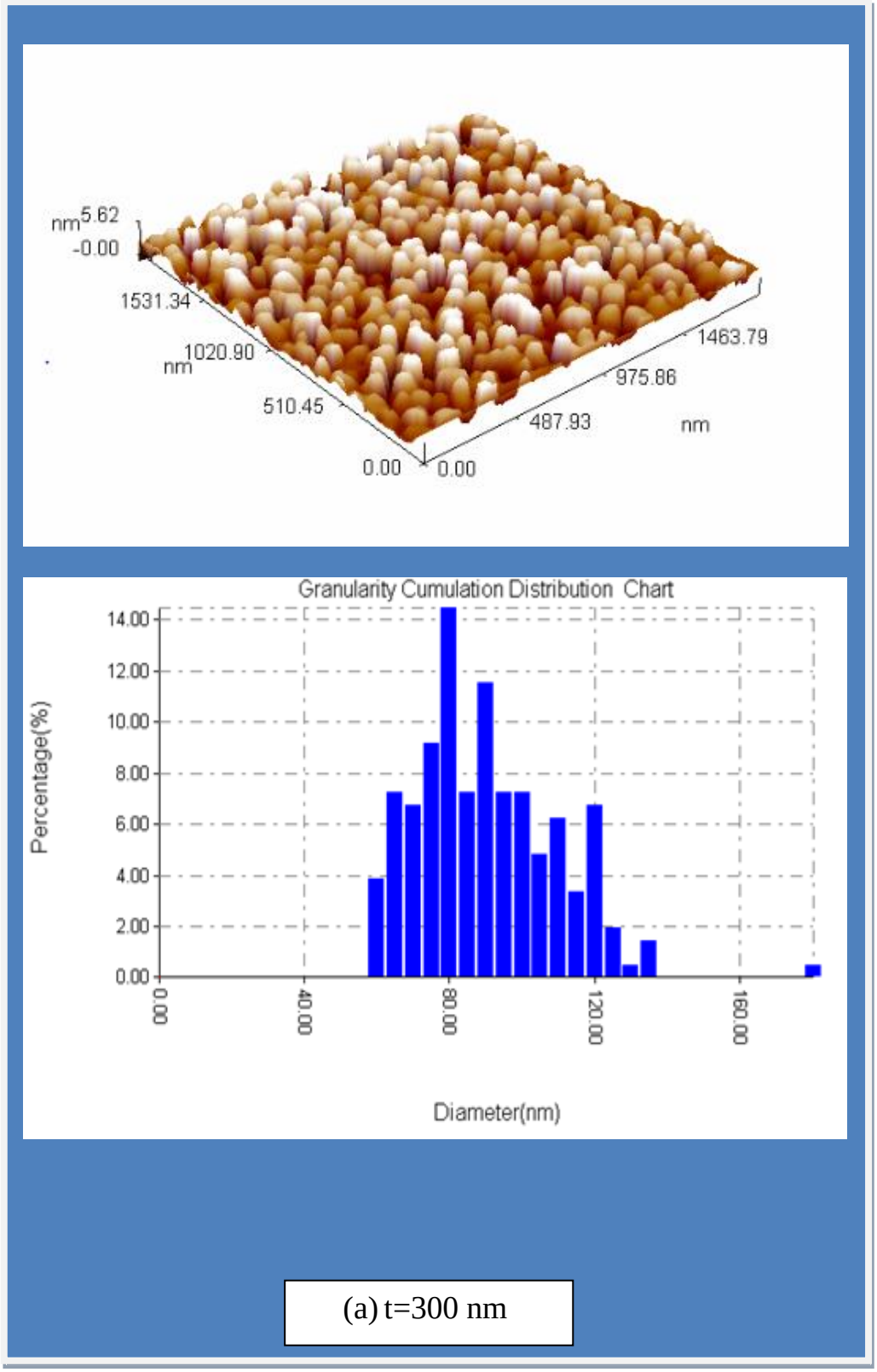
(Results of Atomic Force Microscopy (AFM)))

لقد تم دراسة طوبوغرافية سطوح المواد المرسبة باستعمال مجهر القوة الذرية (AFM) ذي القدرة على تصويرهذه السطوح وتحليلها عند مقياس المسح $(2\times2)\mu m^2$، يبين الشكل (4-3) و(4-4) صور(AFM) لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع وبعدها إذ إن قيم خشونة السطح (Surface Roughness) لجميع الأغشية المحضرة تزداد بعد التشعيع، وقيم (RMS) تزداد أيضا بعد التشعيع، وبما أن معدل مربع الجذر(RMS) يتناسب مع معدل الحجم الحبيبي فالنتائج تؤكد زيادة معدل حجم الحبيبات عند السمك (300nm) ونقصان الحدود الحبيبية كما موضح بالجدول (4-2).

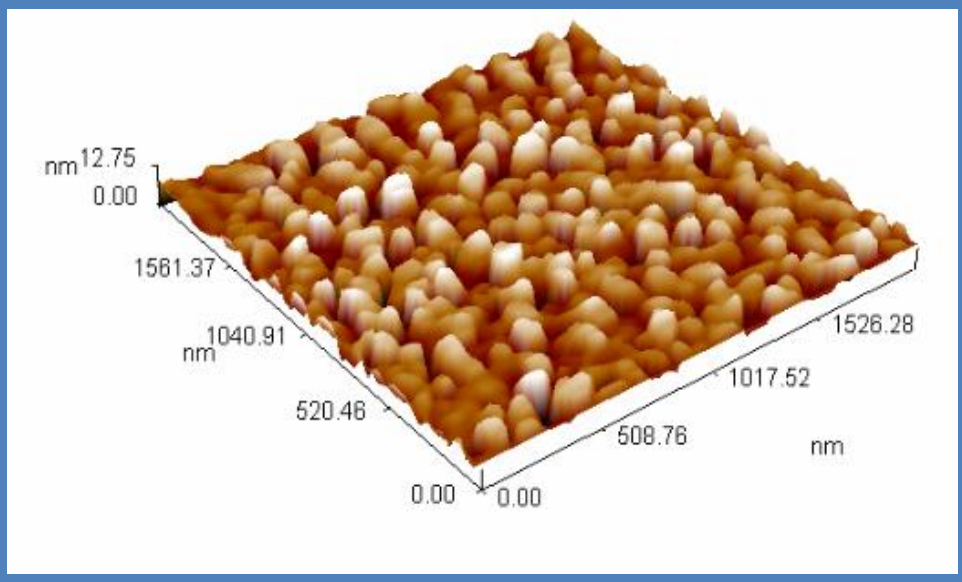
الجدول (4-2) قيم خشونة السطح وقيم (RMS) ومعدل حجم الحبيبات لجميع الأغشية المحضرة.

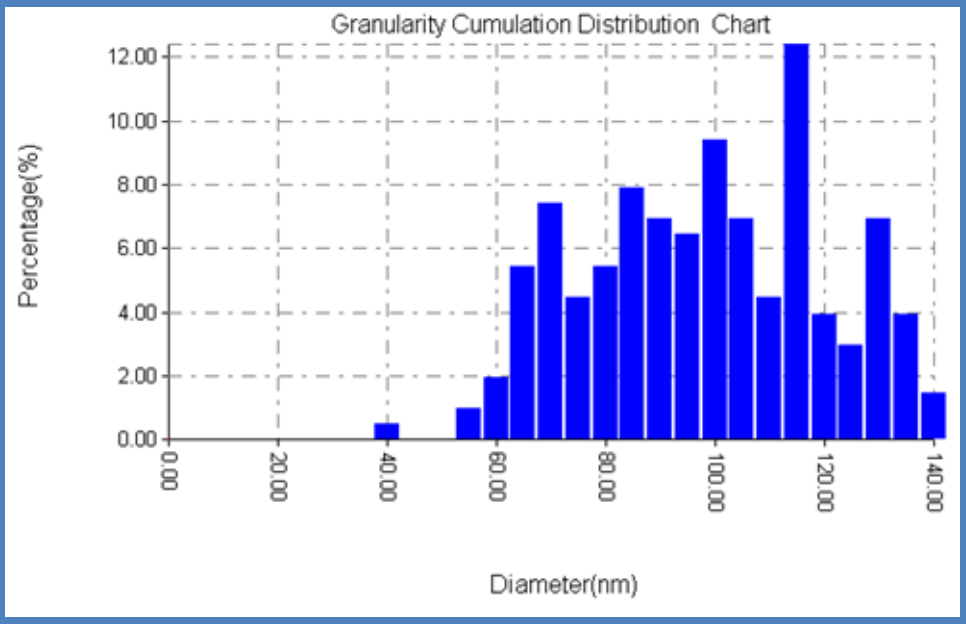
t(nm)	300		400		500	
Sample (CdO)	Before	After	Before	After	Before	After
Surface roughness (nm)	1.24	6.63	2	12.4	1.7	6.09
Root Mean Square (RMS) (nm)	1.47	8.04	2.51	14.2	2.15	7.28
Average Grain (nm)	88.02	96.47	95.58	75.14	80.03	72.82

يلاحظ من الجدول أن معدل حجم الحبيبات يزداد عند السمك (300nm) بعد التشعيع فأن هذا يؤكد وجود تراكيب نانوية، وعند السمك (500nm،400nm) نقصان في حجم الحبيبات عكس السمك (300nm).

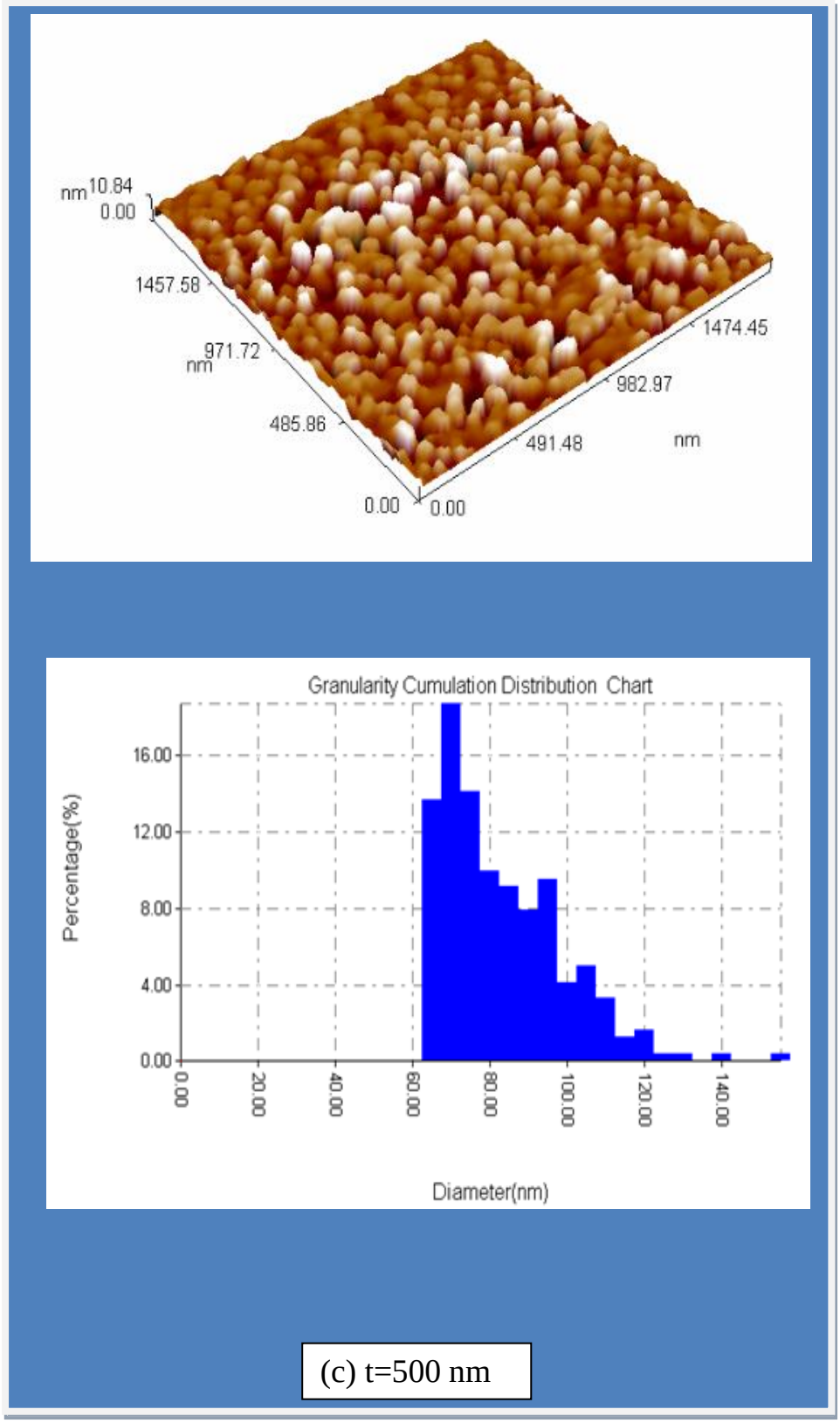

nm 5.62
-0.00
1531.34
nm 1020.90
510.45
0.00
0.00
487.93
975.86
1463.79
nm
Granularity Cumulation Distribution Chart
Percentage(%)
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0.00
40.00
80.00
120.00
160.00
Diameter(nm)

