



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة البصرة  
كلية العلوم

دراسة تأثير التضمين على بعض الخواص الفيزيائية  
لأنشبة  $(\text{Cd}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O})$  الرقيقة المعضرة كيميائياً

رسالة مقدمة إلى

مجلس كلية العلوم / جامعة ديالى

التي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل

محمد محمود عبد الرحمن

الطائفة صوب الزمان (1996)

بشرف

أ. فزاة محمود هادي

أ. د. جعفر محمد منصور



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة ديالى  
كلية العلوم

دراسة تأثير التشعيع على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية  
( $Cd_{1-x}Zr_xO$ ) الرقيقة المحضرة كيميائياً

رسالة مقدمة إلى

مجلس كلية العلوم / جامعة ديالى

وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل

**محمد محمود عبد الرحمن**

(بكالوريوس علوم فيزياء 1998)

بإشراف

أ. فراس محمود هادي

أ.م.د. جاسم محمد منصور

2021 م

1442 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ  
مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ  
ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ❀ إِنَّ  
فِي اخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَمَا خَلَقَ اللَّهُ فِي السَّمَوَاتِ  
وَالْأَرْضِ لآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَّقُونَ ❀

صدق الله العظيم

سورة يونس

الآية (5-6)

## أقرار الاساتذة المشرفين

نقر أن هذه الرسالة والموسومة (دراسة تأثير التشعيع على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية  $Cd_{1-x}Zr_xO$  الرقيقة المحضرة كيميائياً) من اعداد الطالب (محمد محمود عبدالرحمن) قد جرت تحت اشرافنا في قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.



التوقيع:

الاسم: فراس محمود هادي

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة ديالى كلية العلوم

التاريخ: 2021/1/20



التوقيع:

الاسم: د. جاسم محمد منصور

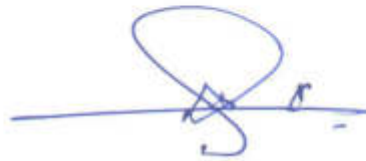
المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى - كلية العلوم

التاريخ: 2021/1/20

## توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءً على التوصية المقدمة من قبل الاستاذين المشرفين أحيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.



التوقيع:

الاسم: د. عمار عايش حبيب

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى - كلية العلوم

التاريخ: 2021/1/24

## اقرار المقوم اللغوى

أقر بتقويم رسالة الماجستير الموسومة بـ (دراسة تأثير التشعيع على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية  $(Cd_{1-x}Zr_xO)$  الرقيقة المحضرة كيميائياً) للطالب (محمد محمود عبد الرحمن) لغوياً من قبلى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.

  
التوقيع:

الاسم : د. عمار عبد الستار محمد

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

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

التاريخ: ٢٠٢١ / ٤ / ٢٠

## اقرار المقوم العلمى

أقر بتقويم رسالة الماجستير الموسومة بـ (دراسة تأثير التشعيع على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية  $(\text{Cd}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O})$  الرقيقة المحضرة كيميائياً) للطالب (محمد محمود عبد الرحمن) علمياً من قبلى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.

التوقيع: 

الاسم : د. غصون حميد محمد

المرتبة العلمية : أستاذ

العنوان: جامعة بغداد/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء

التاريخ: 2021/2/21

## اقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعون أدناه نشهد بأننا قد اطلعنا على الرسالة الموسومة (دراسة تأثير التشعيع على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية  $(Cd_{1-x}Zr_xO)$  الرقيقة المحضرة كيميائياً)، والمقدمة من قبل الطالب (محمد محمود عبد الرحمن)، وبعد إجراء المناقشة العلنية للطالب وجدت اللجنة أن الرسالة مستوفية لمتطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.

### رئيس اللجنة

التوقيع: 

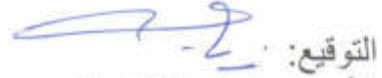
الاسم: د. علية عبد المحسن شهاب

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة بغداد/ كلية التربية- ابن الهيثم

التاريخ: 2021/4/19

### عضو اللجنة

التوقيع: 

الاسم: د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: 2021/4/18

### عضو اللجنة

التوقيع: 

الاسم: د. عمار عايش حبيب

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: 2021/4/19

### عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع: 

الاسم: د. جاسم محمد منصور

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: 2021/4/19

### عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع: 

الاسم: فراس محمود هادي

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: 2021/4/19

### مصادقة عمادة كلية العلوم

التوقيع: 

الاسم: د. تحسين حسين مبارك

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة ديالى/ كلية العلوم

التاريخ: 2021/4/19

# الإهداء

الى معلم البشرية والسراج المنير الذي اخرج الناس من الظلمات الى النور  
الرسول الكريم سيدنا محمد عليه الصلاة والسلام

الى أحق الناس بالشكر، الشجرة المثمرة دائما في حياتي، والتي مهما انبرت الأقلام في  
محاولة لمنحها ما يليق بها، فلن توفي ذلك

أمي الحبيبة أمد الله في عمرها بالصحة والعافية.

الى الشيخ الشهيد صاحب المقام الرفيع، والذي لم يدخر الجهد أو الوقت، كي أكون  
والدي العزيز رحمه الله.

الى من خففت عني اعباء الحياة وصبرت معي وساندتني في السراء والضراء  
زوجتي الغالية

الى اصحاب المكانة الغالية في قلبي

أخوتي وأخواتي حفظهم الله

الى زينة الحياة الدنيا وفرحتي

اولادي وبناتي

الى اصدقائي الاعزاء

الى اساتذتي الكرام

الى كل من وقف بجانبني

الى كل من تمنى لي الخير

محمد



## شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين حمداً كثيراً طيباً مباركاً تطيب به الحياة، الحمد لله حتى يبلغ الحمد منتهاه، الحمد لله حمداً تستديم به النعم، الحمد لله الذي فتح لي ابواب العلم ورزقني الصبر والارادة والصلاة والسلام على سيدنا ومعلمنا محمد وعلى آله وصحبه اجمعين.

الفضل يُنسب لله رب العالمين أولاً وأخراً، وهو من جعل الفضل مُتداوِلاً بين عباده، ولن يُنزع إلى قيام الساعة.

اقدم شكري وتقديري الى عمادة كلية العلوم/ جامعة ديالى و رئاسة قسم الفيزياء لأتاحتهم الفرصة لي لإكمال مسيرتي العلمية.

وبعد فضل الله سبحانه وتعالى وتوفيقه لي في اتمام هذا البحث اتقدم بخالص شكري وامتناني الى اساتذتي المشرفين (أ.م.د. جاسم محمد منصور و أ. فراس محمود هادي) لاقتراحهما موضوع البحث وللجهود الكبيرة وتوجيهاتهما القيمة والمستمرة التي كان لها الأثر الكبير في اتمام البحث داعيا الله لهما بدوام الصحة والعافية.

وشكري وامتناني لأساتذتي الكرام في قسم الفيزياء وخصوصا (أ. د. تحسين حسين مبارك و أ. د. زياد طارق خضير و أ. د. نبيل علي بكر و أ. د. صباح أنور سلمان و أ. د. كريم هنيكش و أ. أسعد احمد كامل) لما بذلوه من جهد وعطاء مستمرين بهما طوال دراستي داعياً الله لهم دوام الصحة والعافية. وشكري واحترامي الى (د. حيدر سليم حسين) في كلية العلوم جامعة بغداد على ما أبداه من تعاون في أنجاز عملية التشجيع.

كما واقدم شكري الى كل من كان عوناً لي في بحثي هذا والى زملائي وزميلاتي في الدراسات العليا وخصوصا زميلي وأخي (علي منهل حميد).

وفي الختام أقدم شكري و عرفاني بالجميل لزوجتي و ابنائي كافة الذين كابدوا الكثير أثناء دراستي، وأقف عاجزاً عن شكرهم لما منحوني إياه من رعاية وتشجيع طيلة فترة الدراسة والبحث داعياً الله لهم دوام الصحة والعافية والشكر موصول الى كل من ساهم من الاصدقاء والزملاء، في اتمام هذه الدراسة ولو بكلمة طيبة.

محمد

## الخلاصة

تم في هذا البحث، ترسيب أغشية أكسيد الكاديوم CdO الرقيقة غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم ( $Cd_{1-x}Zr_xO$ ) على قواعد زجاجية وبنسب تطعيم حجمية مختلفة ( $x=0.03, 0.05, 0.07$  and  $0.09$ ) والمحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي وعند درجة حرارة قاعدة ( $450^{\circ}C$ ) وبسمك ( $420\pm 20nm$ ) ودراسة تأثير التطعيم على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للأغشية المحضرة. ومن ثم دراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما على الخصائص التركيبية (XRD) والبصرية والخصائص الكهربائية (تأثير هول) للأغشية المحضرة.

أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) للأغشية المحضرة إنها ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المكعب (Cubic) وإن الاتجاه السائد للنمو (200) ولا يوجد تغيير للاتجاه السائد بزيادة نسبة التطعيم وإن التطعيم بالزركونيوم أدى إلى نقصان في شدة القمة في نمط حيود الأشعة السينية مع تناقص في قيمة حجم البلوريات. بالإضافة إلى زيادة كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات مقارنة بأغشية (CdO) غير المطعمة. أما بعد التشعيع فإنه لم يحدث تغيير في نوع التركيب والاتجاه السائد لجميع الأغشية، إلا أن هناك زيادة في شدة قمم الحيود مع زيادة في حجم البلوريات وتناقص في كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات مقارنة مما كانت عليه قبل التشعيع ولجميع الأغشية المحضرة. أما قياسات (AFM) فأظهرت أن قيمة كل من خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة تتناقص، كذلك نقصان في قيم الحجم الحبيبي. وأظهرت صور (FESEM) النمو الجيد لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة واتخاذ الحبيبات أشكالاً مشابهة للأحجار الصغيرة مع اختلاف في الحجم الحبيبي. وأن الحجم الحبيبي يتناقص مع زيادة نسب التطعيم وتبدأ باتخاذها شكل شبه كروي. تم التحقق من العناصر المكونة للأفلام بواسطة EDS.

تم دراسة الخواص البصرية قبل وبعد تشعيع الأغشية بأشعة كاما حيث تم تسجيل طيف الامتصاصية والنفاذية ضمن مدى الطول الموجي ( $340-900nm$ ) وبينت النتائج

تناقص امتصاصية الاغشية للضوء وزيادة النفاذية مع زيادة الطول الموجي، أما الانعكاسية فتزداد مع الزيادة الحاصلة في طاقة الفوتون ثم تبدأ مباشرة بالنقصان في مدى الطاقات الفوتونية العالية، اما قيمة فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لأغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة تزداد مع زيادة نسب التطعيم بالزركونيوم وتتراوح قيمتها بين (2.337-2.68eV)، وفجوة الطاقة للانتقالات غير المباشرة المسموحة تزداد مع زيادة نسب التطعيم أما الثوابت البصرية (معامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل جزئيه الحقيقي والخيالي) تتناقص قيمها مع زيادة نسب التطعيم اما بعد التشعيع فهناك تزايد في قيم الامتصاصية ونقصان النفاذية والانعكاسية عما كانت عليه قبل التشعيع. وتناقص قيم فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية المباشرة وغير المباشرة مقارنة مع قيمها قبل التشعيع. وكذلك زيادة قيم الثوابت البصرية عما كانت عليه قبل التشعيع.