(a) t=300 nm

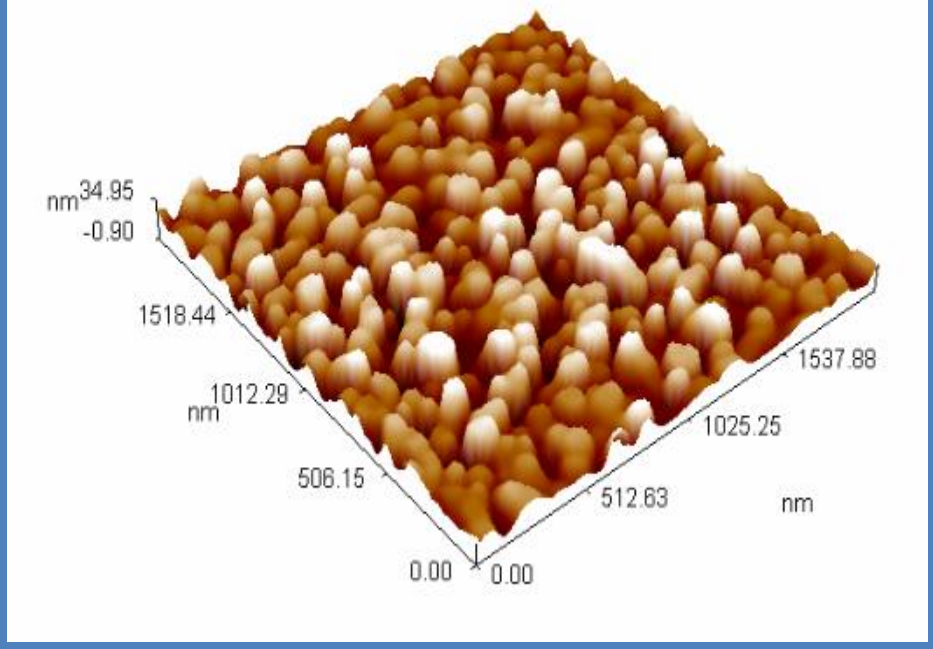

nm 12.75
0.00
1561.37
1040.91
nm
520.46
0.00
0.00
508.76
1017.52
1526.28
nm

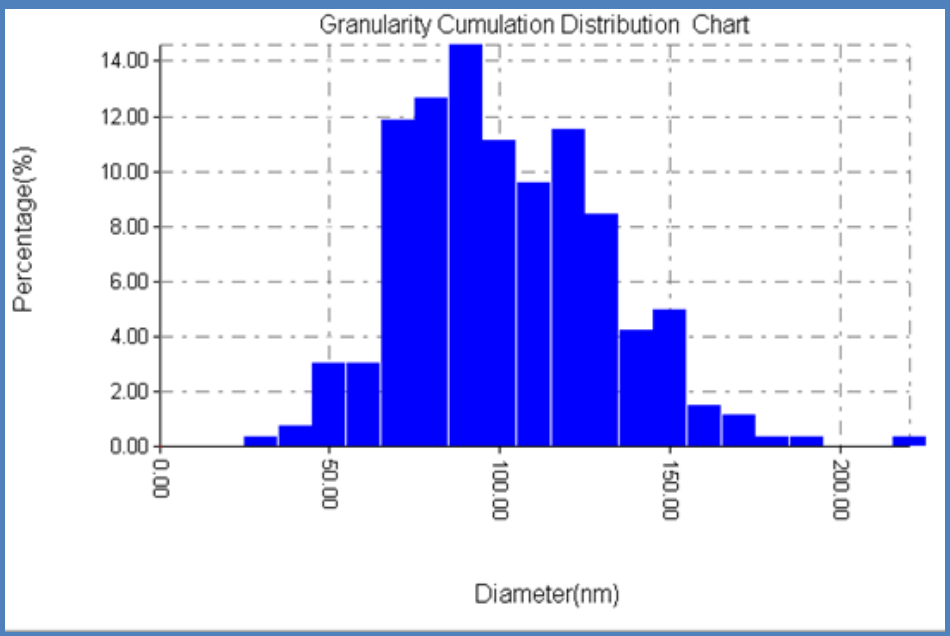

Granularity Cumulation Distribution Chart
Percentage(%)
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0.00
20.00
40.00
60.00
80.00
100.00
120.00
140.00
Diameter(nm)

(b) t=400 nm

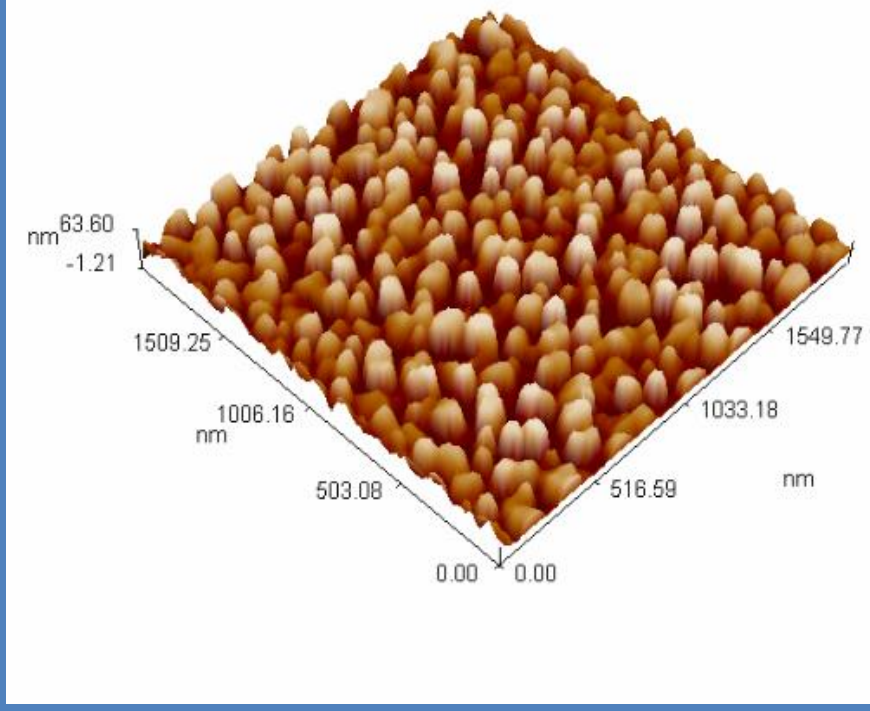


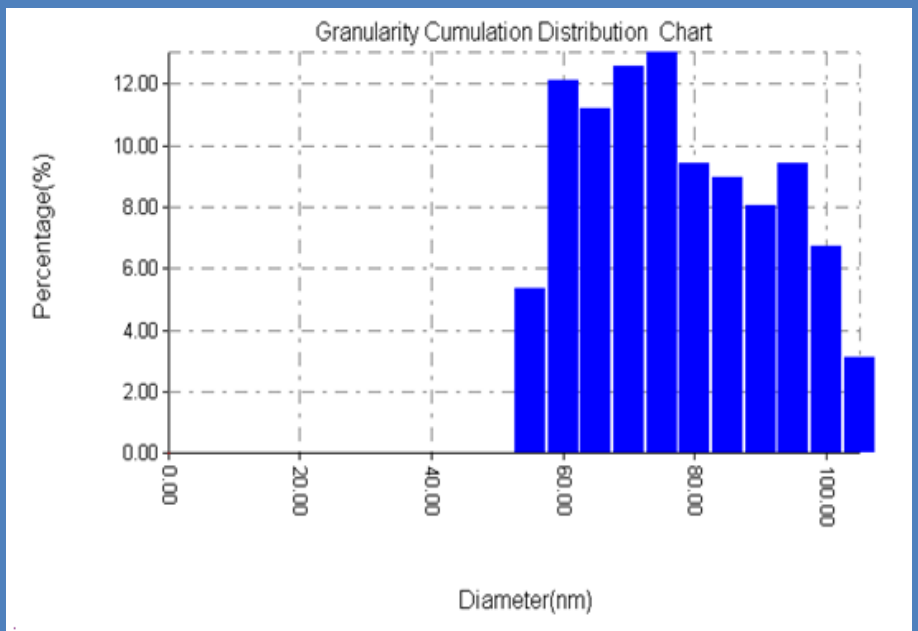
شكل (3-4 a,b,c): صور ونتائج (AFM) لأغشية أوكسيد الكادميوم بأسماك مختلفة قبل التشعيع.


nm 34.95
-0.90
1518.44
nm 1012.29
506.15
0.00
0.00
512.63
1025.25
1537.88
nm

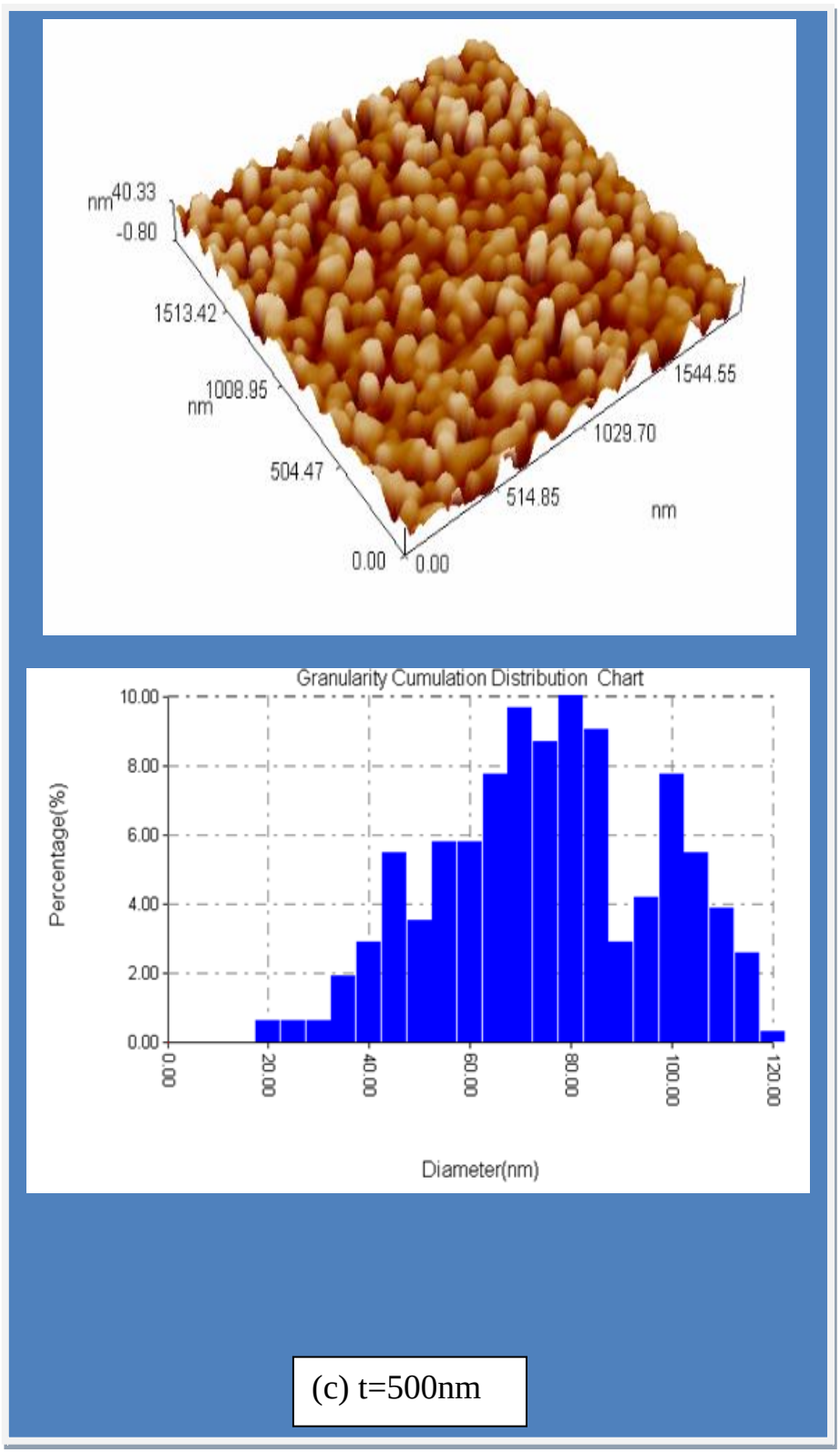

Granularity Cumulation Distribution Chart
Percentage(%)
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0.00
50.00
100.00
150.00
200.00
Diameter(nm)

(a) t=300nm


63.60
nm
-1.21
1509.25
1006.16
nm
503.08
0.00
0.00
516.59
1033.18
1549.77
nm


Granularity Cumulation Distribution Chart
Percentage(%)
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0.00
20.00
40.00
60.00
80.00
100.00
Diameter(nm)

(b) t=400 nm



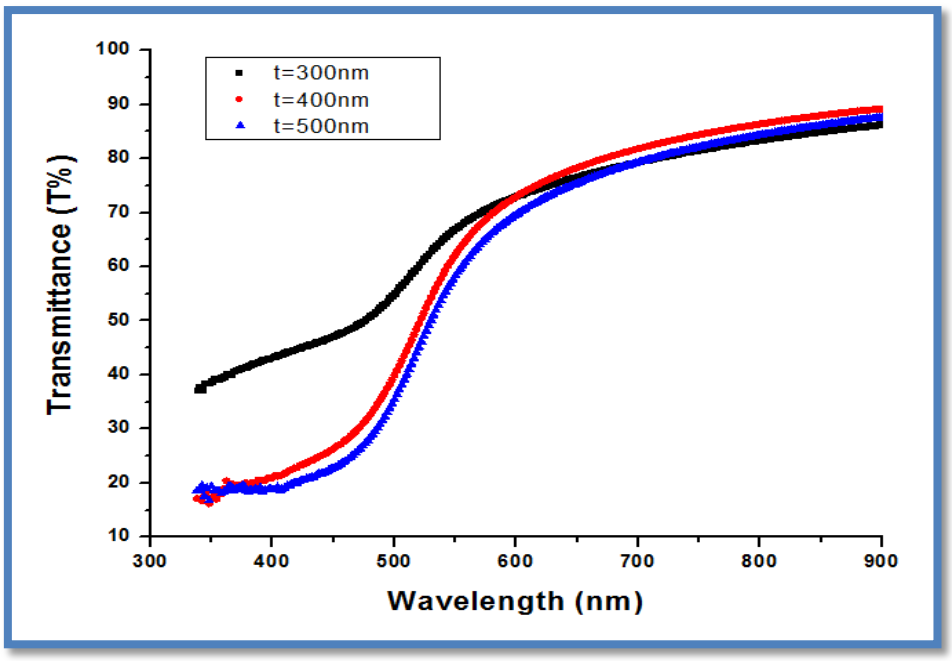
الشكل (4-4 a,b,c): صور ونتائج (AFM) لأغشية أوكسيد الكادميوم بأسماك مختلفة بعد التشعيع.