تم دراسة الخواص الكهربائية والمتمثلة بفحوصات تأثير هول والتي بينت أن نوع حاملات الشحنة من النوع السالب (n-type) ولجميع الأغشية حيث لم تتأثر نوعية حاملات الشحنة بالتطعيم قبل وبعد التشعيع، وزيادة قيمة التوصيلية عند نسب التطعيم (0.03 and 0.05) ثم تتناقص قيمة التوصيلية بزيادة نسب التطعيم عند النسب (0.07 and 0.09) قبل التشعيع أما بعد التشعيع فان التوصيلية بصورة عامة تتناقص لجميع الأغشية مقارنة مع قيمها قبل التشعيع، أما تحركية الالكترونات تتناقص مع زيادة التطعيم قبل وبعد التشعيع.

# المحتويات

رقم الصفحة	المحتوى	رقم الفقرة
I-IV	المحتويات	
IV-VIII	قائمة الاشكال	
VIII	قائمة الجداول	
IX-XI	قائمة الرموز	
XI	قائمة الاختصارات	
<b>1-13</b>	<b>مقدمة عامة</b>	<b>الفصل الأول</b>
1	المقدمة	(1-1)
2	طرائق تحضير الأغشية الرقيقة	(2-1)
3	الآلية تشكيل الأغشية الرقيقة	(3-1)
3	تقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش	(4-1)
4	خصائص مادة الأغشية	(5-1)
4	أكسيد الكاديوم	(1-5-1)
6	الزركونيوم	(2-5-1)
7	الدراسات السابقة	(6-1)
13	هدف البحث	(7-1)
14-43	الجزء النظري	الفصل الثاني
14	المقدمة	(1-2)
14	مواد الحالة الصلبة	(2-2)
14	المواد شبه الموصلية	(3-2)
15	التركيب البلوري لأشباه الموصلات	(4-2)
15	أشباه الموصلات البلورية	(1-4-2)
16	أشباه الموصلات العشوائية	(2-4-2)
17	حزم الطاقة في المواد الصلبة	(5-2)
18	أنواع أشباه الموصلات	(6-2)
18	أشباه الموصلات الذاتية (النقية)	(1-6-2)

19	أشباه الموصلات غير الذاتية (غير النقية)	(2-6-2)
20	طرائق تطعيم اشباه الموصلات	(7-2)
21	الخصائص التركيبية	(8-2)
21	حيود الأشعة السينية	(1-8-2)
23	المعلمات التركيبية	(1-1-8-2)
24	مجهر القوة الذرية	(2-8-2)
25	المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال	(3-8-2)
27	الخصائص البصرية	(9-2)
27	الانعكاسية	(1-9-2)
28	النفاذية	(2-9-2)
28	الامتصاصية	(3-9-2)
28	حافة الامتصاص الأساسية	(1-3-9-2)
31	معامل الامتصاص	(4-9-2)
32	الانتقالات الإلكترونية	(10-2)
32	الانتقالات الالكترونية المباشرة	(1-10-2)
33	الانتقالات الالكترونية غير المباشرة	(2-10-2)
34	الثوابت البصرية	(11-2)
34	معامل الانكسار المعقد	(1-11-2)
35	ثابت العزل المعقد	(2-11-2)
36	الخواص الكهربائية	(12-2)
36	تأثير هول	(1-12-2)
38	التشعيع	(13-2)
38	أشعة كاما	(14-2)
38	تفاعلات اشعة كاما مع المادة	(15-2)
39	التأثير الكهروضوئي	(1-15-2)
40	تأثير كومبتن	(2-15-2)
41	أنتاج الزوج	(3-15-2)
43-56	الجزء العملي	الفصل الثالث
43	المقدمة	(1-3)
44	منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش	(2-3)
46	تحضير الأغشية الرقيقة	(3-3)

46	تهيئة القواعد الزجاجية	(1-3-3)
47	تحضير المحاليل	(2-3-3)
47	تحضير محلول نترات الكاديوم	(1-2-3-3)
48	تحضير محلول نترات الزركونيوم	(2-2-3-3)
50	العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة	(4-3)
51	ترسيب الأغشية الرقيقة	(5-3)
52	قياس سمك الأغشية الرقيقة	(6-3)
53	القياسات التركيبية	(7-3)
53	حيود الأشعة السينية	(1-7-3)
54	مجهر القوة الذرية	(2-7-3)
54	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	(3-7-3)
54	القياسات البصرية	(8-3)
54	قياس تأثير هول	(9-3)
55	التشعيع بأشعة كاما	(10-3)
57-103	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
57	المقدمة	(1-4)
57	القياسات التركيبية	(2-4)
57	حيود الأشعة السينية	(1-2-4)
70	مجهر القوة الذرية	(2-2-4)
74	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	(3-2-4)
81	القياسات البصرية	(3-4)
81	الامتصاصية	(1-3-4)
83	النفذية	(2-3-4)
84	الانعكاسية	(3-3-4)
86	معامل الامتصاص	(4-3-4)
88	فجوة الطاقة البصرية	(5-3-4)
88	فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة	(1-5-3-4)
90	فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية غير المباشرة	(2-5-3-4)
92	طاقة أورباخ	(6-3-4)
94	الثوابت البصرية	(7-3-4)
94	معامل الانكسار	(1-7-3-4)

96	معامل الخمود	(2-7-3-4)
97	ثابت العزل الكهربائي المعقد	(3-7-3-4)
100	تأثير هول	(4-4)
102	الاستنتاجات	(5-4)
103	المشاريع المستقبلية	(6-4)
104	المصادر	

## قائمة الاشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
		الفصل الاول
2	مخطط توضيحي لبعض تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة	(1-1)
5	التركيب البلوري لأوكسيد الكاديوم	(2-1)
6	التركيب البلوري لثنائي أوكسيد الزركونيوم	(3-1)
		الفصل الثاني
14	التوصيلية الكهربائية لبعض المواد الصلبة	(1-2)
17	التركيب البلوري لأشباه الموصلات	(2-2)
18	تكون حزم الطاقة في المواد الصلبة (بلورة الماس)	(3-2)
18	فجوة الطاقة للمواد الصلبة	(4-2)
20	التطعيم في اشباه الموصلات	(5-2)
22	مخطط المستويات البلورية وحيود براك	(6-2)
22	حيود الأشعة السينية للمواد	(7-2)
25	ألية عمل مجهر القوة الذرية	(8-2)
26	مخطط لجهاز المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال	(9-2)
29	مخطط مناطق الامتصاص لأشباه الموصلات	(10-2)
30	مخطط ذبول أورباخ	(11-2)
34	الانتقالات الإلكترونية	(12-2)
37	مخطط تأثير هول	(13-2)
40	الظاهرة الكهروضوئية	(14-2)
41	استطارة (تأثير كومبتن)	(15-2)
42	ظاهرة انتاج الزوج	(16-2)

		الفصل الثالث
43	مخطط للخطوات المتبعة في تحضير الأغشية	(1-3)
44	منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش	(2-3)
45	جهاز الرش	(3-3)
47	مادة نترات الكادميوم المائية	(4-3)
49	مسحوق نترات الزركونيوم	(5-3)
51	صورة لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بنسب مختلفة	(6-3)
55	قاعدة النماذج التي توضع عليها العينات مع صورة للعينات المحضرة	(7-3)
56	منظومة أشعة كاما ( $^{60}\text{Co}$ )	(8-3)
		الفصل الرابع
58	البطاقة الدولية القياسية ذات الرقم التسلسلي (ICDD-05-0640).	(1-4)
59	حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(2-4)
60	حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(3-4)
61	حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع للاتجاه السائد (200)	(4-4)
61	حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع للاتجاه السائد (200)	(5-4)
62	حيود الأشعة السينية لأغشية ثنائي أكسيد الزركونيوم ( $\text{ZrO}_2$ )	(6-4)
64	ثابت الشبكة كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع	(7-4)
65	حجم البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع	(8-4)
66	عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع	(9-4)
67	كثافة الانخلاع كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع	(10-4)
67	عدد البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التطعيم	(11-4)



68	معدل حجم البلوريات وكثافة الانخلاع وعدد البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(12-4)
71	العلاقة بين معدل الحجم الحبيبي ومعدل متوسط الخشونة RMS كدالة لنسب التطعيم	(13-4)
72	صور (AFM) ثلاثية وثنائية الأبعاد لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم	(14-4)
73	مخطط توزيع وتراكيز حجم الحبيبات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم	(15-4)
74	صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة	(16a-4)
75	صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.03)	(16b-4)
76	صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.05)	(16c-4)
77	صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.07)	(16d-4)
78	صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.09)	(16e-4)
79	تحليلات EDS لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم	(17-4)
80	صور المقطع العرضي للمجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال تبين سمك أغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم	(18-4)
82	الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(19-4)
82	الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(20-4)
83	النفذية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(21-4)
84	النفذية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(22-4)
85	الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(23-4)
85	الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(24-4)
87	معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة قبل التشعيع	(25-4)

87	معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بعد التشعيع	(26-4)
89	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و $(\alpha h\nu)^2$ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(27-4)
89	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و $(\alpha h\nu)^2$ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(28-4)
91	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات غير المباشرة المسموحة الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و $(\alpha h\nu)^{1/2}$ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(29-4)
91	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات غير المباشرة المسموحة الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و $(\alpha h\nu)^{1/2}$ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(30-4)
93	العلاقة بين طاقة الفوتون و $(L\alpha)$ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(31-4)
94	العلاقة بين طاقة الفوتون و $(L\alpha)$ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(32-4)
95	معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(33-4)
95	معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(34-4)
96	معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(35-4)
97	معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(36-4)
98	ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(37-4)
98	ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(38-4)
99	ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع	(39-4)
99	ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع	(40-4)
101	التوصيلية الكهربائية كدالة لنسب التطعيم للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع	(41-4)

101	تركيز حاملات الشحنة كدالة لنسب التطعيم للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع	(42-4)
101	التحركية كدالة لنسب التطعيم للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع	(43-4)

## قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
		الفصل الأول
5	بعض خواص أكسيد الكاديوم	(1-1)
		الفصل الثالث
49	النسب الحجمية للمحاليل المستخدمة في تحضير $Cd_{1-x}Zr_xO$	(1-3)
		الفصل الرابع
63	قيم المسافات البلورية ومعاملات ميلر التي تم الحصول عليها من نتائج XRD قبل وبعد التشعيع	(1-4)
68	المعلومات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) قبل التشعيع	(2-4)
69	المعلومات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) بعد التشعيع	(3-4)
70	قيم خشونة السطح والحجم الحبيبي وقيم الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة	(4-4)
92	قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة وغير المباشرة المسموحة	(5-4)
93	قيم طاقة أورباخ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع	(6-4)
102	القياسات الكهربائية المحسوبة من قياس تأثير هول لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع	(7-4)

## قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
$a_0$	ثابت الشبكة	Å
(hkl)	معاملات ميلر	--
$n$	مرتبة الحيود	
$d_{hkl}$	المسافة بين المستويات البلورية	Å
$\lambda$	الطول الموجي	nm
$\theta$	زاوية حيود براك	degree
$I_0$	شدة الشعاع الساقط	eV/m <sup>2</sup> .s
$I_t$	شدة الشعاع النافذ	eV/m <sup>2</sup> .s
$I_A$	شدة الشعاع الممتص	eV/m <sup>2</sup> .s
$\beta$	عرض منحنى منتصف القمة (FWHM)	radian
$D_{av}$	معدل الحجم البلوري	nm
$T_C$	عامل التشكيل	---
$I_{hkl}$	الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl) باستخدام XRD.	---
$I_{ohkl}$	الشدة القياسية للمستوي (hkl) المعتمدة في البطاقة الدولية	---
$N$	عدد القمم الظاهرة في حيود الأشعة السينية	---
$\delta$	كثافة الانخلاعات	cm <sup>-2</sup>
$N_0$	عدد البلوريات	cm <sup>-2</sup>
$t$	سمك الغشاء	nm
$A$	الامتصاصية	---
$T$	النفذية	---
$R$	الانعكاسية	---
$\alpha$	معامل الامتصاص	cm <sup>-1</sup>
$E_g$	فجوة الطاقة البصرية	eV
$\alpha_0$	ثابت التناسب	---
$r$	معامل اسي يحدد نوع الانتقال	---

---	ثابت يعتمد على طبيعة المادة	p
eV	طاقة أورباخ	$E_u$
eV	طاقة الفوتون	E
$\text{cm}^{-1}$	متجه الموجة الابتدائي للإلكترون	$\vec{K}_i$
$\text{cm}^{-1}$	متجه الموجة النهائي للإلكترون	$\vec{K}_f$
$\text{cm}^{-1}$	متجه الموجة للفوتون الساقط	$\vec{q}$
eV	طاقة الإلكترون الابتدائية	$E_i$
eV	طاقة الإلكترون النهائية	$E_f$
eV	طاقة الفونون	$E_{ph}$
---	معامل الانكسار المعقد	$N^*$
m/s	سرعة الضوء في الفراغ	c
m/s	سرعة الضوء في وسط	v
---	معامل الإنكسار الحقيقي	$n_o$
---	معامل الخمود	k
---	ثابت العزل المعقد	$\epsilon$
---	ثابت العزل الجزء الحقيقي	$\epsilon_1$
---	ثابت العزل الجزء التخيلي	$\epsilon_2$
V	فولتية هول	$V_H$
Tesla	شدة المجال المغناطيسي	$B_Z$
$(\text{cm})^{-3}$	تركيز حاملات الشحنة	$n_H$
m/s	سرعة الانجراف	$V_d$
$(\text{cm}^3/\text{C})$	معامل هول	$R_H$
$(\Omega \text{ cm})^{-1}$	التوصيلية الكهربائية	$\sigma$
$(\text{cm}^2/\text{V s})$	تحركية هول (الشحنة)	$\mu_H$
eV	طاقة كاما	$E_\gamma$
kg m/s	زخم اشعة كاما	$P_\gamma$
kg m/s	زخم الذرة	$P_a$
kg m/s	زخم الإلكترون	$P_e$
eV	طاقة الإلكترون	$T_e$

eV	الطاقة الحركية للارتداد	$T_a$
g	كتلة الإلكترون السكونية	$m_o$
eV	طاقة ارتباط الإلكترون بالذرة	$E_B$
Mol/L	المولارية	M
g/cm <sup>3</sup>	كثافة مادة الغشاء	$\rho$
g/mol	الوزن الجزيئي	$M_{wt}$

## قائمة المختصرات

المختصر	المصطلح العلمي	المعنى
CSP	Chemical Spray pyrolysis	التحلل الحراري الكيميائي بالرش
FCC	Face Centered Cubic	مكعب متمركز الأوجه
SILAR	Successive ionic layer adsorption and reaction	امتزاز وتفاعل الطبقة الأيونية المتتالية
PLD	Pulsed laser deposition	الترسيب بالليزر النبضي
XRD	X-Ray Diffraction	حيود الأشعة السينية
FWHM	Full Width at Half Maximum	عرض المنحني لمنتصف القمة
ICDD	International Center for Diffraction Data	المركز الدولي لبيانات الحيود
AFM	Atomic Force Microscopy	مجهر القوة الذرية
FE-SEM	Field Emission Scanning Electron Microscopy	المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال
UV	Ultra Violet	الأشعة فوق البنفسجية

# الفصل الأول

## مقدمة عامة

## Introduction

## (1-1) المقدمة

اكتسب علم وتكنولوجيا مواد أشباه الموصلات أهمية كبيرة في الآونة الاخيرة، لما تتصف به من خصائص فيزيائية فريدة جعلتها الاساس في صناعة الاجهزة وفي تكنولوجيا المعلومات، إذ تعتمد جميع الاجهزة الالكترونية على المواد شبه الموصلة ويمكن أن نسمي عصرنا الحالي عصر أشباه الموصلات [1].

أسهمت الأغشية الرقيقة في تطوير دراسة أشباه الموصلات من خلال اعطاء فكرة واضحة عن العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتلك المواد [2]، وتُعد فيزياء الأغشية الرقيقة فرعاً مهماً من فروع فيزياء الحالة الصلبة إذ تكمن أهميتها في امكانية تغيير خصائصها وتغيير درجة حرارة القواعد المرسب عليها او اختلاف نوع قواعد الترسيب [3].

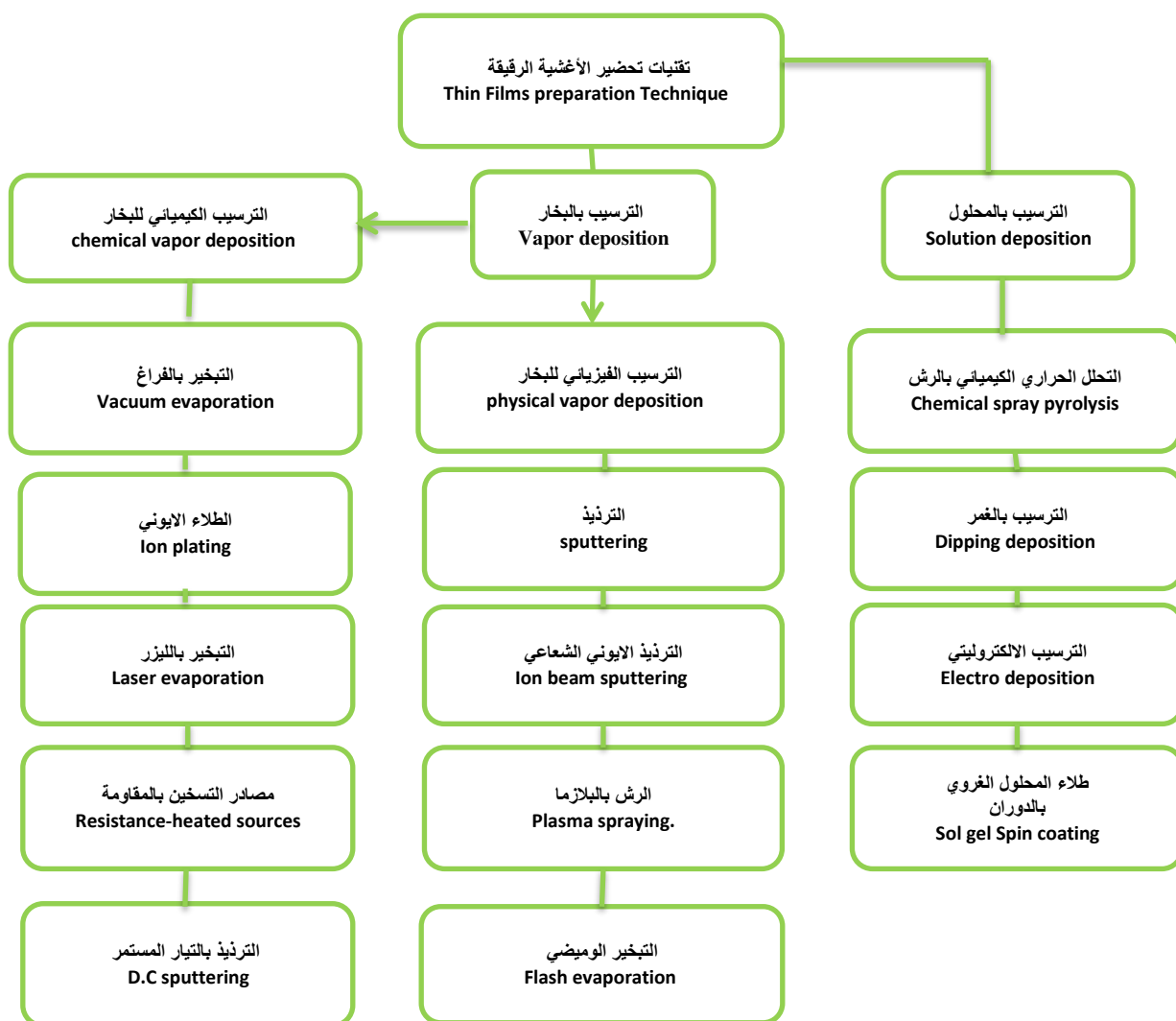
الغشاء الرقيق هو عبارة عن طبقة واحدة او طبقات متعددة من ذرات معينة من مادة مختارة سمكها صغير جداً لا يتعدى مايكرومتر واحد، والأغشية الرقيقة بصورة عامة تستعمل لتحسين الخواص السطحية للمواد الصلبة إذ أن الامتصاص والانتقالات الالكترونية ومقاومة التآكل والسلوك الكهربائي ليست سوى بعض خصائص سطح المادة الصلبة الحجمية (Bulk) التي يمكن تحسينها باستخدام الأغشية الرقيقة [4,5]، وبما ان الغشاء يكون رقيق جداً لذلك فأنها تُرسب على قواعد (substrate) معينة من مواد مختلفة تختلف باختلاف طبيعة الدراسة والاستعمال ومن هذه المواد الزجاج والكوارتز والسليكون والالمنيوم وغيرها [6]. دفع التطور السريع للدوائر الالكترونية المصغرة والمتكاملة والحاجة الى مواد رقيقة عالية الجودة والخصائص الى أن يشهد مجال الأغشية الرقيقة تقدماً كبيراً في هذا المجال [5]، وأول من عمل في هذا المجال هما العالمان (Buhsen and Grove) عام 1852 باستعمال طريقة الترسيب الكيميائي، كذلك استطاع العالم (Faraday) من حصوله على أغشية رقيقة باستعمال تقنية التبخير الحراري (Thermal Evaporation) [7].

تُعد الأغشية الرقيقة اساساً لكثير من الابتكارات في صناعة الحواسيب [5]، ولها ايضاً استعمالات كثيرة إذ تدخل في تركيب الاجهزة الالكترونية مثل المقومات (Rectifiers) والمتسعات (Capacitors) والترانزستورات (Transistors) وتدخل ايضاً في تصنيع الخلايا الشمسية (Solar cell) والكواشف (Detectors) وفي أجهزة الاستشعار (Sensors) وفي الدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) وغيرها [6,8].



## (2-1) طرق تحضير الأغشية الرقيقة Thin Films Preparation Methods

اصبحت الأغشية الرقيقة واسعة الاستعمال في كثير من التطبيقات المهمة مما دفعت الباحثين إلى استكشاف عدة طرق مختلفة لتحضيرها، ونتيجة لذلك فقد تطورت طرق التحضير بشكل كبير وأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد تجانس وسمك الغشاء إذ أصبحت كل طريقة لها مميزاتا لتؤدي الغاية التي استخدمت من أجلها، ويعتمد نجاح طريقة تحضير الأغشية على نوع المادة المستخدمة في تحضير الأغشية وكلفة عملية تحضيرها وتوفر أجهزتها محليا إذ تكون بعض الطرق ملائمة لتحضير مواد معينة وغير مناسبة لتحضير مواد أخرى، وبعضها يكون سهل الاستخدام والبعض الآخر يكون معقد [9]، ويمكن ذكر بعض تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة [5,10]، والتي تم ترتيبها بعمل المخطط الآتي.