(3-4) نتائج القياسات البصرية (Results Optical Measurements)

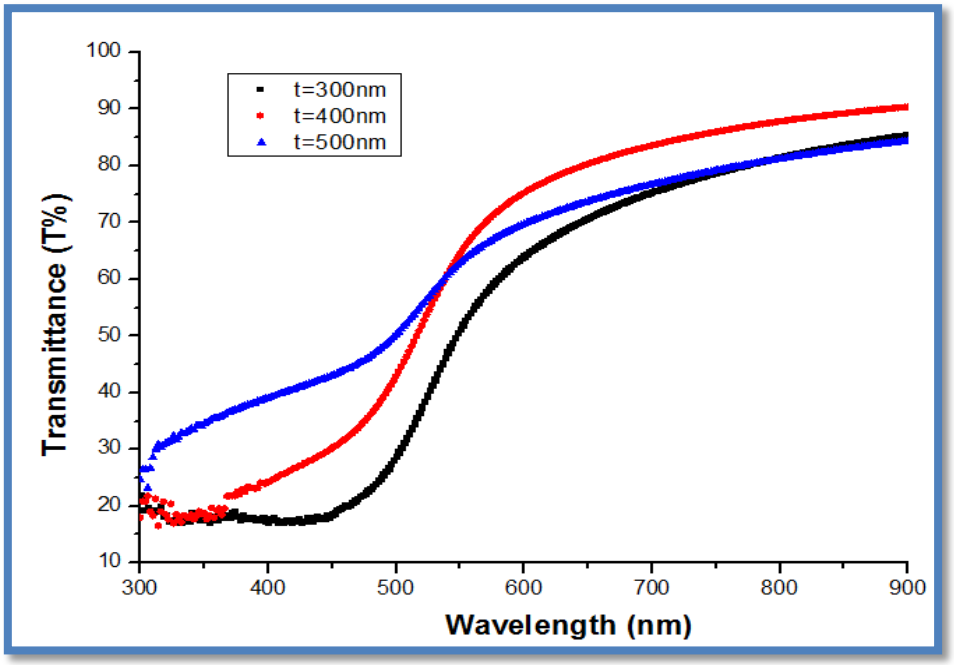
لقد تمت دراسة الخصائص البصرية لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) قبل التشعيع وبعدها ومن خلال طيفي النفاذية والامتصاصية المسجلين للعينات ضمن مدى الأطوال الموجية (900-380)nm تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة، وحساب طاقة اورباخ ومعامل الامتصاص والانعكاسية وكما تضمنت هذه الخواص حساب الثوابت البصرية (معامل الخمود، معامل الانكسار، ثابت العزل بجزئيِه الحقيقي والخيالي، التوصيلية البصرية كدوال لطاقة الفوتون).

(1-3-4) النفاذية (Transmittance)

إن طيف النفاذية لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) قبل التشعيع وبعدها كما في الشكلين (4-5) و(4-6) تبدى سلوكاً معاكساً للأمتصاصية، حيث أن النفاذية للأغشية كافة تكون اقل ما يمكن عند حافة الامتصاص الاساسية (الاطوال الموجية القصيرة)، و النفاذية تزداد مع زيادة الطول الموجي ثم تبدي زيادة مفاجئة وقوية الى أن تثبت قيمتة تقريبا بعد الطول الموجي (550nm) في منطقة الطيف المرئي، قبل التشعيع النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي وتكون اعلى قيمة للنفاذية عند السمك (400nm) عند الطول الموجي (900nm)لأن (CdO) يعد من اكاسيد التوصيل الشفافة (TCO) ذات فجوة صغيرة بالمقارنة مع اكاسيد التوصيل الشفافة الاخر [105,104]. ونلاحظ بعد التشعيع النفاذية لأغشية (CdO) اذ ان الغشاء ذو السمك (500nm) اعلى من الغشاء ذو السمكين (300nm) و(400nm) حتى (525nm) من الطول الموجي ثم تزداد النفاذية للغشاء ذو السمك (400nm) لتكون اعلى من الغشاء ذو السمكمن (500nm) و (300nm)لمدى الطول الموجي (525-900nm) كما في الشكل (4-6). ونلاحظ من الشكلين (4-5) و(4-6) ارتفاع الحاد في النفاذية التي تشير الى أن الاغشية الرقيقة لديها تبلور جيد [106]. هناك عدة عوامل تؤثر على قيم النفاذية منها الشوائب ونقص الاوكسجين [107]. ونرى بوضوح تأثير التشعيع على الأغشية خاصة في المنطقة المنخفضة من الطول الموجي الاقل من (550nm) ويمكن أن يعزى هذا التغير في النفاذية للزيادة في حالة الطاقة الداخلية بسبب تأثير اشعة كاما [108].



شكل (4-5): النفاذية كدالة لطول الموجي لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.



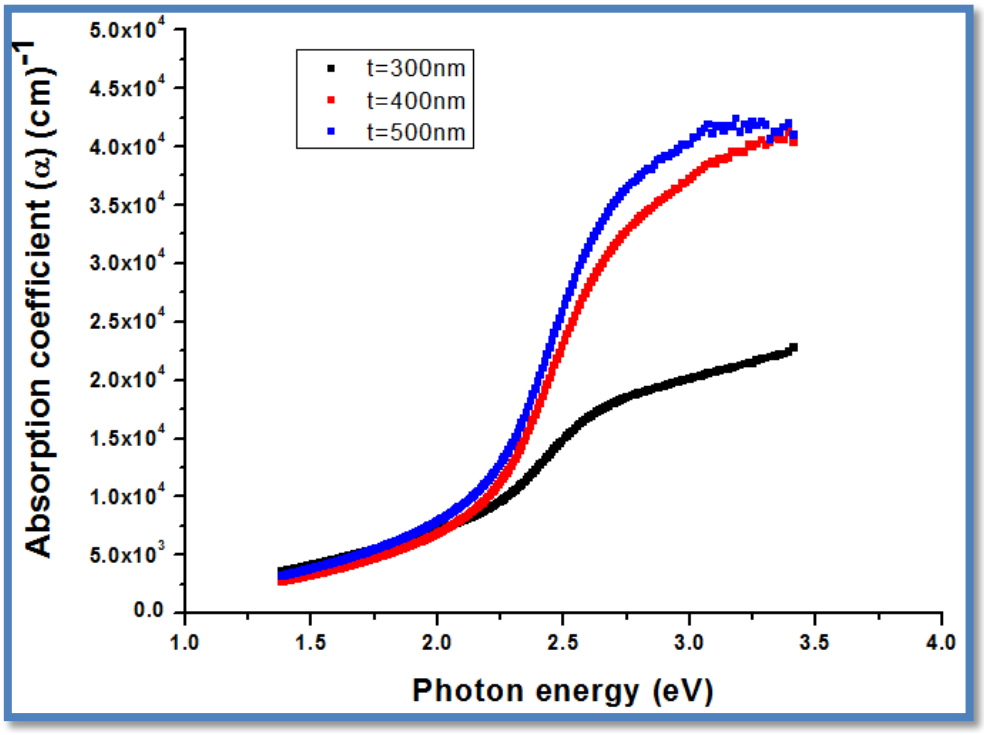
شكل(4-6): النفاذية كدالة لطول الموجي لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

(2-3-4) معامل الإمتصاص (Absorption Coefficient)

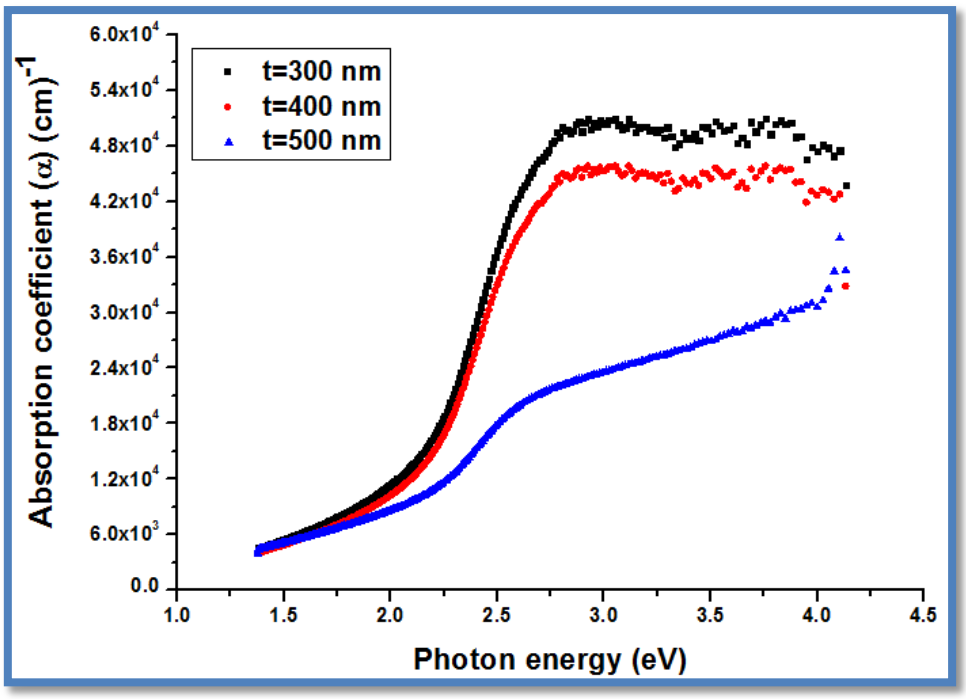
تم حساب معامل الامتصاص من العلاقة (2-10). حيث يبين الشكلان (4-7) و(4-8) تغير معامل الامتصاص (α) كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) قبل وبعد التشعيع وكذلك لوحظ من الشكل (4-7) تشابه سلوك منحني معامل

الامتصاص ولجميع الاغشية المحضرة إذ يكون قليلاً عند الطاقات الفوتونية الواطئة وفيها تكون احتمالية الانتقالات الإلكترونية قليلة وتزداد قيم معامل الامتصاص عند حافة الامتصاص الأساسية بأتجاه الطاقات الفوتونية العالية وأن معامل الامتصاص عند هذه الطاقات يمتلك قيمة اكبر من ($10^4 cm^{-1}$) مما يرجح حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة [109]، إن الاحتمالية الكبيرة للانتقالات الالكترونية المباشرة تدل على أن الطاقات التي حسبت عندها هذه القيم هي طاقات فجوة مباشرة وكذلك نلاحظ في الشكل (4-7) أن حافة الامتصاص لاتكون حادة وهذا يدل على أن الغشاء المرسب بهذه الطريقة ذو تركيب متعدد التبلور[87].

وعند تشعيعه لمدة (اسبوعين) لم يظهر اي تغير في سلوكية الغشاء حيث يقل معامل الامتصاص بزيادة السمك لأنه يعتمد على الأمتصاصية. وطاقة الأمتصاص تتحول بأتجاه منطقة الاطوال الموجية العالية وكما مبين في الشكل (4-8) .



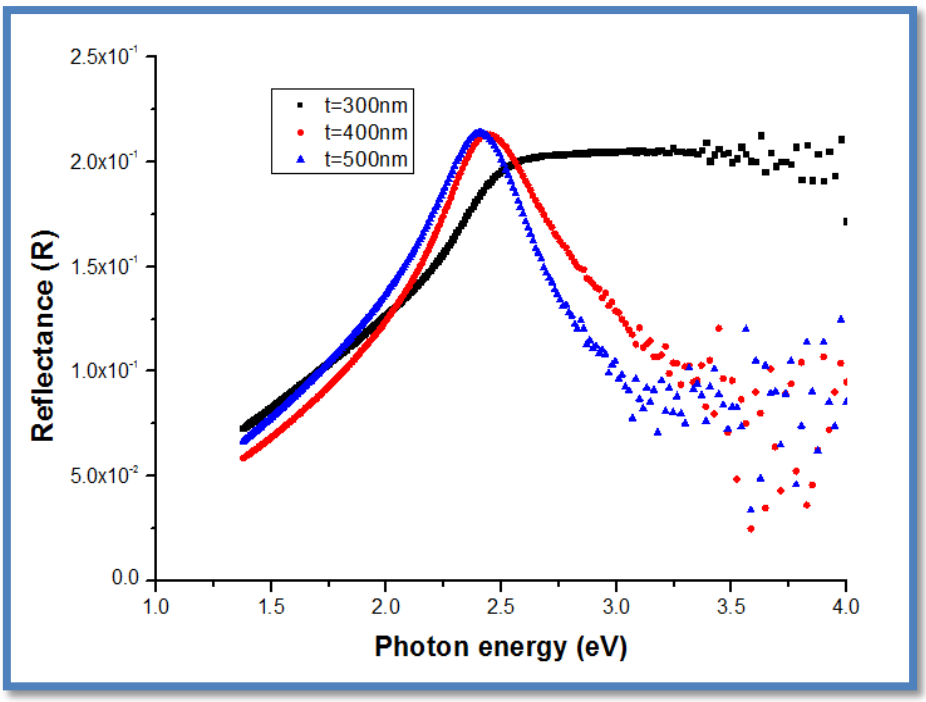
شكل(4-7): معامل الامتصاص كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكاديميوم قبل التشعيع.