الشكل (1-1): مخطط توضيحي لبعض تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة.



- 2 - يمكن التحكم بمساحة الغشاء المرسب.
  - 3- اقتصادية نظراً لتكاليفها القليلة وتوفر أجهزتها محلياً.
  - 4- تستخدم هذه الطريقة عادة في تحضير أغشية رقيقة لمركبات ذات درجات انصهار عالية.
  - 5- سهولة التحكم بنسب التطعيم.
- ومن مساوئ هذه الطريقة :-

- 1- إنها تحتاج إلى كثير من الجهد والوقت للحصول على أغشية متجانسة.
- 2- تستخدم فيها المحاليل فقط، فلا يمكن تحضير غشاء بشكل مباشر من المادة الصلبة.
- 3- صعوبة السيطرة على ثبوت حجم القطرة اثناء عملية الرش.

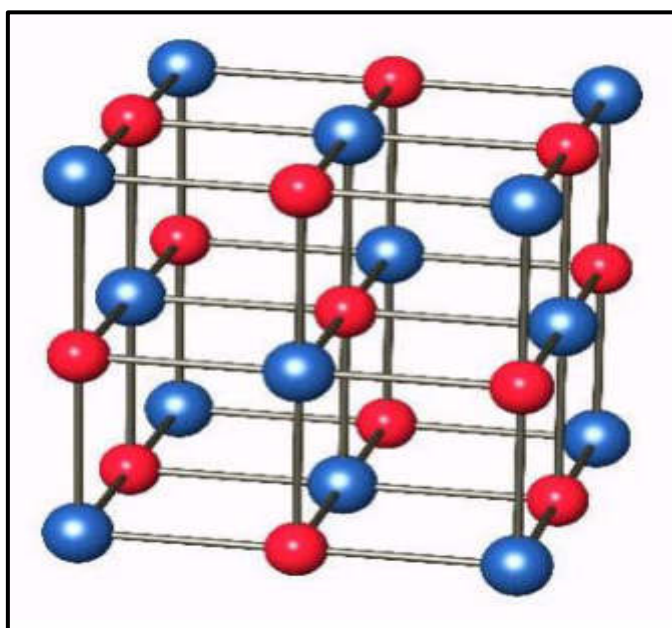
## Properties of Material Films

## (5-1) خصائص مادة الأغشية

### Cadmium Oxide (CdO)

### (1-5-1) أكسيد الكاديوم

أكسيد الكاديوم مركب غير عضوي (inorganic) من مركبات عنصر الكاديوم يمكن ان نحصل عليه (صناعياً) من خلال التسخين الشديد لعنصر الكاديوم (Cd) النقي في الهواء وعند درجات حرارة معينة (يجب ان تكون اقل من درجة حرارة انصهاره) [16]. يذوب في الحوامض وكذلك أملاح النشادر ( $\text{NH}_3$ ) في حين أنّ قابليته الذوبانية في الماء والقواعد تكون معدومة [17]، يتواجد أكسيد الكاديوم في الطبيعة بهيئتين أو بصيغتين تركيبيتين وهما البلورية والعشوائية إذ تمتاز البنية التركيبية البلورية بلونها البني أو الاحمر، وتمتاز هيئته التركيبية العشوائية بأنها عديمة اللون [17,18]، وتمتاز هيئته البلورية بأنها ذات نظام بلوري مكعب (cubic) متمركز الوجوه (FCC) يشبه التركيب البلوري لمركب كلوريد الصوديوم (NaCl) [19]، وكما موضح في الشكل (2-1) [20]، ويصنف الغشاء الرقيق من أكسيد الكاديوم على انه شبه موصل من النوع السالب (n-type) وله توصيلية عالية بسبب نقص فراغات الأوكسجين (Oxygen Vacancies) ووجود ذرات (Cd) في مواقع استبدالية (substitution) [21].



الشكل (2-1): التركيب البلوري لأوكسيد الكاديوم [20].

أوكسيد الكاديوم (CdO) ينتمي الى المجموعة (الثانية-السادسة) (II-VI) في الجدول الدوري [20]. ويمتلك فجوة طاقة ( $E_g$ ) قيمتها تتراوح بين (2.16-2.6eV) مما جعلته يصنف ضمن اكاسيد التوصيل الشفافة (Transparent Conducting Oxides) (TCO) وأستعمل على هذا الأساس كمواد شفافة حرارياً (Transparent Thermal Material) لنوافذ المركبات والطائرات، وكطبقة نافذة في مفارق الخلايا الشمسية الهجينة (Hetrojunction Solar Cells) فضلاً عن استعماله في صناعة منظومات الخلايا الشمسية ذاتها وكجزء من مكوناتها [15,22]، ويبين الجدول (1-1) بعض خصائص أوكسيد الكاديوم (CdO) [15,16].

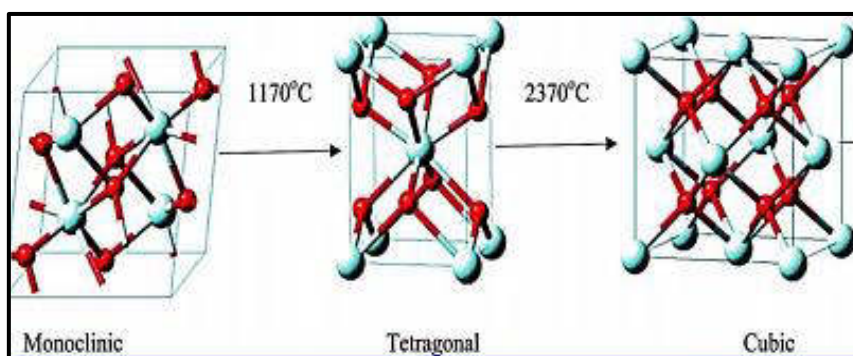
جدول (1-1): بعض خواص أوكسيد الكاديوم [15,16].

Properties	CdO
Molar mass	128.41 g/mol
Color	Red or brown
Density	8.15g/cm <sup>3</sup>
Melting point	1500°C
Boiling point	1559°C

## Zirconium

## (2-5-1) الزركونيوم

الزركونيوم معدن انتقالي لامع رمادي اللون شديد المقاومة للتآكل، اكتشف من قبل الكيميائي السويدي بارون جونز (Barron Jones) وهو غير قابل للذوبان في الماء والكحول وقابل للذوبان في حامض الهيدروفلوريك (HF) (Hydrofluoric acid) وذو درجة انصهار عالية ( $1855^{\circ}\text{C}$ ) والزركونيوم لا يوجد مطلقاً في حالته الحرة ولكن يوجد على شكل سليكات في معدن الزركون ( $\text{ZrSiO}_4$ )، وعلى شكل أكسيد ( $\text{ZrO}_2$ ) في معدن الباديلايت (Baddeleyite) [23]، ويعدُّ ثنائي أكسيد الزركونيوم أو الزركونيا ( $\text{ZrO}_2$ ) الأوكسيد الأكثر شيوعاً والأكثر ثباتاً واستقراراً لعنصر الزركونيوم، ويعتبر من المواد المثيرة للاهتمام ذات فجوة طاقة واسعة النطاق ( $5.5\text{--}5.8\text{eV}$ )، وتمت دراسته على مدى واسع لاستكشاف خصائصه الأساسية واستخدامه بكفاءة عالية، ويعتبر مستقر كيميائياً مع صلابة ممتازة وتوافق حيوي مما جعله مرشحاً لاستخدامه في التطبيقات الكيميائية والبصرية والعزلية والميكانيكية [24]. وينتمي الزركونيوم إلى المجموعة الرابعة السادسة (IV-VI) من الجدول الدوري [20]. يمتلك أكسيد الزركونيوم ناقلية حرارية ضعيفة مما جعله يستخدم كطلاء حاجز حراري (thermal barrier coating) وكذلك في صناعة بواقي صهر المعادن وصناعة الاسنان ويعتبر بديل واعد لثنائي اوكسيد السيليكون في البوابة التقليدية في الترانزستور لما يمتلكه من ثابت عزل عالي [25]. وتتأثر الخواص الفيزيائية لـ ( $\text{ZrO}_2$ ) بشكل ملحوظ بالتركيب البلوري إذ يمتلك ثلاث تراكيب بلورية حسب ارتفاع درجة الحرارة، بنظام احادي الميل (monoclinic) ثم رباعي الاضلاع (tetragonal) ثم عند الدرجات الحرارية العالية جداً يتحول إلى النظام المكعب (cubic) والذي يرافقه نقصان في قيمة فجوة الطاقة البصرية وكما في الشكل (3-1) [4,26].



الشكل (3-1): التركيب البلوري لثنائي أكسيد الزركونيوم [26].

## Literature Review

## (6-1) الدراسات السابقة

◆ تمكن الباحث (Kumaravel, et al. 2010) من تحضير ودراسة أغشية رقيقة من (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالإنديوم (In) بنسب تطعيم مختلفة (2-8%) باستعمال طريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش. تم دراسة الخواص التركيبية والبصرية والكهربائية للأغشية المحضرة جميعها إذ أظهرت فحوصات (XRD) أن الاتجاه البلوري السائد للأغشية غير المطعمة هو (200) وعند التطعيم يتغير الاتجاه السائد ليصبح (111) وهناك تناقص في الحجم الحبيبي مع زيادة نسب التطعيم. أما فحوصات تأثير هول فقد بينت النتائج ان اقل مقاوميه كانت ( $4.843 \times 10^{-4} \Omega.cm$ ) وأقل تركيز لحاملات الشحنة هو ( $3.73 \times 10^{20} cm^{-3}$ ). أما القياسات البصرية فبينت أن أعلى نفاذية للأغشية المحضرة خلال المدى (300-1100nm) كانت عند نسبة التطعيم (6%) وان قيمة فجوة الطاقة تزداد مع زيادة نسبة التطعيم وتصل الى (2.72eV) عند نسبة التطعيم (6%) مقارنةً مع الأغشية غير المطعمة إذ تكون (2.36 eV) [27].

◆ استطاعت الباحثة (Saadi, 2012) من تحضير أغشية (CdO) الرقيقة والمرسبة على قواعد زجاجية باستخدام تقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش وبدرجة حرارة (450°C) ودراسة الخصائص البصرية للأغشية المحضرة بعد تطعيمها بالحديد (Fe) بنسبة تركيز (5%) وقد بينت الفحوصات البصرية ان التطعيم بالحديد زاد من النفاذية البصرية ونقصان فجوة الطاقة البصرية من (2.49-2.46 eV) ونقصان في معامل الامتصاص ومعامل الخمود والتوصيلية البصرية مع زيادة في تركيز حاملات الشحنة لجميع الأغشية [28].

◆ قام الباحث (Dagdelen, et al. 2012) بتحضير أغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالبيزموت (Bi) بنسب (0.5, 1, and 2%) والمحضرة بطريقة الطلاء الدوراني. تم إجراء القياسات البصرية وفحوصات مجهر القوة الذرية (AFM). إذ أظهرت فحوصات (AFM) أن الأغشية المحضرة هي ذات تراكيب نانوية وان حجمها الحبيبي يتغير مع تغير نسب التطعيم بالبيزموت وأن خشونة السطح تقل مع زيادة نسب التطعيم، أما الفحوصات البصرية فقد أظهرت ان فجوة الطاقة البصرية للأغشية المطعمة وغير المطعمة تعتمد على طريقة الامتصاص البصري وان قيمتها لأغشية (CdO) غير المطعمة كانت قيمتها (2.58eV) بينما كانت قيمتها للأغشية المطعمة تتزايد مع زيادة نسب التطعيم وتتراوح ضمن مدى القيم (2.65-2.68eV) وأن الحجم الحبيبي يقل مع زيادة نسب التطعيم، وبينت الدراسة أن قيمة فجوة الطاقة والحجم الحبيبي يمكن احتوائها والسيطرة على قيمها بالسيطرة على نسب التطعيم [29].

◆ درس الباحثان (صبري جاسم وأنس اسعد، 2013) تأثير التطعيم بالنحاس على الخواص البصرية لأغشية (CdO) الرقيقة والمحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش والمرسبة على قواعد من الزجاج وبدرجة حرارة (450°C) وبسمك (115nm). من خلال دراسة الخصائص البصرية للأغشية المطعمة وغير المطعمة لوحظ أنّ نفاذية أغشية (CdO) غير المطعمة ذات قيمة عالية تتراوح بين (72-80%) في المنطقة المرئية وتقل للأغشية المطعمة، أما فجوة الطاقة كانت للأغشية غير المطعمة (2.6eV) ام عند التطعيم بالنحاس فان فجوة الطاقة تقل مع زيادة نسب التطعيم (2.4-2.56eV) للنسب وكذلك تم ملاحظة عدم حدوث اي انتقال غير مباشر في جميع الأغشية المحضرة [17].

◆ قام الباحث (Rahman and Khan, 2014) بتحضير أغشية (CdO) نانوية التركيب والمرسبة على قواعد من الزجاج عند درجة حرارة (300°C) بتقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش ومن ثم تم تلدين الأغشية عند درجات حرارة (250, 350, 450, and 550°C) لمدة (2.5h). أكدت دراسة (XRD) للأغشية المُلدنة وغير المُلدنة انها ذات تركيب مكعب (cubic) وزيادة الحجم الحبيبي بينما تنخفض كثافة الانخلاع مع زيادة درجة التلدين، ومن دراسة الخواص البصرية وجد ان النفاذية البصرية وفجوة الطاقة للأغشية تقل مع زيادة درجة حرارة التلدين ويوجد اعلى نفاذية في المنطقة القريبة من الاشعة تحت الحمراء وتم تحسين معامل الانكسار والتوصيلية البصرية للأغشية عن طريق التلدين، وبين فحص (SEM) أن أغشية (CdO) ذات تراكيب نانوية مع ظهور واضح للحدود الحبيبية وبين قياس تأثير هول ان (CdO) هو شبه موصل من نوع (n-type) [30].

◆ حضرت الباحثة (Ghuson, 2015) أغشية رقيقة من (CdO) المطعمة بأوكسيد الخارصين (ZnO) بتركيز مختلفة (0.05, 0.1, 0.15, and 0.2wt%) والمرسبة على قواعد من السليكون باستعمال تقنية الترسيب بالليزر النبضي (PLD) في درجة حرارة الغرفة وباستخدام ليزر (Nd.YAG) لاستخدامها في تطبيقات الخلايا الشمسية. بينت فحوصات (XRD) أن الأغشية المحضرة متعددة التبلور وذات طور مكعب (cubic) وأن الحجم الحبيبي تزداد قيمته حسب زيادة تركيز (ZnO) إذ تتراوح قيمته بين (88.92-102.33nm)، اما تحليلات (AFM) اظهرت زيادة في خشونة سطوح الأغشية بزيادة نسب التطعيم [31].

◆ درست الباحثة (زينب سمين وآخرون 2015) تأثير التشعيع بليزر (Nd.YAG) وبطاقة (200mJ) وبأزمان مختلفة (5, 10, and 15sec) على أغشية (CdO) الرقيقة والمحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي والمرسبة على قواعد من الزجاج بدرجة حرارة (350°C) وتركيز

مختلفة (0.05, 0.1, and 0.15M). أظهرت نتائج القياسات البصرية باستعمال مطياف (UV-visible) أنّ فجوة الطاقة تزداد بزيادة التراكيز وكانت القيمة المثالية عند (0.1M) إذ كانت قيمتها (2.25eV) أما بعد التشعيع بالليزر فان قيمتها تقل الى (2eV). اما تحليلات نتائج (AFM) أكدت ان متوسط الجذر التربيعي (RMS) وخشونة السطح تقل بعد التشعيع وان القيمة المثالية هي عند التركيز (0.1M). وبينت نتائج فحوصات (XRD) أنّ التركيب البلوري هو متعدد التبلور (polycrystalline) وذات تركيب سداسي الاضلاع (Hexagonal) وباتجاهات سائدة (220) و (200) و (111) وأدّى التشعيع الى حدوث تغيرات طفيفة في زوايا الحيود ( $2\theta$ ) وفي ثابت الشبكة [32].

قامت الباحثة (Ajar, et al. 2015) بدراسة زمن تأثير التشعيع (Irradiation) بأشعة كما على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) والمحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش من أسبوع الى ثلاثة أسابيع والمرسبة على قواعد من الزجاج وبسبك (350nm) وبدرجة حرارة القاعدة (450°C). تبين من تحليل فحوصات (XRD) أنّ الأغشية ذات تركيب متعدد التبلور (polycrystalline) ومن النوع المكعب (cubic) وأن الحجم الحبيبي يقل بعد عملية التشعيع باستخدام اشعة كما. أما القياسات البصرية فقد بينت من طيفي الامتصاصية والنفاذية ضمن الاطوال الموجية (300-1100nm) أنّ فجوة الطاقة البصرية ( $E_g$ ) تقل مع زيادة زمن التشعيع (2.4-2.25eV) بينما ازدادت قيمة كل من معامل الانكسار ومعامل الخمود والتوصيلية البصرية مع زيادة زمن التشعيع [33].

درس الباحث (Zain. et al. 2016) الخواص البصرية لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالبيزموت (Bi) باستعمال طريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش والتي تم ترسيبها على قواعد من الزجاج وبدرجة حرارة القاعدة (400°C) وسُك بحدود (400nm) وذلك بتسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية ولمدى الاطوال الموجية (400-800nm) وقد تبين أنّ طبيعة الانتقالات الالكترونية هي انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة وقيمة فجوة الطاقة البصرية للأغشية غير المطعمة (2.37eV) والمطعمة بالبيزموت ازدادت (2.59-2.62eV) للنسب الحجمية (2% و 4%) على التوالي [34].

استخدم الباحث (Habubi, et al.2017) مصدر السيزيوم ( $^{137}\text{Cs}$ ) الباعث لأشعة كما وبطاقة (0.662MeV) لتشعيع أغشية (CdO) المحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش والتي تم ترسيبها على قواعد من الزجاج وبسبك (400 and 500nm) وعند درجة



حرارة (450°C)، وتم تشييع الأغشية لمدة اسبوعين، وأظهرت القياسات البصرية تأثير التشييع على الخواص البصرية بزيادة معامل الامتصاص بعد التشييع ونقصان قيمة فجوة الطاقة البصرية عند الطول الموجي (400nm) من (2.27-2.32eV) وعند الطول الموجي (500nm) من (2.30-2.12eV). [35].

◆ درس الباحث (Alkhayatt, 2017) الخصائص التركيبية وطبوغرافية السطح والخصائص البصرية لأغشية (Cd<sub>1-x</sub> Cu<sub>x</sub> O) نانوية التركيب (وان قيمة (x=0.2)) ثنائية التطعيم بالفضة (Ag) بنسبة (0-8%) والمُرسبة على قواعد من الزجاج عند درجة حرارة (350°C) بتقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش. بينت نتائج وتحليلات (XRD) ان الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور وبطور احادي الميل (monoclinic) لأوكسيد النحاس بينما ظهور الطور المكعب للفضة عند نسبة التطعيم (8%) فقط. وكشفت صور (SEM) أن مورفولوجيا السطح للأغشية تتكون من حبيبات كروية الشكل موزعة بشكل متجانس مع عدم وجود التشققات الصغيرة والتي تم تحسينها بالتطعيم الثنائي بالفضة وكذلك أظهر تحليل (EDAX) النقاوة والنسب الكيميائية المتكافئة للمركبات المحضرة . عند دراسة تحليلات (AFM) بينت جودة السطح للأغشية المحضرة والتي يمكن السيطرة عليها من خلال تغيير تركيز نسب التطعيم بالفضة (Ag)، مع نقصان الحجم الحبيبي بزيادة نسب التطعيم بثنائي الفضة وأظهرت الفحوصات البصرية زيادة في الامتصاصية ونقصان النفاذية وزيادة فجوة الطاقة البصرية في منطقة الضوء المرئي بزيادة نسبة التطعيم [36].

◆ تمكن الباحثان (Nahida and Mohammed, 2017) من تحضير أغشية رقيقة نانوية التركيب من (CdO) والمطعمة بأوكسيد الرصاص (PbO) ذات سمك (160nm) باستعمال تقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش وبدرجة حرارة القاعدة (400°C) إذ اظهرت فحوصات (XRD) للأغشية المحضرة المطعمة وغير المطعمة بأوكسيد الرصاص (PbO) هي ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب (cubic) وهناك زيادة في الحجم الحبيبي مع زيادة نسب التطعيم إذ يتراوح بين (14-26nm) وايضا زيادة كثافة الانخلاع وعدد البلوريات [37].

◆ استطاع الباحث (Ibrahim, et al. 2018) دراسة تأثير درجة حرارة التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الكاديوم (CdO) الرقيقة والمحضرة بطريقة الترسيب بالليزر النبضي (PLD) في درجة حرارة الغرفة ومن ثم تلدينها بدرجات حرارة مختلفة (300, 400, and 500°C). تم دراسة الخواص التركيبية من خلال تحليلات (XRD) لمسحوق وأغشية (CdO) واظهرت انها متعددة التبلور ذات طور مكعب وبتجاه سائد للنمو (111). وبيّنت

فحوصات (AFM) بينت أن الأغشية أصبحت أكثر تجانساً بعد تلدينها وايضا زيادة في متوسط الجذر التربيعي (RMS) وخشونة السطح ومعدل الحجم الحبيبي. أما الفحوصات البصرية فبينت أن نفاذية الأغشية تزداد مع زيادة التلدين ونقصان في فجوة الطاقة البصرية [38].

◆ درس الباحث (Dhia Aldin, et al. 2018) تأثير التطعيم بالخرصين (Zn) على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الكاديوم (CdO) الرقيقة والمحضرة بطريقة الترسيب بالليزر النبضي (PLD) على قواعد من الزجاج عند درجة حرارة (250°C). بينت تحليلات (XRD) وجود طور جديد يشبه طور اوكسيد الخرصين (ZnO) السداسي بالإضافة الى الطور المكعب عند نسب التطعيم العالية أما الفحوصات البصرية فأظهرت زيادة في قيمة فجوة الطاقة البصرية من (2.45-2.70eV) مع زيادة تركيز التطعيم بالخرصين من (0%-40%) [39].