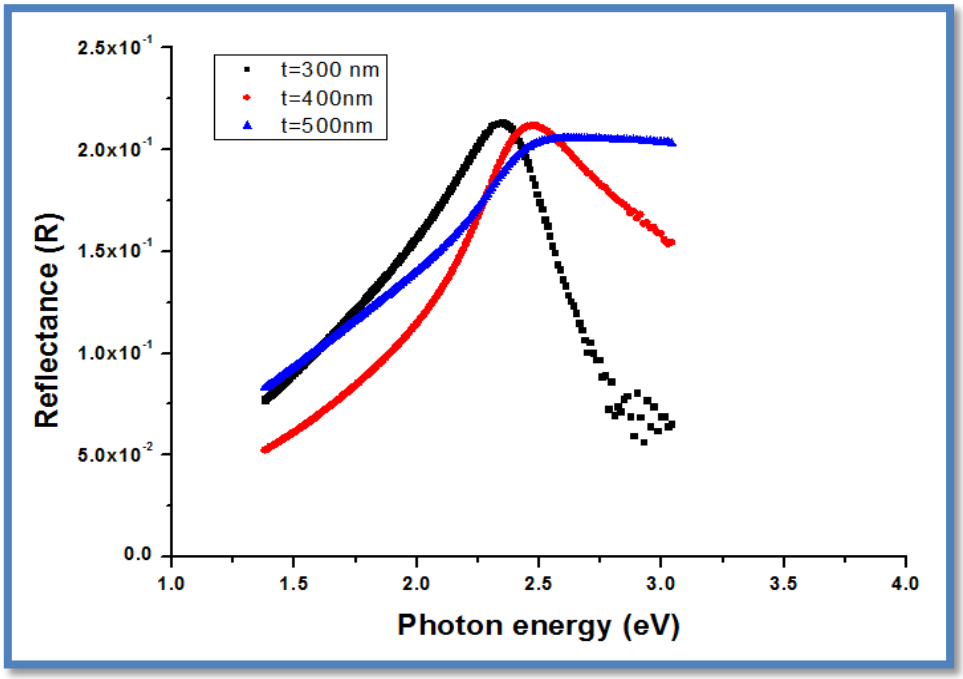
شكل(4-8): معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

(3-3-4) الانعكاسية (Reflectance)

تم حساب الانعكاسية من طيف الامتصاصية والنفاذية بموجب قانون حفظ الطاقة كما موضح في العلاقة(2-18)، يبين الشكلان (4-9) و(4-10) الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون ولجميع الأغشية المحضرة، إذ إن سلوك منحني الانعكاسية للأغشية قبل وبعد التشعيع يزداد تدريجيا مع زيادة طاقة الفوتون ثم يبدأ بالانخفاض في مدى الطاقات الفوتونية العالية، وتفسير ذلك أن الامتصاص يكون قليلاً جداً عند الطاقات الفوتونية الاقل من قيمة فجوة الطاقة ($h\upsilon<E_g$) وعند الطاقة المساوية لقيمة فجوة الطاقة تقريباً يزداد بنقصان الامتصاص نتيجة الانتقالات الالكترونية بين حزمتي التكافؤ والتوصيل مما يسبب هبوطاً في قيم الانعكاسية.



شكل (4-9): الأنعكاسية كدالة لطاقه الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.

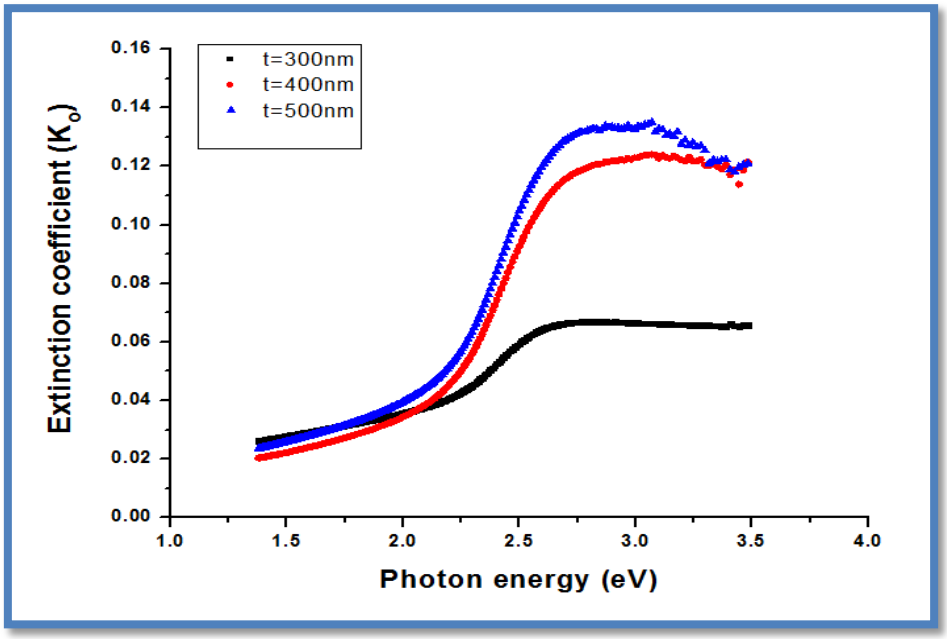


شكل (4-10): الأنعكاسية كدالة لطاقه الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

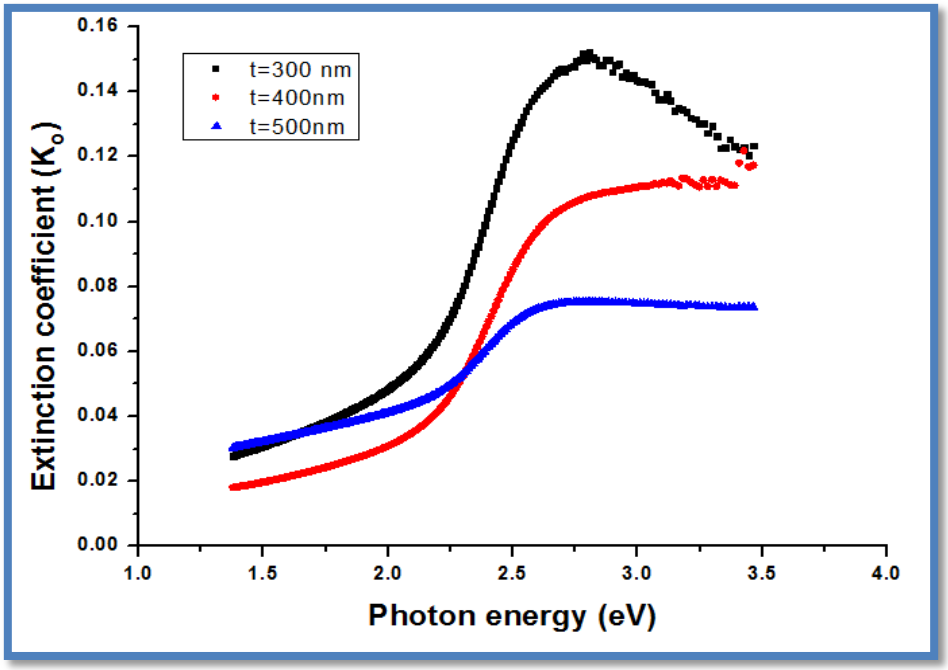
(4-3-4) معامل الخمود (Extinction Coefficient)

تم حساب معامل الخمود للاغشية قبل التشعيع وبعدها اعتماداً على معامل الامتصاص وضمن الاطوال الموجية nm (900-380) وحسب المعادلة (2-22). يبين الشكل (4-11) زيادة

معامل الخمود بزيادة طاقة الفوتون الساقط الا أن قيم معامل الخمود قد تزداد بزيادة السمك.ومن الشكل (4-12) نلاحظ عدم تغير سلوكية المنحني عن شكله قبل التشعيع الا أن قيم معامل الخمود قد قلت بزيادة السمك بعد التشعيع وذلك لانخفاض معامل الامتصاص، ونلاحظ مدى تشابه هذه المنحنيات مع منحنيات معامل الامتصاص وتغيرهما مع طاقة الفوتون وأن هذا التشابه ناتج عن اعتماد حساب قيم معامل الخمود على قيم معامل الامتصاص.



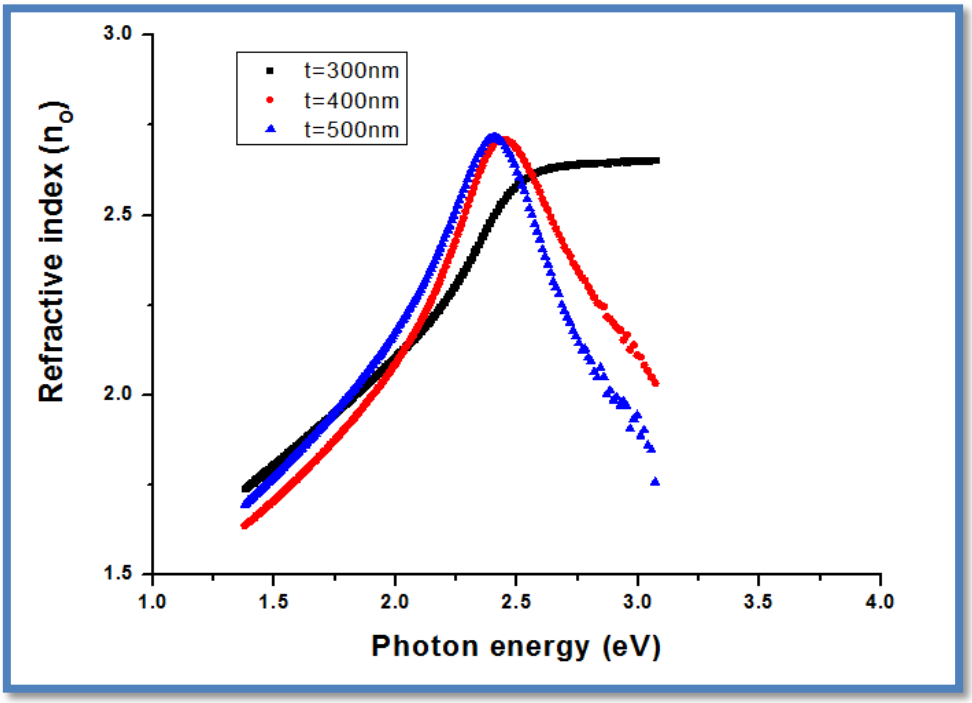
شكل (4-11): معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.



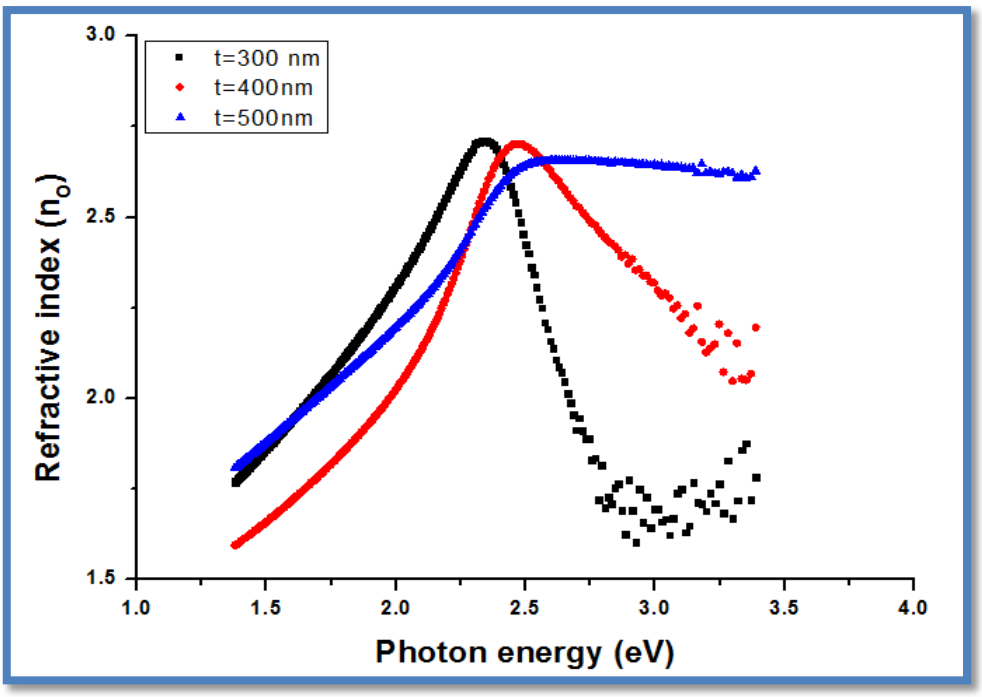
شكل (4-12): معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

(5-3-4) معامل الانكسار (Refractive Index)

تم حساب معامل الانكسارمن خلال معرفة الانعكاسية على وفق المعادلة (2-20) ضمن مدى الاطوال الموجية nm(380-900). ومن خلال ملاحظة المنحنيات في الشكلان (4-13) و (4-14) نلاحظ سلوك المنحنيات هو نفس السلوك قبل التشعيع وبعدها اذ أن معامل الأنكسار يزداد مع زيادة طاقة الفوتون الساقط ليصل الى الذروة ثم يبدأ بالتناقص للأغشية المحضرة كافة. أن سبب وجود هذه الذروات في كافة الاشكال البيانية هو تزايد قيم معامل الانكسار الاغشية كافة عند الطاقات الفوتونية الواطئة حتى تصل الى اقصى قيمة عند قيم الطاقات الفوتونية المقابلة لطاقة الفجوة البصرية لكل غشاء ثم بعدها يعاني انخفاضاً في قيمته وهذا الانخفاض ناتج عن زيادة الانتقالات الالكترونية المباشرة عند تلك الطاقات أذ كل قيمة دنيا لمعامل الانكسارتقابلها قيمة عليا لمعامل الخمود [110]. وعند تشعيع هذه الأغشية وكما في الشكل (4-14) حيث لم يظهر اي تغير في سلوكية المنحني الا أن قيم معامل الانكسار تزداد عن قيمها قبل التشعيع عند السمك (300nm) وقد يعود السبب الى أن اجراء عملية التشعيع ادت الى كبر متوسط قطر الحبيبات البلورية لمادة الغشاء مما يؤدي الى نقص في نفاذيتها للاشعة الساقطة عليها ومن ثم زيادة معامل انكسارها [28]. الا أن قيم معامل الأنكسار قد قلت عند السمك (500nm،400nm) بعد التشعيع.