◆ تمكن الباحث (Al Janaby, et al. 2018) من دراسة تأثير قواعد الترسيب على الخصائص النانوية لأغشية (CdO) الرقيقة والمطعمة بالسيريوم (Ce). إذ تم ترسيب الأغشية على قواعد من الزجاج والسليكون بتقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش وبدرجة حرارة (250°C) وبنسب تطعيم مختلفة (2, 4, and 6%). بينت فحوصات (XRD) أن أغشية (CdO) تمتلك تركيب بلوري مكعب وبتجاه سائد (111) و أن شدة القمم تزداد بزيادة تركيز نسبة (Ce) بالترسيب على الزجاج، أما في حالة الترسيب على قواعد من السليكون فان القمم تقل عما عليه بالزجاج. بينت فحوصات (AFM) أن الحجم الحبيبي للأغشية المرسبة على الزجاج هو (73.75-109.88nm) وأن خشونة السطح هي (0.871-16.2nm) وان (RMS) هو (1.06 -19.7nm) وفي حالة الترسيب على قواعد من السليكون فان الحجم الحبيبي هو (84.79-107.48nm). أما الفحوصات البصرية فبينت أن فجوة الطاقة تزداد مع زيادة التطعيم في الحالتين [40].

◆ حضر الباحث (Mohammed, et al. 2019) أغشية رقيقة نانوية التركيب من (CdO) والمطعمة بالسيريوم (Ce) بتقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش والمرسبة على قواعد من الزجاج وبدرجة حرارة (250°C) وبنسب تطعيم (3, 5, and 7%) وذات سمك للأغشية المحضرة (100nm) لاستخدامها في تطبيقات الخلايا الشمسية. إذ أظهرت فحوصات (XRD) ان الأغشية هي ذات تراكيب متعددة التبلور ذات الطور المكعب لمركب (CdO) واحادي الميل لتراكيب (Ce). أما فحوصات AFM فبينت أن الانخفاض في قيم خشونة السطح ومعدل مربع الجذر (RMS) ومعدل الحجم الحبيبي نتيجة زيادة نسب التطعيم. لاحظ الباحث كذلك من القياسات البصرية زيادة فجوة الطاقة البصرية مع زيادة نسب التطعيم بالسيريوم [41].

♦ درس الباحث (Mahmood, et al. 2019) تأثير التطعيم بالأندسيوم (In) بنسب مختلفة في الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) والمحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش والمرسبة على قواعد زجاجية. تم دراسة الخواص التركيبية بواسطة فحص (XRD) وتبين ان جميع الأغشية المطعمة ذات تراكيب متعددة التبلور وبالطور المكعب وان الاتجاه السائد لنمو الأغشية هو (111). تم دراسة طوبوغرافية السطح من خلال (AFM) و (SEM) للأغشية المحضرة، اذ بينت النتائج أن معدل الخشونة السطحية وقيمة مربع الجذر لأسطح الاغشية تزداد بزيادة نسبة التطعيم بالأندسيوم و أن شكل الحبيبات كان كرويا الى حد كبير. وأظهرت الفحوصات البصرية زيادة النفاذية ونقصان الامتصاصية وزيادة فجوة الطاقة البصرية التي تتراوح قيمتها بين (2.47-2.84eV) بزيادة نسب التطعيم [42].

♦ حضر الباحث (Anitha, et al. 2019) أغشية (CdO) الرقيقة والمطعمة بالفلور (F) بالنسب (2, 4, 6, and 8%) باستعمال تقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش والمرسبة على قواعد من الزجاج. تم دراسة الخواص التركيبية من خلال فحص (XRD) وتبين ان جميع الأغشية كانت متعددة التبلور بالطور المكعب (cubic). وأن فجوة الطاقة البصرية تزداد مع زيادة نسبة التطعيم بالفلور لتصل الى اعلى قيمة لها عند النسبة (0.06) وهي (2.61eV). اما صور (SEM) أظهرت ان هناك تغيرات ملحوظة في مورفولوجيا (شكل وبنية) السطح. كذلك اظهر تحليل (EDS) وجود العناصر المتوقعة الكاديوم والاكسجين والفلور في النتيجة النهائية بنسب مناسبة وقريبة جداً لنسب التطعيم المستخدمة في البحث. كذلك تم دراسة الخواص الكهربائية واظهرت ان اقل مقاومة كهربائية للأغشية كانت (1.9x10<sup>-4</sup>Ω.cm) مع قيم عالية لتركيز حاملات الشحنة عند نسبة التركيز (0.06) [43].

♦ قام الباحث (Rajini, et al. 2019) بتحضير أغشية CdO الرقيقة باستعمال طريقة (SILAR) والمرسبة على قواعد من الزجاج مستخدماً خلات الكاديوم [Cd(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O] وهيدروكسيد الامونيوم كمحلول بنسبة معينة. إذ درس الباحث الاختلاف في التراكيز المولارية بنسب (0.5-1M). اظهرت الفحوصات التركيبية من خلال استخدام (XRD) أن جميع الأغشية المحضرة كانت متعددة التبلور مع تركيب بلوري مكعب (cubic) و أن الحجم الحبيبي يزداد مع زيادة التركيز المولاري. تم دراسة القياسات البصرية للأغشية وبينت أن أقصى نفاذية كانت (50-70%) وأنها تزداد مع زيادة التراكيز في منطقة الاشعة تحت الحمراء و أن فجوة الطاقة البصرية تزداد قيمتها مع زيادة تركيز المحلول من (2.17-2.21eV). وكذلك اظهر تحليل EDS قمم (Cd) و (O) وظهور قمة للسليكون (القواعد الزجاجية) وأظهر فحص SEM زيادة الحجم البلوري مع زيادة التركيز، واتخاذ الحبيبات الشكل الكروي [44].

## The aim of the work

## (7-1) الهدف من البحث.

يهدف البحث الحالي الى تحضير أغشية رقيقة من اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم ( $Cd_{1-x}Zr_xO$ ) بنسب تطعيم حجمية ( $x=0.03, 0.05, 0.07$  and  $0.09$ ) وبدرجة حرارة ترسيب ( $450^{\circ}C$ ) باستخدام تقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش، ومن ثم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لها لمعرفة مدى تأثير الأغشية المحضرة بنسب التطعيم المختلفة ومن ثم دراسة تأثير التشعيع بأشعة كاما عليها سعياً للحصول على أغشية ذات مواصفات جيدة وتحسين صفاتها البصرية والكهربائية في منطقة الطيف المرئي نظراً لأهمية هذه المنطقة في تطبيقات الخلايا الشمسية وغيرها.

# الفصل الثاني

## الجزء النظري

## Introduction

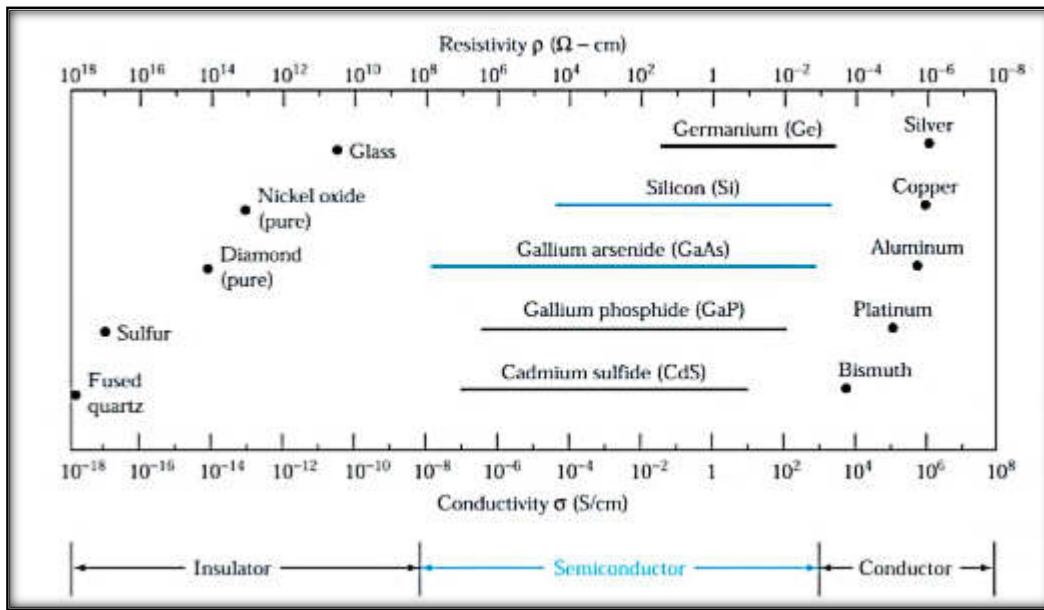
## (1-2) مقدمة

تضمن هذا الفصل الجانب النظري لدراستنا الحالية من حيث المفاهيم النظرية والقوانين والعلاقات الرياضية التي تم الاعتماد عليها في الحسابات العملية والتفسيرات العلمية للنتائج التي يتم التوصل اليها .

## Solid State Materials

## (2-2) مواد الحالة الصلبة

هي حالة من حالات المادة وتتميز بجسيمات مرتبة بحيث يكون شكلها وحجمها مستقر نسبيا وتصنف المواد الصلبة الى ثلاثة أنواع هي المواد الموصلة (Conductors) وشبه الموصلة (Semiconductor) والعازلة (Insulators) والتي يمكن التمييز بينها من حيث توصيليتها الكهربائية وفجوة الطاقة وسلوكها مع درجة الحرارة [45]، وسنتناول المواد شبه الموصلة موضوع دراستنا فقط. الشكل (1-2) يبين بعض أنواع المواد حسب توصيليتها الكهربائية [46].



الشكل (1-2): التوصيلية الكهربائية لبعض المواد الصلبة [46].

## Semiconductor Materials

## (3-2) المواد شبه الموصلة

إنّ المواد شبه الموصلة تكون قيمة توصيليتها الكهربائية محصورة بين المواد الموصلة والمواد العازلة، ويمكن التحكم بتوصيليتها من خلال التحكم بدرجة الحرارة أو إضافة كميات قليلة جدا من الشوائب أو وجود بعض العيوب البلورية [1]، وتعتمد توصيليتها على كمية الطاقة التي تكتسبها الإلكترونات الموجودة في حزمة التكافؤ (Valence Band) ومدى قدرة هذه الإلكترونات في عبور فجوة الطاقة (Energy Gap) ووصولها الى حزمة التوصيل (Conduction Band) ولذلك ستكون

هذه المواد موصلة عند اكتسابها طاقة مثل (حرارة أو ضوء أو مجال كهربائي) وتكون عازلة في درجة (0K) [47,48]. ومن أهم أنواع المواد شبه الموصلة التي تستعمل في الأجهزة الإلكترونية هما السليكون (Si) والجرمانيوم (Ge) [45].

ولأنّ موصلية أشباه الموصلات لها حساسية كبيرة بشكل عام لدرجة الحرارة والإضاءة والمجال المغناطيسي والكميات الدقيقة من ذرات الشوائب (عادةً، حوالي 1 ميكروغرام إلى 1 غرام من ذرات الشوائب في 1 كغم من مواد أشباه الموصلات) جعلتها من أهم المواد المستعملة للتطبيقات الإلكترونية، إذ أصبحت في صدارة المواد المستخدمة في الخلايا الشمسية والكواشف والسطوح الانتقائية وغيرها، ومن أهم مميزاتهما [46,49]:

- 1- أنّ مقاومتها تمتلك معامل حراري سالب (Negative Thermal Coefficient) وهذا يعني ازدياد توصيليتها الكهربائية مع ارتفاع درجة الحرارة .
- 2- مقاومتها النوعية تتراوح قيمتها ( $10^{-3}$ - $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ) في درجة حرارة الغرفة.
- 3- امتلاكها نوعين من حاملات الشحنة (n-type and p-type) وان وجود الشوائب أو العيوب في أشباه الموصلات قد تؤدي إلى زيادة توصيليتها والى ظهور أحد نوعي حاملات الشحنة.
- 4- تكون حساسة جدا للضوء.
- 5- تتأثر توصيليتها بالمجال المغناطيسي.