شكل (4-13): معامل الأنكساركدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.

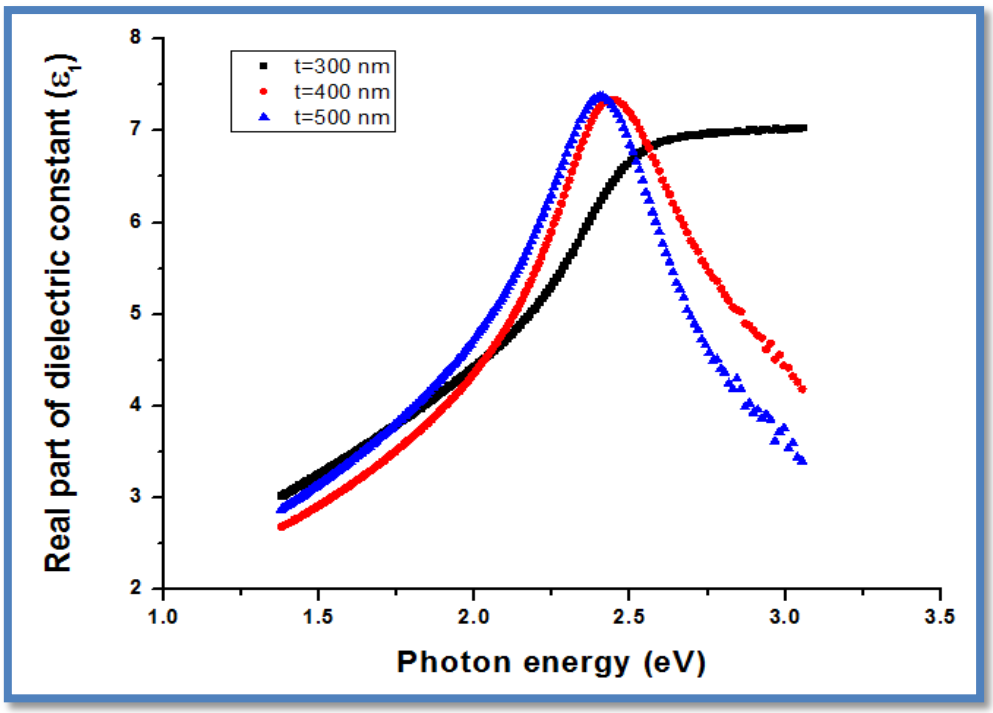


شكل (4-14): معامل الأنكساركدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

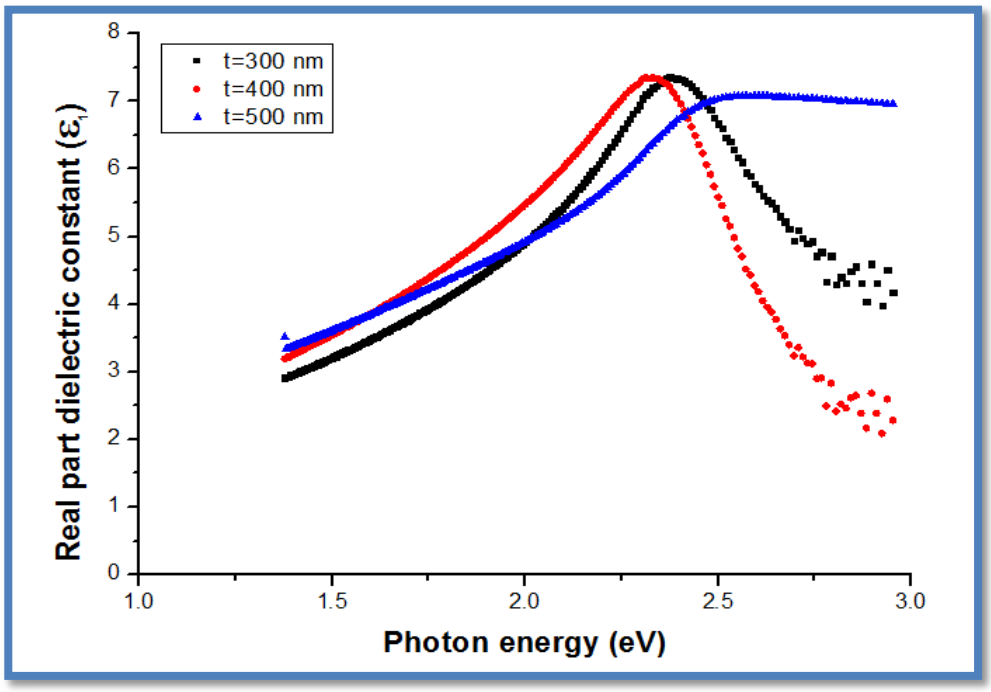
(6-3-4) ثابت العزل (Dielectric Constant)

قد تم حساب قيم (ϵ_1) بتطبيق العلاقة (2-27) ضمن مدى الاطوال الموجبة (900-380)nm للاغشية قبل وبعد التشعيع .

يبين الشكلان (4-15) و (4-16) تغير (ϵ_1) كدالة لطاقة الفوتون الساقط وخلال هذه الاشكال يمكن ملاحظة مدى التشابه بين منحنيات هذه الاشكال ومنحنيات معامل الانكسار لهذه الاغشية ويعزى هذا التشابه الى اعتماد حساب قيم الجزء الحقيقي من ثابت (ϵ_1) على قيم معامل الانكسار اكثر من قيم معامل الخمود حسب المعادلة (2-27) وذلك لأن تأثير قيم معامل الخمود يكون ضعيفاً مقارنة مع قيم معامل الانكسار. ونلاحظ أن قيم (ϵ_1) قد زادت عند السمك (300nm) بعد التشعيع وهذا ناشئ عن الزيادة في قيم معامل الانكسار للأغشية بعد التشعيع، الا أن قيم (ϵ_1) قد قلت عند السمك (500nm،400nm) بعد التشعيع.



شكل (4-15): الجزء الحقيقي لثابت العزل كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.

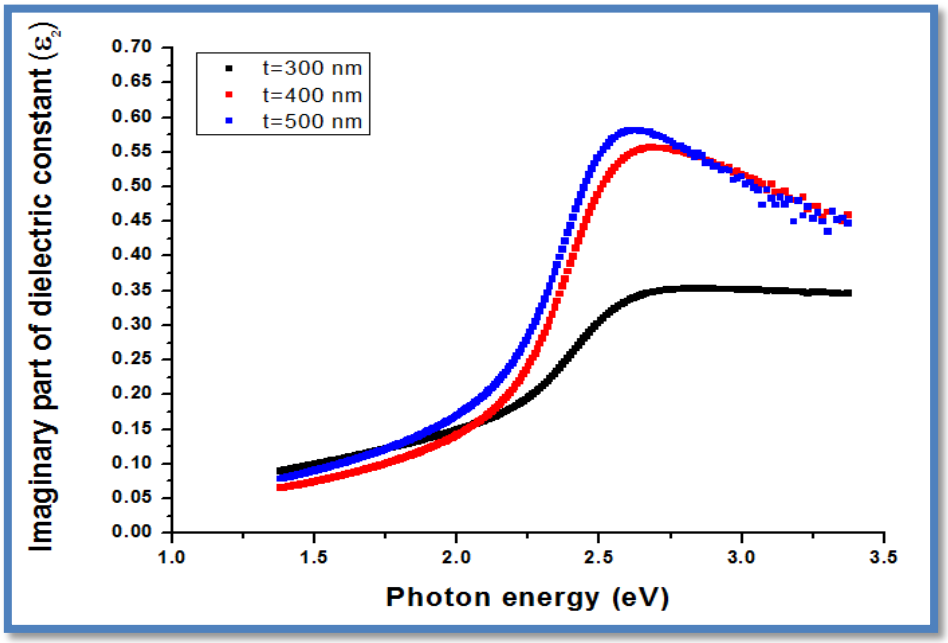


شكل (4-16): الجزء الحقيقي لثابت العزل كداله لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

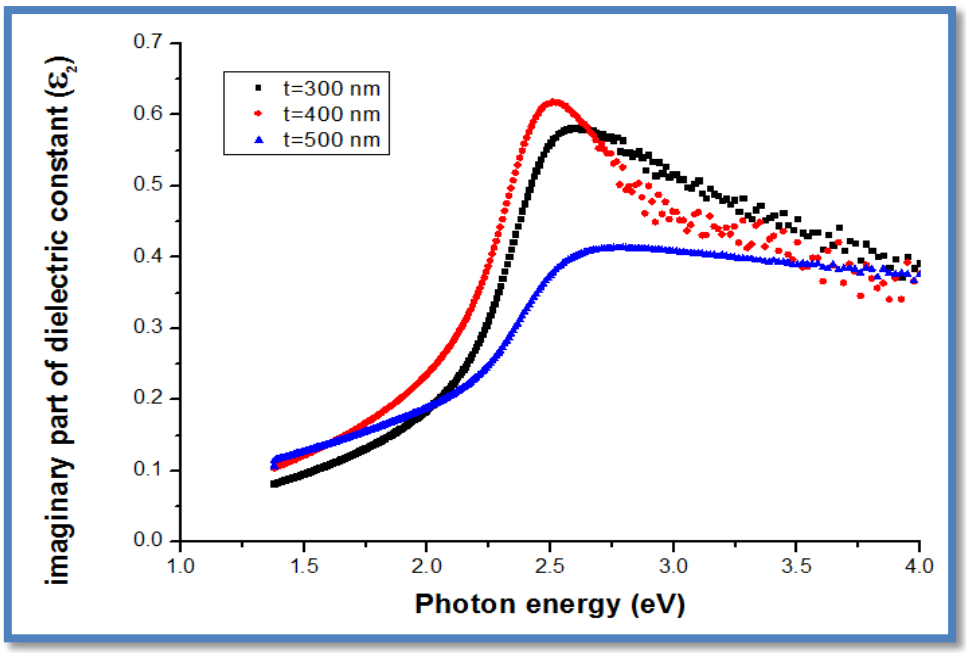
اما عند دراسة الجزء الخيالي لثابت العزل والذي يمثل مقياساً لحصول امتصاص طاقة الاشعاع الساقط من قبل ذرات المادة .

يلاحظ في الشكلان (4-17) و(4-18) تغير الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون الساقط للأغشية كافة. إن الذروة عند القيم العالية للطاقات الفوتونية تمثل انقلاب جانب التحدب الموجود في منحني معامل الخمود وذلك لارتباط مفهوم الجزء الخيالي لثابت العزل بمفهوم معامل الخمود، ومن اعتماد حساب قيم (ϵ_2) على معامل الخمود حسب معادلة (2-28).

ونلاحظ أن قيم (ϵ_2) تزداد عند السمك (300nm) بعد التشعيع وهذا ناشئ عن الزيادة في قيم معامل الخمود للأغشية بعد التشعيع، الا أن قيم (ϵ_2) قد قلت عند السمك (500nm،400nm) بعد التشعيع، قد تكون ناشئة عن نقصان قيمة معامل الخمود بعد التشعيع .



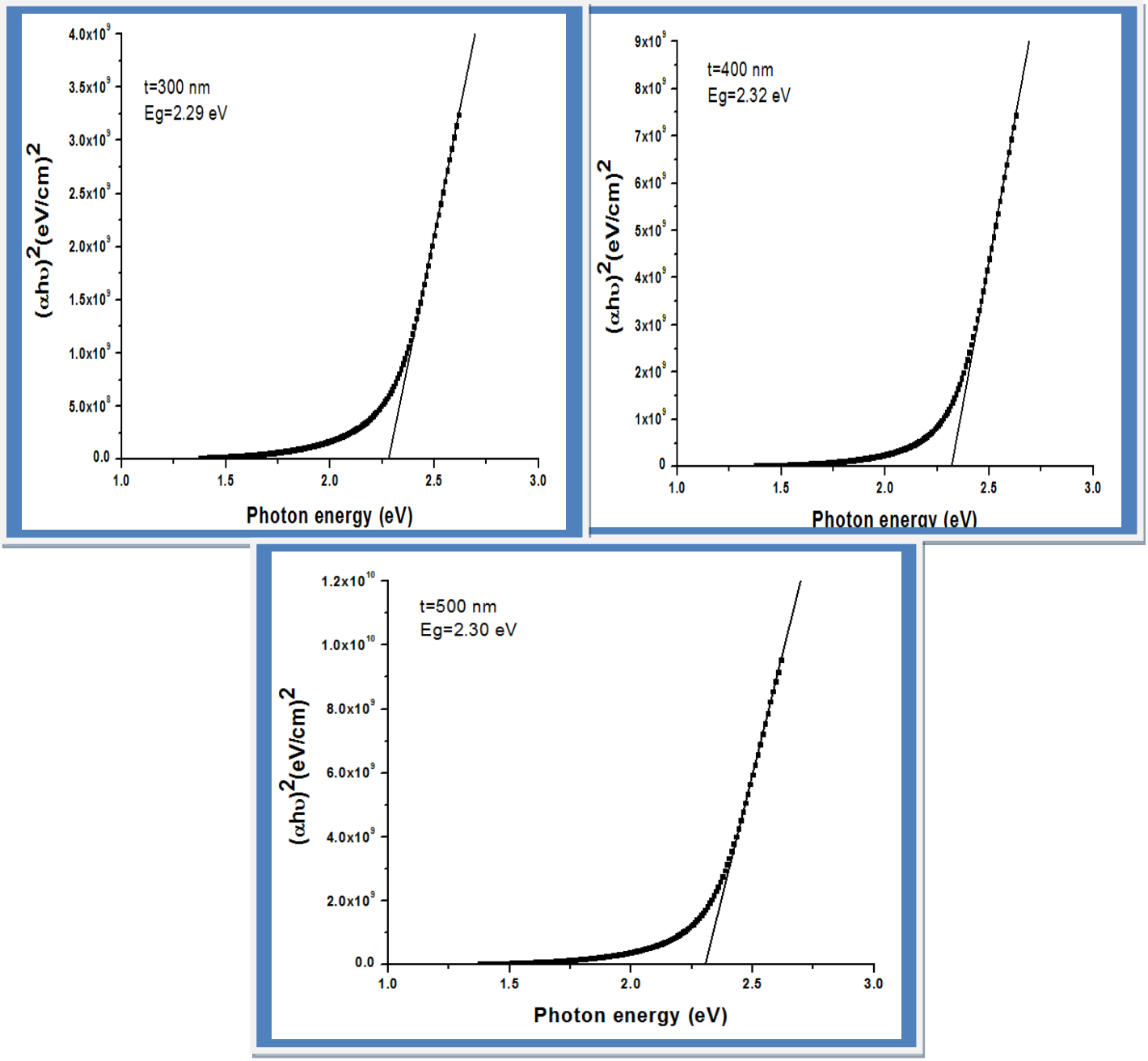
شكل (4-17): الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.



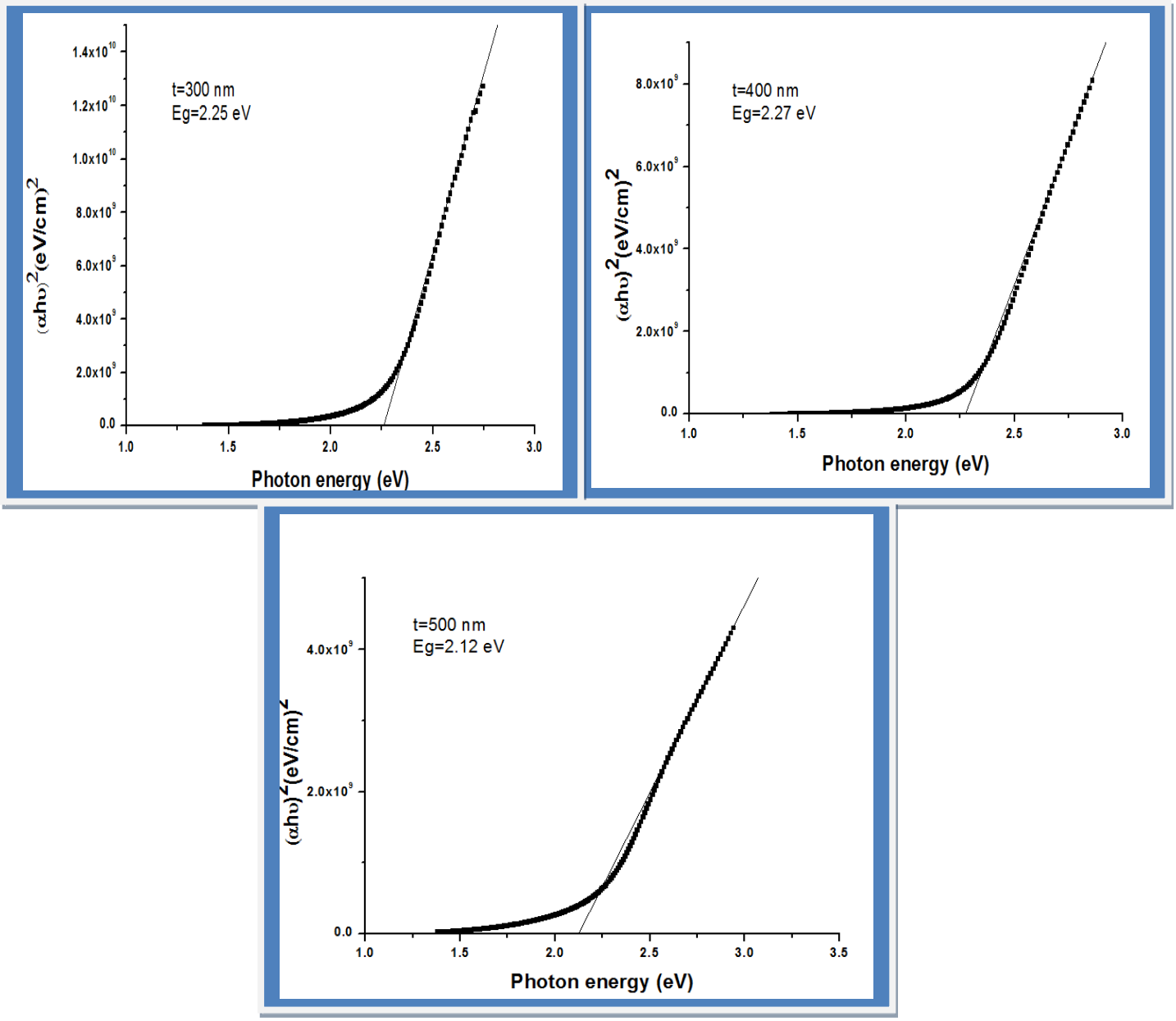
شكل (4-18) الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

(7-3-4) فجوة الطاقة البصرية (Optical Energy gap)

تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الألكترونية المباشرة المسموحة لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) قبل التشعيع وبعدها باستخدام العلاقة (11-2) اذ تكون قيمة (r=1/2)، وذلك برسم العلاقة الخطية بين $(\alpha h\nu)^2$ وبين طاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ بمد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ تتحقق العلاقة (11-2)، وبمعنى آخر أن $(E_g = h\upsilon)$ أي أن نقطة القطع تمثل قيمة فجوة الطاقة البصرية (E_g^{opt}) للانتقال المباشر المسموح، نلاحظ أن سلوك الغشاء بعد التشعيع كان مشابهاً الى سلوكه قبل التشعيع الا أن قيم فجوة الطاقة البصرية قد قلت بعد التشعيع وهذا يسبب زيادة في كثافة مواقع الحالات في فجوة الطاقة التي تؤدي الى نقصان فجوة الطاقة [28].



شكل (4-19): فجوة الطاقة البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.



شكل (4-20): فجوة الطاقة البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

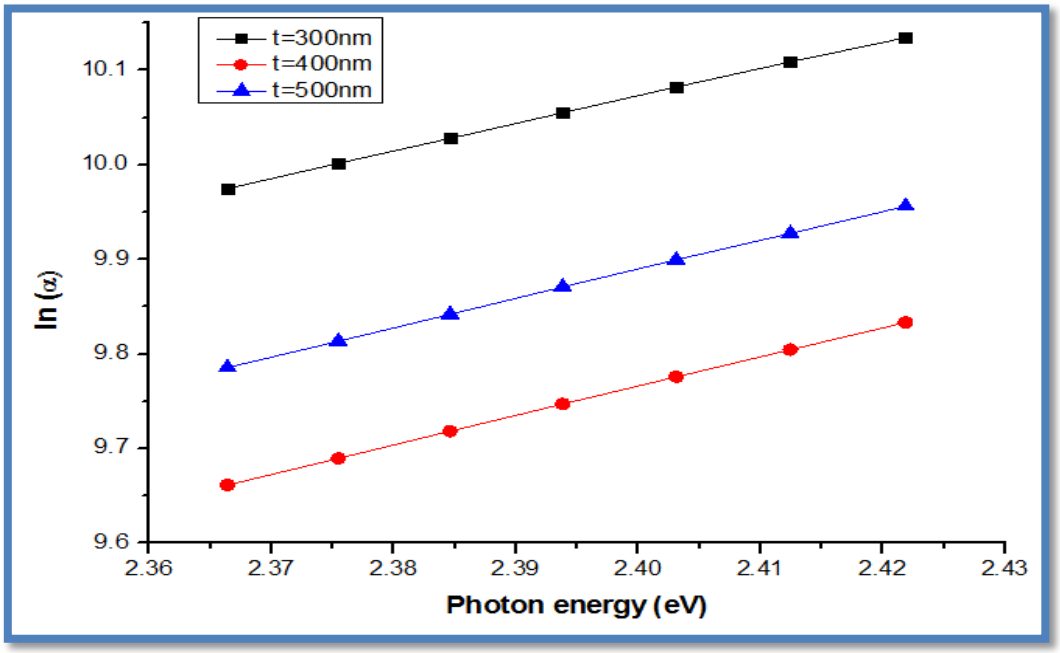
ونلاحظ من الجدول (4-3) الذي يستعرض قيم فجوة الطاقة لأغشية أوكسيد الكادميوم للدراسة الحالية الذي يبين النقصان في قيمة فجوة الطاقة والسبب هو أن التشعيع ادى الى خلق مستويات مانحة داخل فجوة الطاقة بالقرب من حزمة التوصيل، وأن وجود هذه المستويات يزيد من احتمالية امتصاص الفوتونات ذات الاطوال الموجية الطويلة مما يؤدي الى تقليل قيمة فجوة الطاقة.

الجدول (4-3): قيم فجوة الطاقة لأغشية أوكسيد الكادميوم للدراسة الحالية.

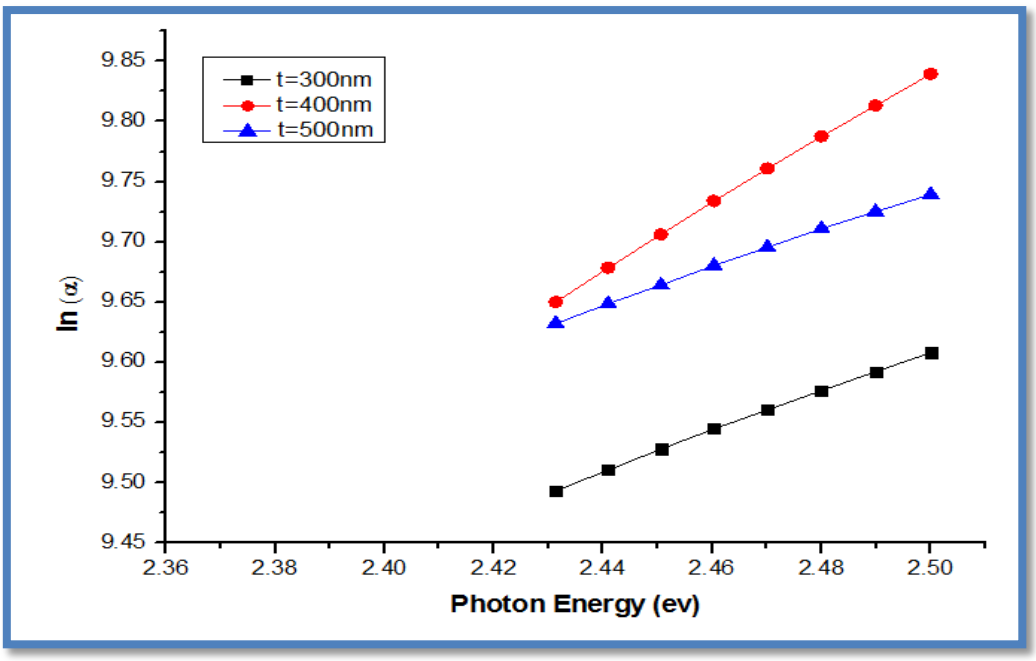
t (nm)	300		400		500	
Sample (CdO)	Before	After	Before	After	Before	After
Eg (eV)	2.29	2.25	2.32	2.27	2.30	2.12

(8-3-4) طاقة ذيول اورباخ (Urbach Tails Energy)

تم حساب طاقة ذيول اورباخ لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) قبل وبعد التشعيع باستخدام العلاقة(2-29)، والشكلان (4-21) و (4-22) يبين العلاقة بين (Ln α) وطاقة الفوتون (hv) قبل التشعيع وبعدها، حيث إن طاقة أُورباخ تُحسـب من مقلوب ميل الخط المستقيم للمنطقة الأسية أذ نلاحظ أن قيمتها تتناسب عكسياً مع قيم فجوة الطاقة البصرية.



شكل (4-21): طاقة ذيول اورباخ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.



شكل (4-22): طاقة ذيول اورباخ كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

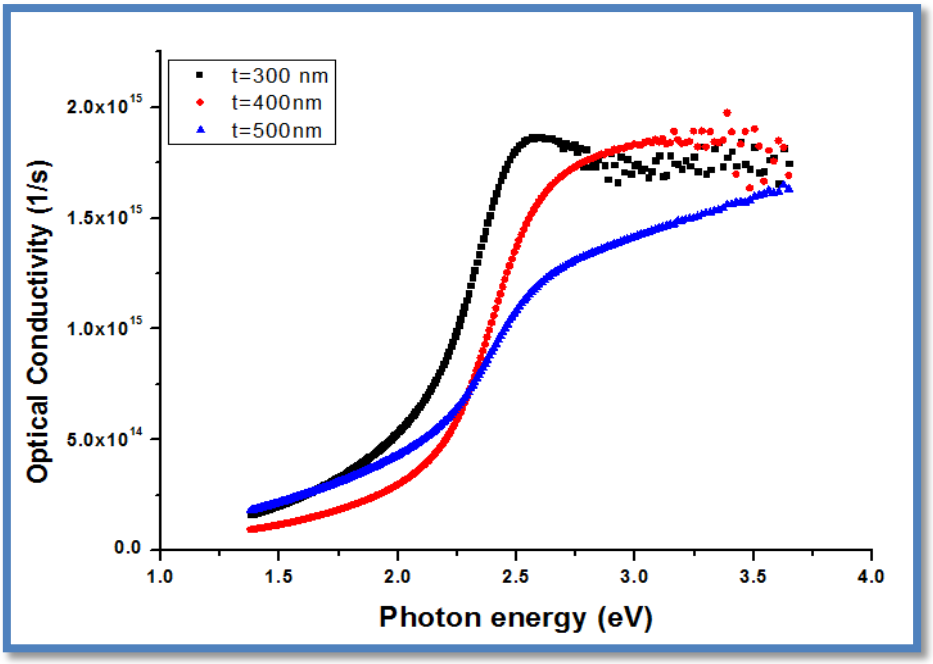
ونلاحظ من الجدول (4-4) والذي يمثل قيم طاقة اورباخ لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع وبعده بأن قيمتها تزداد بعد التشعيع.