## (4-2) التركيب البلوري لأشباه الموصلات

### Crystal Structure For Semiconductors

تصنف أشباه الموصلات تبعاً إلى تركيبها البلوري إلى قسمين رئيسيين هما:

#### Crystalline Semiconductors

#### (1-4-2) أشباه الموصلات البلورية

أشباه الموصلات البلورية تكون ذراتها ذات ترتيب هندسي منتظم يتكرر دورياً في الأبعاد الثلاثة ولمدى طويل وينتهي بانتهاء الشبكة [9]، وتقسم أشباه الموصلات البلورية على قسمين هما:

#### Single Crystalline Semiconductor

#### 1- أشباه الموصلات أحادية التبلور

أشباه الموصلات أحادية التبلور تكون ذراتها أو جزيئاتها مرتبة بشكل هندسي منتظم إذ تعيد نفسها بصورة دورية متكررة في الأبعاد الثلاثة لتشكيل هيكل هندسي منتظم، لذلك فإنها تمتلك نوعاً

من التماثل (Symmetry) وأنَّ هذا النوع من الترتيب في ذرات البلورة يعرف بترتيب بعيد المدى (Long-Range Order) [50]، كما يوضحه الشكل (2a-2) [51]، وأن ترتيب الذرات الدوري في البلورة يعرف بالشبيكة (Lattice) والتي تتكون من وحدات مكررة على امتداد البلورة تعرف بوحدية الخلية (Unit Cell) [52].

## Polycrystalline Semiconductors

### 2- أشباه الموصلات متعددة التبلور

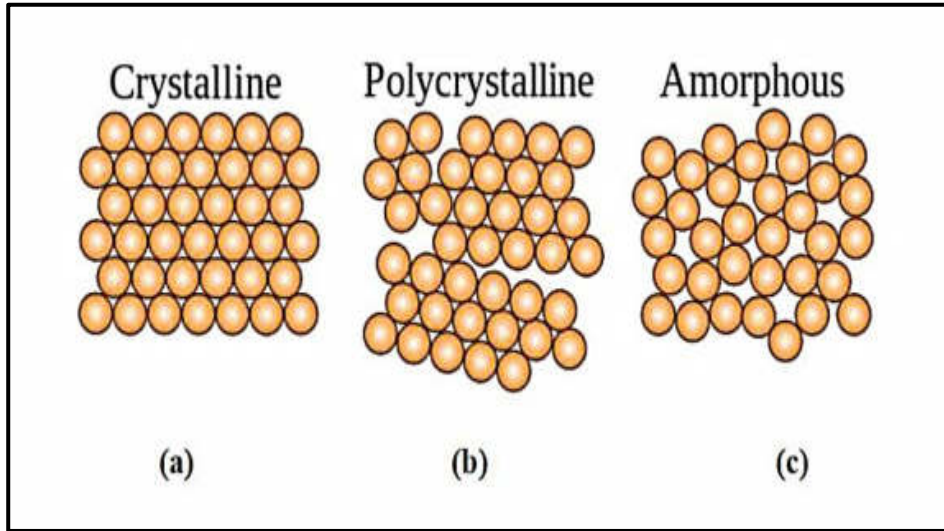
هي مواد يكون الترتيب الهندسي فيها عند حدود معينة داخل البلورة ولا يمتد الى كل أجزاء المادة وان هذه الحدود هي التقاء سطوح الحبيبات البلورية مع بعضها البعض والتي ينقطع عندها ترتيب الذرات الدوري وتعرف بحدود الحبيبات (Grains-Boundary) اذ يمتاز تركيبها بترتيب المدى القصير (Short-Range Order) كما في الشكل (2b-2)، وتتكون من عدد كبير من البلورات الصغيرة وتدعى بالحبيبات (Grains) وان الحبيبة الواحدة تتكون من عدد كبير من وحدات الخلايا (Unit Cell) [53]، ويمكن أن تستخدم في التطبيقات ذات المساحات الكبيرة مثل الخلايا الشمسية أو الاغشية الرقيقة كما في الترانزستور أو كمادة موصلة كما في الثنائي البلوري (Diodes) [54]، وان اشباه الموصلات متعددة التبلور تكون اقل استقرارا ثرموديناميكيا من اشباه الموصلات احادية التبلور [51].

## Amorphous Semiconductors

### (2-4-2) أشباه الموصلات العشوائية

هي المواد التي تفتقر الى الترتيب الهندسي لذراتها [54]، إذ لا يمكن اعتبار ترتيب ذراتها تكرارا لأي شكل معين اذ تترتب ذراتها بشكل عشوائي (Random)، والترتيب الذري في أي مقطع معين منها يبدو مختلفا عن الترتيب الذري في مقطع آخر وبذلك لا يمكن اعتبار ترتيبها تكراراً لوحدة الخلية، وهذا النوع من الترتيب لا يعني وجود تكسر في الأواصر الداخلية وانما يخص تركيب ذرات المادة [55,56]، وكما موضح في الشكل (2c-2).



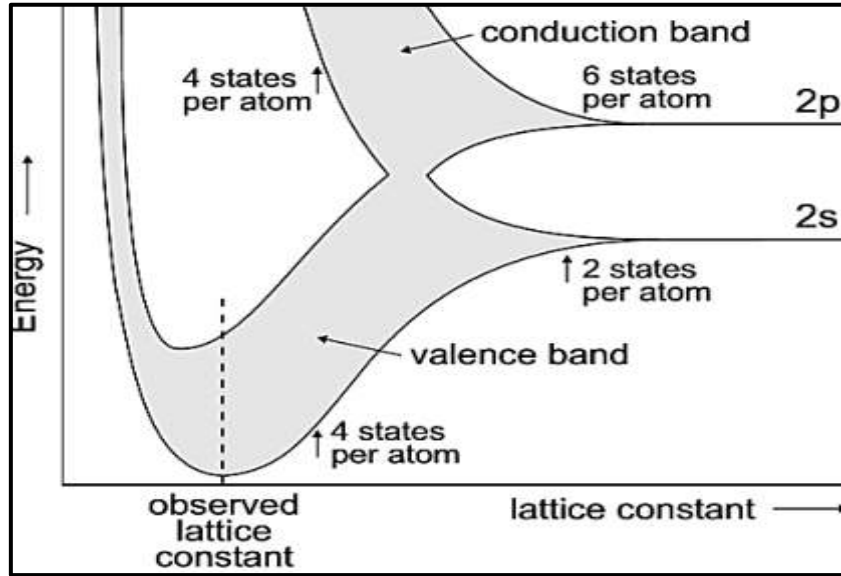


الشكل (2-2): التركيب البلوري لأشباه الموصلات [51].

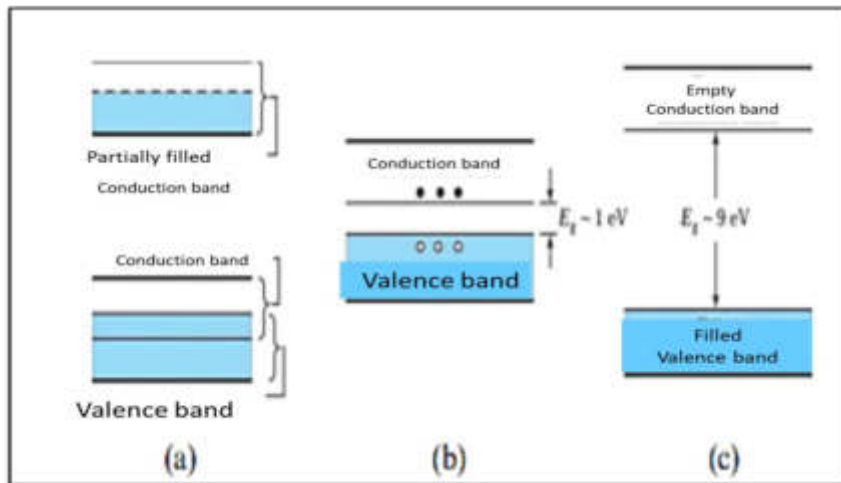
(a) أحادية التبلور (b) متعددة التبلور (c) العشوائية

## (5-2) حُزم الطاقة في المواد الصلبة Energy Band in Solid Materials

تترتب الإلكترونات في البلورات ضمن أنطق تسمى حزم الطاقة (Energy Bands) وتفصل بين حزمة وأخرى مناطق تسمى مناطق الطاقة المحظورة أو الممنوعة تمنع الإلكترونات من التواجد فيها [54,57]. تحوي البلورة حزمة تتكون من عدد كبير من مستويات الطاقة المجاورة لبعضها البعض وتظهر هذه الحزمة كأنها مستمرة حسب نظرية الحزم التي يكون فيها عدد المستويات يساوي عدد الذرات في البلورة [1,46]. تنتشر هذه الحزم الى نوعين من الحزم أحدهما تسمى حزمة التكافؤ (Valence Band) والتي تكون ممتلئة بالإلكترونات تقريبا والثانية تسمى حزمة التوصيل (Conduction Band) والتي تكون خالية من الإلكترونات تقريبا ويفصل بينهما فجوة الطاقة الممنوعة (Forbidden Energy Gap) والتي تكون خالية من الإلكترونات وهذه الفجوة هي التي تحدد نوع المادة الصلبة [58]، كما في الشكل (2-3) [46,54]، فإذا كانت الفجوة ضيقة جدا أو معدومة تكون المادة موصلة، وتكون واسعة جدا في المواد العازلة والتي لا يمكن للإلكترونات عبورها حتى في حالة تسليط مجال كهربائي أو طاقة حرارية، أما المادة شبه الموصلة فتكون فجوة الطاقة اقل من فجوة الطاقة للمواد العازلة إذ يمكن لبعض الإلكترونات عبورها عند تسليط طاقة لازمة لذلك وهذا الانتقال يمثل عملية التوصيل [57,59]، ويبين الشكل (2-4) فجوة الطاقة للمواد الصلبة [46].



الشكل (2-3): تكون حزم الطاقة في المواد الصلبة (بلورة الماس) [46,54].



الشكل (2-4): فجوة الطاقة للمواد الصلبة [46].

(a) موصل، (b) شبه موصل، (c) عازلة.