الجدول (4-4): قيم طاقة ذيول اورباخ لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع وبعدها.

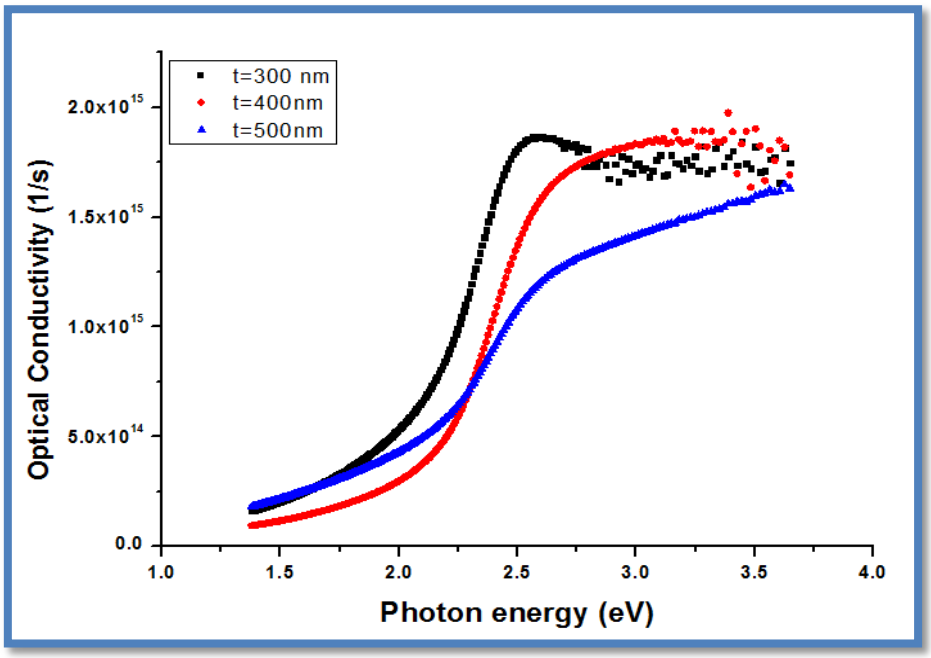
t(nm)	300		400		500	
Sample (CdO)	Before	After	Before	After	Before	After
قيم طاقة اورباخ E_u (m eV)	339.043	588.065	319.739	337.809	321.289	621.592

(4-3-9) التوصيلية البصرية (Optical Conductivity)

تم حساب التوصيلية البصرية من العلاقة (2-30)، حيث يبين الشكلان (4-23) و(4-24) تـغـير التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لجميع الأغشية، اذ نلاحظ أن التوصيلية للغشاء (500nm،400nm) تقل بعد التشعيع اما عند الغشاء ذو السمك (300nm) فتزداد التوصيلية بعد التشعيع بحسب العلاقة (2-30) لارتباطها بمعامل الامتصاص.



شكل (4-23): التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم قبل التشعيع.



شكل (4-24): التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم بعد التشعيع.

(4-4) الاستنتاجات (Conclusion)

1- أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية أن أغشية أوكسيد الكادميوم المشعة وغير المشعة والمرسبة على قواعد زجاجية والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري هي ذات طبيعة متعددة التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المكعب وأن التشعيع أثر في طبيعة التركيب البلوري.

2- تبين من نتائج فحوصات مجهر القوة الذريةّ أن التشعيع ادى الى زيادة قيم خشونة السطح والجذر التربيعي لمتوسط الخشونة.

3- التشعيع باشعة كاما قد ادى الى نقصان درجة التبلور في الأغشية ذات السمك (400nm، 500nm) واتضح ذلك من النقصان الحاصل في معدل الحجم الحبيبي.

4- التغير البسيط في قيم ثابت الشبيكة في التركيب البلوري بعد التشعيع أدى إلى تغير قيم معامل الانكسار.

5- دلت نتائج القياسات البصرية على أن طبيعة الانتقالات الإلكترونية كانت انتقالات إلكترونية مباشرة مسموحة.

6- الأغشية كافة قبل التشعيع وبعدها ذات نفاذية ثابتة في المنطقة المرئية لذلك تصلح أن تستخدم كنافذة في الخلايا الشمسية.

7- قيمة فجوة الطاقة تقل بعد التشعيع عما هي عليها قبل التشعيع.

8- زيادة قيمة ثابت العزل الحقيقي للمادة عند السمك (300nm) بعد التشعيع يؤدي الى زيادة قابلية المادة على الاستقطاب.

(5-4) المشاريع المستقبلية (Future Works)

1- دراسة تأثير التشعيع النيوتروني على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم المحضر كيميائيا.

2- دراسة تأثير المجال المختلط (كاما و النيوترون) على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم المحضر كيميائيا.

3- دراسة تأثير البوزترونات على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم المحضر كيميائيا.

المصـــــادر

REFERENCES

المصادر

[1] K. L. Chopra, "**Thin Film Phenomena**", Mc Graw-Hill, New York, (1969).

[2] K. D. Loaver, **"Thin Films",** Wykoham Publications, London,(1971).

[3] احمد امين سليمان، احمد فؤاد باشا وشريف احمد خيري، **"فيزياء الجوامد"** مطبعة دار الفكر العربي (٢٠٠٠).

[4] S. A. Salaman, "**Preparation and Study of Some Semiconducting Properties of CuI(Se_xT_{1-x}) Thin Films**", M.Sc. Thesis, Science College, Al-Mustaniriya University, (1998).

[5] J. R. Son, **"Thin Film Technologies",** 2nd Ed. (1986).

[6] L. Eckortova, **"Physics of thin films"**, (Plenum Press), (1977).

[7] H. G. Rashid, **"Design and Optimization of Thin Films Optical Filters with Applications in the Visible and Infrared Regions"**, Ph. D. thesis, Al-Mustansiriya University, (1996).

[8] K. L. Chopra and I. Kaur, **"Thin Film Device Applications",** Plenum Press, New York, (1983).

[9] M. Krunks, "**Thin Films for Photovoltaics by Chemical Methods"**, Tallinn University of Technology, Estonia, (2004).

[10] A. W. Metz, J. R. Ireland, J. Guozheng, R. p. S. M. Lobo, Y. Yang, J. Ni, C. L. Stern, V. P. Dravid, N. Bontemps, C. R. Kannewurf, K. R. Poeppelmeier and T. J. Marks, **" Transparent Conducting Oxides: Texture and Microstructure Effects on Charge Carrier Mobility in MOCVD-Derived CdO Thin Films**

Grown with a Thermally Stable, Low-Melting Precursor", J. Am. Chem. Soc, Vol. 126, pp. (8477-92), (2004).

[11] G. Kiriakidis, H. Ouacha and N. Katsarakis, **"InOx Nanostructured Thin Films: Electrical and Sensing Characterization",** Rev.Adv. Mater. Sci. vol. 4, pp. (32-40), (2003).

[12] Timothy J. Coutts, David L. Young and Xiaonanli, www.mrs.org/publications/bulletin, (2000).

[13] س. جاميرز وازك، هولبدي، **"الكيمياء اللاعضوية الحديثة"**، ترجمة د. وسام ابراهيم، ادريس عبد القادر، مطبعة جامعة الموصل، (١٩٨٠).

[14] R. C. Weast and M. J. Astle, **"Hand Book of Chemistry and Physics"**, (CRC press), (1979).

[15] Z. M. Jarzberzki, **"Oxide Semiconductors"**, pergamon press, (1973).

[16] A. H. Omran, **"A study of Optical and Electrical Properties of CdO, CuO Thin Films and Their Mixture Prepared by Chemical Spray Pyrolysis "**, M. SC, Thesis. AL-Mustansiriya University (1998).

[17] F. T. J. Smeith and S. L. Lyu, **"Amorphous Transparent Conductors: The CdO – ZnO2 System"**, (J. Electro Chem. Soc.) vol. 128, no. 5, p. 1083 (1981).

[18] F. A. Cotton, G. Wilkinson, C. A. Murillo and M. Bochmann, **"Advanced Inorganic Chemistry"**, John Wiley and Sons **(1999).**

[19] **Periodic Table**: Cadmium, www.webelements. com/ webelements/ elements/ . text/ Cd/ xtal. html Document Served: (2007).

[20] D. R. Lide, **"Chemical Rubber Compang Handbook of Chemistry and Physics"**, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 77th edition, (1996).

[21] Cl. Zuniga - Romero, G. Torres -Delgado, S. Jimenez-Sandoval, O. Jimenez- Sandoval and R. Castanedo-PEREZ, **"Influence of Firing Temperature on the Properties of CdO Thin Films Obtained by the Sol-Gel Method"**, Modern physics letters B, Vol. 15, pp. (17-19), (2001).

[22] O. Vigil, F. Cruz, A. Morales- Acevedo, G. Contreras- Puente, L. Vaillant and G. Santana, **" Structural and Optical Properties of Annealed CdO Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis"**, Materials Chemistry and Physics, Vol. 68, pp.(249-252), (2001).

[23] A. A. Dakhel, F. Z. Henari, Grys. Res. Technol, **"Optical Characterization of Thermally Evaporated Thin CdO Films"**, Crystal Research and Technology, Vol. 38, pp. (979-985), (2003).

[24] P. K. Ghosh, S. Das and K. K. Chattopadhyay, **" Temperature Dependent Structural and Optical Properties of Nanocrystalline CdO Thin Films Deposited by Sol–Gel Process"**, Vol. 7, pp.(219–225), (2005).

[25] L. R. Leon - Gutierrez , J. J. Cayente – Romero, J. M. Peza – Tapia, J. C. Martinez –Flores, M. Ortega-López **"Some physical properties of Sn-doped CdO thin films prepared by chemical bath**

deposition", Materials Letter, Vol. 60, pp. (3866 –3870), (2006) .

[26] R. S. Ali, **"A study Annealing Influence on the Optical Properties CdO of Sb Thin Films and Using Image Processing Technique for Study Some Structural Properties"**, M. Sc. Thesis, Al-Mustansiriya University, (2008) .

[27] S. M. H. Al-Jawad and H. K. J. Alogili, **'' Growth Kineticsof Chemically Deposited CdO Thin Films''**, School of Applied Sciences, University of Technology, Baghdad, Vol . 27, No.11, PP.(2335- 2344), (2009).

[28] اسماء احمد عزيز، **"تأثير التعرض لجسيمات الفا على الخواص البصرية للغشاء (Cdo) الرقيق"**، مجلة جامعة النهرين للعلوم، المجلد (15)، العدد(3)، صفحة (27-31)، (2012) .

[29] R. Kumaravel, S. Menaka, S. Regina Mary Snega, K. Ramamurthi, and K. Jeganathan, **"Electrical, optical and structural properties of aluminum doped cadmium oxide thin films prepared by spray pyrolysis technique"**, Materials chemistry and physics, Vol. 122, pp. (444- 448), (2010).

[30] عبد المجيد عيادة ابراهيم، نيران فاضل عبد الجبار، قاسم حمادي محمود، **"دراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما على الخواص البصرية للأغشية الرقيقة"**، مجلة جامعة كركوك، المجلد (5)، العدد(1)، صفحة (54-64) ، (2013) .

[31] عبد المجيد عيادة السامرائي، رائد عبد الوهاب اسماعيل، صبري جاسم محمد، هاني هادي احمد **"ميكانيكية النمو لأغشية اوكسيد الكاددميوم المحضرة بتقنية الترسيب بالحمام الكيميائي "**، كلية التربية، قسم الفيزياء، جامعة تكريت للعلوم الصرفة، المجلد السابع عشر العدد واحد ، (٢٠١٢).

[32] ايمان خير الله سالم، **" تحضير ثنائي الطبقة اوكسيد الكادميوم-اوكسيد الزنك**

بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري ودراسة الخواص التركيبية والضوئية"، مجلة البصرة للعلوم (أ)، المجلد السادس والعشرون، العدد واحد، الصفحة ٦٢- ٤٩، (٢٠١٢).

[33] H. M. Ajeel, Z. T. Hussein, K. M.Thajeel and R. Hussein Mekkilf, **"Effects of Gamma Radiation on Optical and Structural Properties of Cadmium Telluride Thin Films"**, Advanced Materials, Vol.32, pp. (811-818), (2014).

[34] A. I. Hassan, K. S. khashan, and A. A. Hadi, **"Optical and Structural Properties of Cdo Thin Film"**, Department of Applied Sciences, University of technology, Baghdad, Vol. 131,P. 613, (2013).

[35] S. H. S. Ajar, E. Y. A. Ahmad, E. A. A. Hussein, A. A. H. Habib, **" Study the Effect of Irradiation on Structural and Optical Properties of (CdO) Thin Films that Prepared by Spray Pyrolysis",** Ibn Al-Haitham J. for Pure & Appl. Sci., Vol. 28,pp. (41-51), (2013).

[36] W. A. Khamiss, **"Comparative Study of Structural and Optical Properties of ($Cd_{1-x}Al_xO$) Thin Film Chemically Prepared in Tow Routs"**, M.Sc. thesis, College of Science, University of Diyala, (2015).

[37] S. S. AL-Rawi, S.J. Shaker, Y.M. Hassan, **"Solid State Phyuics"** , AL- Mousul University, (1990).

[38] رياض كمال الحكيم، عادل خضير حسين، **"اسس الهندسة الالكترونية"**، مطبعة وزارة التعليم العالي، (١٩٨٠).

[39] R. A. Smith, "**Semiconductors**", (Cambridge press, 2nd.ed.) (1987).

[40] مؤيد جبرائيل يوسف، **"فيزياء الحالة الصلبة"**، مطبعة جامعة بغداد، الجزء ٢،

(١٩٨٩).

[41] M. N. Makadsi, "**Material Science**", high educating publishing, Baghdad University, (1990).

[42] J. S. Blakmore, "**Solid State physics**", (Cambridge press, 2nd ed.), (1986).

[43] S. Ben, "**Solid State Electronic Devices**", Hall International", Inc, USA, (1990).

[44] B. L. Sharma and R. K. Purohit, **"Semiconductor Hetrojunction"**, Pergamon Press, (1974).

[45] B. L. Mattes, **"Polycrystalline and Amorphous Thin Films and Devices"**, Academic Press, (1980).

[46] Y. U. L. Ravich, B.A. Efimova, **"Semi-Conducting Lead Chalcognides Plenum Press"**, New York, London, (1970).

[47] Klug, Alexander, "**X-ray Diffraction for Polycrystalline and Amorphous Material**", (1975).

[48] R. Nongjai, S. Khan, H. Ahmed, I. Khan and K. Asokan, **"Study of Structural Property of Co Ferrite Thin Films Grown by Pulsed Laser Deposition Technique",** Journal Homepage, Vol. 1451, No. 1, pp. (163-165), (2012).

[49] صادق باقر حسن، **"الالكترونيك"**، اسس الهندسة الالكترونية،الجامعة التكنولوجية، (١٩٨٠).

[50] A. N. Donald, **"Semiconductor Physics and Devices"**, Irwin, USA, (1992).

[51] M.S. Tyagi**,** "**Introduction to Semiconductor Materials**", John

Wiley &Sons, New York, (1991).

[52] S. M. Sze, **"Physics of Semi Conductor Device"**, John wiley and Sons, Inc. New York, (1985).

[53] J. I. Ponkove, **"Optical Processes in Semiconductors"**, Dove Publications lnc, NewYork , (1975).

[54] S. M. Sze, "**Semiconductors Devises physics and Technology**", Translated to Arabic by F. G. Hagaty and H. A. Ahmed, Baghdad, (1990).

[55**]** B. G. Streetman, **" Solid State Electronic Devices"** , Prentice-Hell of lndia, Private Llimited New Dethi, (1991).

[56] C. Kittle, **"Introduction to Solid State Physics",** John Wiley and Sons Inc,8th edition, (2005).

[57] S. Adachi, **"Properties of Group-IV, III–V and II–VI Semiconductors",** John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, 1st edition, (2005).

[58] A. D. A. Buba, J. S. A. Adelabu, **"Optical and Electrical Properties of Chemically Deposited ZnO Thin Films",** The Pacific Journal of Science and Technology, Vol. 11, No. 2, p. 429, (2010).

[59] D. C. Altamirano-Juárez, G. Torres-Delgado, R. Castanedo-Pérez, O. Jiménez-Sandoval, J. Márquez-Marín and S. Jiménez-Sandoval, "**Influence of the Al content on the Optical Properties of ZnO Thin Films Obtained by the Sol-Gel Technique**" Super Ficies, Vol. 13, PP.(66-68), (2001).

[60] M. A. Kaid, and A. Ashour, **"Preparation of ZnO-Doped Al Films by Spray Pyrolysis Technique"**, Applied Surface Science, Vol. 253, PP. (3029-3033), (2007).

[61] B. Mattes and L. Kazmarsk, **"Polycrystalline and Amorphous Thin Film Device"**, 2nd Ed, Academic Press,(1980).

[62] D. R. Acosta, E. Zironi, W. Estrada and E. Montoya, "**Materials Research Society Symposium Proceedings**", (1997).

[63] P. Mitra and Khan, "**Materials Chemistry and Physics**", (2008).

[64] M. Caglar, S. Ilcan and Y. Caglar, "**Influnce of Substrate Temperature on Structural and Electrical Properties of ZnO Films**", Trakya .Univ. J Sci, Vol. 7, No. 2, pp. (153-158), (2006).

[65] P. Sutta, and Q. Jackuliak, "**Matters Structure ",** Sci., p.1, (1998).

[66] M. Caglar, Y. Caglar and S. Ilican **,"The Determination of the Thickness and Optical Constants of the ZnO Crystalline Thin Film by using Envelope Method",** Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol.8, No. 4, PP. (1410-1413), (2006).

[67] M. G. Sridharan, S. K. Narayandass, D. Mangalaraj and H. C. L "**Influence of Thermal Annealing on the Structural and Opti Properties of Polycrystalline $Cd_{0.96}Zn_{0.04}Te$ Thin Films**", Journal Optoelectronis and Advanced Materials, Vol. 7, No. 3, pp. (1483-149 (2005).

[68] A. Nilens, "**Deep Impurity in Semiconductors**", Wily-Inter Science Pubication, printing first, (1973) .

[69] C. Mwolfe, N. Holouyak and G. B. Stillmau**,** "**Physical Properties of Semiconductor**", Printice Hall, New York (1989).

[70] S.O. Kasap, "**Principles of Electronic Materials and Devices**", 2nd, Mc Graw- Hill, New York, (2002).

[71] A. H. Clark**,** "**Optical Properties of Polycrystalline and Amorphous Thin Films and Devices",** edited by Lawrece. L. Kazemerki, Academic Press, (1980).

[72] G. Busch and H. Schade**,** "**Lectures on Solid State Physics** ", Pergaman Press , London, (1976).

[73] N. F .Mott and E. A. Davis **"Electronic Processes in Non-Crystalline Materials"**, clarendon Press, oxford, (1979).

[74] J. Tauc, **"Amorphous and Liquid Semiconductors",** Ed. by J. Tauc. Plenum Press, London, (1974).

[75] O. Stenz-el**, "The Physics of Thin Film Optical Spectra",** An Introduction, Winz erlaer Str. 10, 07745 Jena, Germany, (2005).

[76] B. L. Theraja, **"Modern Physics"**, S. Chandand Company (PVY), New, p.170, (1987).

[77] I. Akyuz, S. Kose, E. Ketenci, V. Bilgin and F. Atay, **"Optical Structural and Surface Characterization of Ultrasonically Sprayed CdO:F Films"**, journal of alloys and coumpounds, Vol. 509, pp. (1947-1952), (2011).

[78] زياد طارق خضير، **" دراسة الخواص البصرية وبعض الخواص الكهربائية لأغشية اوكسيد الكادميوم المشوب باوكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري"**، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، (٢٠٠٣).

[79] زياد طارق خضير، **" تصميم وتصنيع التراكيب النانوية المسماة بتقنية (APCVD) ودراسة بعض الخواص الفيزيائية وضروف الترسيب للمركب (ZnO:Fe)"**، اطروحة دكتوراه، كلية التربية، ابن الهيثم، جامعة بغداد، (2011).

[80] M. H. Suhail,**"Study the Optical Properties of the Thin Films of Gold- Copper Alloys"** M.Sc. Thesis, Al-Mustansiriyah University, (1984).

[81] انتصار هاتو هاشم، **" الخواص البصرية والكهربائية لأغشية اوكسيد الكادميوم "**، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، (١٩٩٧).

[82] M. A. Khashan, A. M. El. Naggar, **" The Possibility of Application of the Three Coupled Oscillators Model in Crystalline Optical Activity",** Optics Communications**,** Vol. 174**,** pp.(455-465), (*2000*).

[83] I. C. Ndukwe**, "Solution Growth Characterization and**

Applications of Zinc Sulph- Ide Thin Films", solar Energy Materials and solar cells, Vol. 40, PP.(123-131) (1996).

[84] Al- Arif and M. Safa, "**Biophysics Radiation**", 1st edition Usama for publishing, Jordan, (1999).

[85] G. F. Knoll, "**Radiation Detection and Measurement**", John Wiley and Sons, Inc, (1979).

[86] Coomber, "**Radiochemical Method in Analysis**", Plenum Publishing Corporation, (1975).

[87] سامي سلمان جياد **" الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية (SnO_2) المشوبة بالفلور والمشعة بأشعة كاما"** ، رسالة ماجستير – جامعة بغداد (2005) .

[88] A. A. Harms, "**Principles of Nuclear Science and Engineering**", John Wiley and Sons, Inc, (1987).

[89] S. Kennth, "**Introduction Nuclear Physics**", John Wiley and Sons, Inc, (1988).

[90] C. E. Grouthamel, "**Applied Gamma-Ray Spectrocopy**", 2nd. Pergamon Press, (1970).

[91] W. R. Leo, "**Techniques for Nuclear and Practical Physics Experiments**", Spring-Verlag, Berlin, (1987).

[92] **The Hypothesis of Light Quanta and the Photoelectric Effect**, www2. kutl. Kyushu- u.ac.jp/ seminar/ MicroWorld1 .html. (Since May 15, (2004).

[93] E. Segre, "**Nuclear and Particles**", 2nd ed., Benjamin Cummings Publishing Co., Inc, (1977).

[94] علي عبد الحسين سعيد، **"الكيمياء الاشعاعية"**، مطبعة جامعة البصرة، (١٩٨٣).

[95] W. H. Tait, "**Radiation Detection**", Butler Works, U. K. (1980).

[96] K. N. Mukin, **"Experimental Nuclear Physics"**, Mir Publisher-Moscow ,v.I (1987).

[97] خالد عبيد الاحمد ، **"مقدمة في الفيزياء الصحيحة "**، جامعة الموصل، (1993).

[98] S. Glasstone, A. Sesonske, "**Nuclear Reaction and Radiations**", 3rd ed., Van Nostrand Reinhold Co. (1981).

[99] R. Eisberg, R. Reshich, "**Quantum Physics**", 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc, (1985).

[100] **Compton Scattering,** www. hyperphysics. phy-astr. gsu.edu/ hbase/quantum/compton.html. Paper presented to AAPT, Guelph, Canada, and August, (2000).

[101] A. E. Profio, "**Radiation Shielding and Dosimeters**", John Wiley and Sons, Inc, (1973).

[102] **Pair Production**, Science Team, Faculty of Pure and Applied Science team, York University. www.resources.yesican.yorku.ca/ trek/radiation/fin.html. (1997).

[103] F. J. Giessibl, **"Advances in Atomic Force Microscopy"**, Reviews of modern physics, Vol. 75, pp. (949-983), (2003).

[104] M. M. Hafiz, A. H. Moharram, M. A. Abdel-Rahim and A. A. Abu-Sehiy, **" The Effect of Annealing on the Optical Absorption and Electrical Conduction of Amorphous $As_{24.5}Te_{71}Cd_{4.5}$ Thin Films"**, Thin solid films, Vol. 292, pp. (7-13), (1997).

[105] ايناس سليمان المزبان ، **"دراسة الخواص البصرية والكهربائية لأغشية أوكسيد الكروم Cr_2O_3 و أوكسيد الكوبلت Co_3O_4 الرقيقة ومزجهما "**، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، (١٩٩٧) .

[106] M. Mahaboob Beevia , M.Anusuyab and V.Saravananc, **"Characterization of CdO Thin Films Prepared By SILAR Deposition Technique"**, International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol.1, pp. (151-154), (2010).

[107] H.M. Ali, H.A. Mohamed, M.M. Wakkad and M.F. Hasaneen**, "Properties of Transparent Conducting Oxides Formed From CdO Alloyed with In2O"**, Thin Solid Films, Vol.515, pp. (3024–3029),

(2007).

[108] M. H. Hassouni, K. A. Mishjil, S. S. Chiad and N. F. Habubi, **"Effect of Gamma Irradiation on the Optical Properties of Mg Doped CdO Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis",** International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, Vol. 11, pp. **(** 26-37), (2013).

[109] R. Kumaravel, S. Menaka, S. R. M. Snega, K. Ramamurthi and K. Jeganathan, **"Electrical, Optical and Structural Properties of Aluminum Doped Cadmium Oxide Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Technique",** Materials chemistry and physics, Vol.122, pp. (444- 448), (2010) .

[110] R. J. Deokate, S. V. Salunkhe, G. L. Agawane, B. S. Pawar, S. M. Pawar, K. Y. Rajpure , A. V. Moholkar and J. H. Kim, **"Structural Optical and Electrical Properties of Chemically Sprayed Nanosized Gallium Doped CdO Thin Films",** Journal of alloys and compounds, Vol. 496, pp. (357-363), (2010).

Abstract

In this study, (CdO) films on glass substrates at a temperature of (723K) and thicknesses (300,400,500 nm) are prepared by chemical spray pyrolysis. The concentration of all the solutions used was (0.1 M). The structural and optical properties have been studied of all the prepared films before and after irradiation by gamma rays.

The crystal structure were examined by XRD technique of the prepared films, the results showed that all the films were polycrystalline with a cubic structure. Surface topography of all films was studied using a tomic force microscopy (AFM). It was found, at thicknesses (400,500 nm), that irradiation leads to increase the structural defect and hence decrease the degree of crystallinity in these films.

The transmittance spectra has been recorded in the wave lenghts (380-900)nm of prepared films, Obtain the absorption coefficient, Optical energy gap of direct allowed transition, and some optical constants as a function of photon energy (such as refractive index, extinction coefficient, real and imaginary parts of dielectric constant and optical conductivity) were calculated.

It was clear that irradiation by gamma rays from ^{137}Cs for two weeks affected all the parameters. Also irradiation leads to decrease energy gap of all the prepared films and increase urbach tails energy.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Diyala
College of Science
Department of Physics

Study the Effect of Gamma Irradiation On Some Physical Properties of (CdO) Thin Films Prepared Chemically Method

A Thesis
Submitted To The Council of Education College of University of Diyala In Partial Fulfillment of The Degree of M.Sc. In Physics

By

Eman S.Noore
B. Sc. Physics (2013)

Supervised By

Dr. Bathinah A. Abrahim
Assist. Prof.

Dr. Nadir F. Habubi
Prof.

2017