## Types of Semiconductors

## (6-2) أنواع أشباه الموصلات

يمكن تصنيفها الى نوعين :-

### Intrinsic Semiconductors

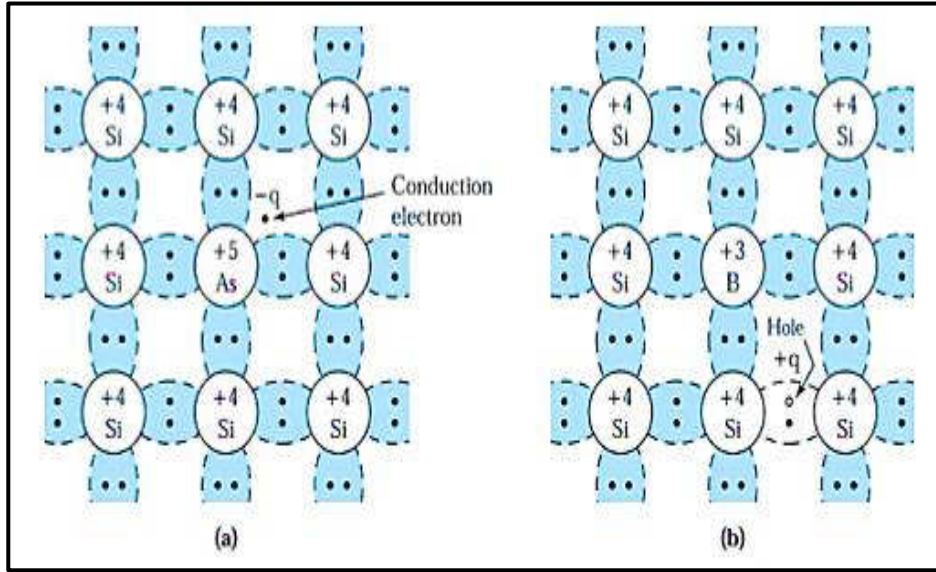
### (1-6-2) أشباه الموصلات الذاتية (النقية)

وهي أشباه الموصلات النقية والخالية من الشوائب [45]. تكون عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق (0K) وتكون توصيليتها الكهربائية ضعيفة جدا عند درجة حرارة الغرفة وتزداد

توصيليتها الكهربائية عند ارتفاع درجة حرارتها أو بإضافة الشوائب إليها أو تكوين عيوب في تركيبها البلوري [60]. وأن لهذه المواد نوعين من حزم الطاقة تبعاً لنظرية الحزم في المواد الصلبة هما حزمة التوصيل (Conduction Band) والتي تكون فارغة من الإلكترونات وحزمة التكافؤ (Valance Band) والتي تكون مملوءة بالإلكترونات وتفصل بين هاتين الحزمتين فجوة الطاقة الممنوعة (Forbidden Energy Gap). وتكون خالية من الإلكترونات، ويمكن للإلكترونات حزمة التكافؤ أن تُثار حرارياً بعد رفع درجة حرارة المادة واكتسابها طاقة تمكنها من الانتقال إلى حزمة التوصيل بعبور فجوة الطاقة الممنوعة تاركاً خلفها فجوات في حزمة التكافؤ مساوية إلى عدد الإلكترونات المنتقلة منها [46,61,62]. الفجوات المتكونة في حزمة التكافؤ ستحمل شحنة موجبة وإن وجود هذه الفجوات سيسهل للإلكترونات التحرك لشغلها تاركاً فجوات أخرى في مكانها الأصلي وبالتالي ستظهر الفجوات وكأنها تتحرك باتجاه المجال وبالعكس اتجاه الإلكترونات الحرة بسبب اختلاف الشحنة لكل منهما [45,62]، وكما في الشكل (2-4b).

## (2-6-2) أشباه الموصلات غير الذاتية (غير النقية) Extrinsic Semiconductors

بما أن أشباه الموصلات الذاتية تكون إلى حد ما قليلة الفائدة نسبياً لأنها موصلات ضعيفة ولكنها تصبح مواد رائعة ومفيدة عند ادخال بعض الشوائب الكيميائية عند مستويات منخفضة، لذلك يتم السيطرة على الصفات الكهربائية عن طريق إضافة نسب قليلة من المواد الشائبة إلى شبه الموصل النقي وتدعى هذه العملية بالتطعيم (Doping) وهذه الإضافة تتم بتقنيات معينة، وأن هذه الشوائب هي التي تسيطر على الصفات الكهربائية لأشباه الموصلات والحصول على نوعين من أشباه الموصلات غير النقية السالبة والموجبة، وأن كمية الشوائب المضافة تدعى بنسب التطعيم [60,63]. وإن إضافة الشوائب إلى المواد شبه الموصلية النقية تؤدي إلى ظهور أحد نوعي حاملات الشحنة (الكثرون، فجوة) وتناقص أو اختفاء النوع الثاني ويؤدي التطعيم إلى تغيير في خواص أشباه الموصلات، وهذه العملية يمكن الاستفادة منها في التطبيقات التي تحتاج إلى نوع واحد من حاملات الشحنة مثل (الترانزستور)، كذلك يمكن تصنيف شبه الموصل المطعم حسب نوع الشائبة، النوع الأول شبه موصل من نوع (n-type) ويدعى بالنوع السالب ويتم الحصول على هذا النوع بإضافة شوائب خماسية التكافؤ إلى شبه الموصل النقي مثل إضافة الزرنيخ (As) أو الكاليوم (Ga) إلى السليكون والنوع الثاني هو شبه الموصل الموجب (p-type) ويمكن الحصول عليه بإضافة شوائب ثلاثية التكافؤ إلى شبه الموصل النقي مثل إضافة البورون إلى السليكون، ويطلق على النوعين بالشوائب السطحية [4,60,64]، وكما مبين في الشكل (2-5) [46].



الشكل (5-2): التطعيم في اشباه الموصلات [46].

(a) شوائب سطحية مانحة (n-type)، (b) شوائب سطحية قابلة (p-type).

## (7-2) طرق تطعيم أشباه الموصلات Semiconductors Doping Methods

توجد طرق كثيرة لتطعيم المواد شبه الموصلة وتشمل [65]:

- 1- التطعيم بالخلط (Doping by mixture)
- 2- التطعيم بالانتشار الحراري (Doping by thermal diffusion)
- 3- التطعيم بالليزر (Doping by laser)
- 4- التطعيم بالتبخير الثنائي (Doping by Co-evaporate deposition)
- 5- التطعيم بالزرع الأيوني (Doping by implantation)
- 6- التطعيم بالإذابة بالمحلول (Doping by solubility in solution)

التطعيم بالإذابة بالمحلول تتم عندما تكون كل من مادة الغشاء المحضر ومادة التطعيم على هيئة محاليل ذائبة وبعد ذلك يتم خلطها بنسب حجمية معينة لكل من المحلولين مع الأخذ بنظر الاعتبار الوزن الجزيئي لكل مادة [65]. تم استخدام طريقة التطعيم بالإذابة بالمحلول في دراستنا لتحضير أغشية أكسيد الكاديوم (CdO) المطعمة بالزركونيوم (Zr).

**Structural Properties****(8-2) الخصائص التركيبية**

يمكن الحصول على معلومات معينة عن التركيب البلوري للمواد الصلبة من خلال المشاهدات العينية أو المجهرية للشكل الخارجي للبلورة، أما إذا أردنا الحصول على معلومات دقيقة عن بنية المادة الصلبة فيجب استعمال التقنيات الحديثة التي تعتمد على حيود الأشعة السينية [45].

ويمكن دراسة التركيب البلوري للمواد باستخدام عدة طرق هي :-

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

بعد تطور فيزياء الأشعة السينية وهندسة البلورات تمكن العلماء من المضي قدماً بدراسة ظاهرة حيود الأشعة السينية وهو تفاعل بين الاثنين معا وهذه هي الطريقة التي تطور بها هذا المجال ولسنوات عديدة، إذ جمع علماء المعادن وعلماء البلورات المعرفة حول البلورات بشكل رئيسي عن طريق قياس الزوايا والمسافات البينية والتحليل الكيميائي وتحديد الخصائص الفيزيائية، ومع ذلك كان هناك القليل من المعرفة بالبنية الداخلية على الرغم من إجراء بعض التخمينات الدقيقة للغاية، الى أن جاء العالم (Von Laue) عام (1912) إذ قام بوضع بلورة من كبريتات النحاس في مسار شعاع ضيق من الأشعة السينية وتم ترتيب لوحة فوتوغرافية لتسجيل وجود الحزم المنحرفة، نجحت هذه التجربة بتشتيت الأشعة السينية بواسطة البلورة خارج الحزمة الأولية لتشكيل نمط من البقع على اللوحة الفوتوغرافية والتي لم تكن واضحة المعنى له في حينها [66]. واستطاع العالمان براك (Bragg) الابن والاب عام (1913) من تفسير نتائج فون لاوي التي حصل عليها ووضع الشروط اللازمة لذلك والتعبير عنها بشكل رياضي واستطاع حل مشكلة البنية البلورية باستخدام (XRD) [45,66]، وكما في المعادلة (1-2) [67].

$$n \lambda = 2d_{hkl} \sin\theta \quad (1 - 2)$$

إذ ان:

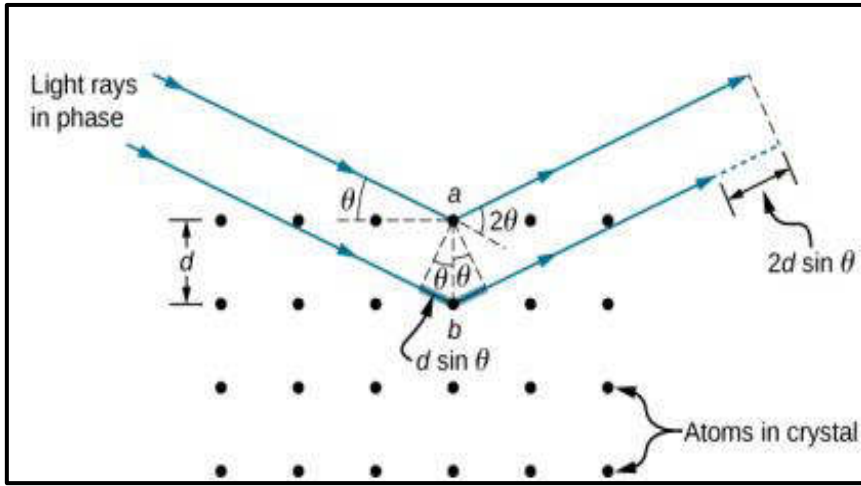
$n$ : مرتبة الحيود ،  $d_{hkl}$ : المسافة بين مستويين بلوريين.

$\theta$ : زاوية الحيود،  $\lambda$ : الطول الموجي للأشعة السينية.

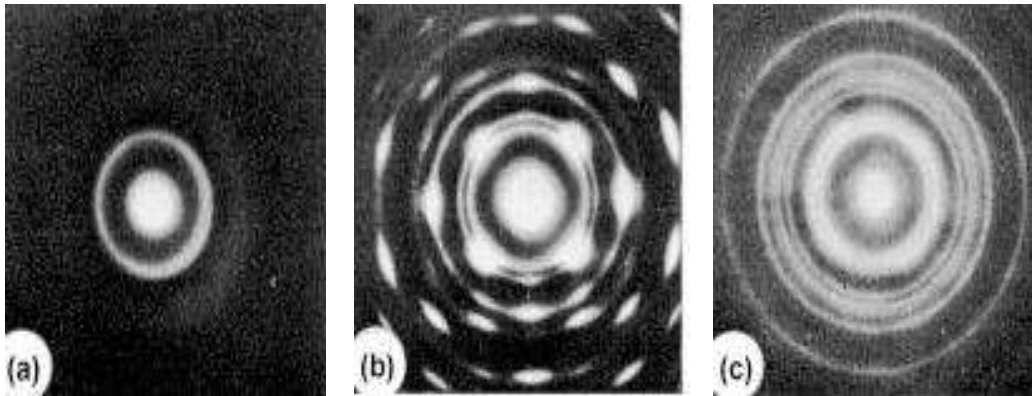
إن شرط حيود براك يحدث فقط عندما يكون الطول الموجي المستخدم في المعادلة أعلاه للحصول على حيود من مستويات لها احداثيات ميلر ((hkl)) أصغر او يساوي ضعف المسافة البينية بين مستويين متعاقبين في البلورة، ولهذا السبب من غير الممكن استخدام الضوء المرئي في دراسة تركيب البنية البلورية، والشكل (2-6) يبين مخطط المستويات البلورية وحيود براك [45,68]، اي بمعنى آخر يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية (2-2) [66]:

$$\lambda \leq 2d \quad (2 - 2)$$

والاشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية تتراوح اطوالها الموجية بين (0.1-100Å)، وبذلك تعدُّ تقنية (XRD) إحدى الطرائق المهمة والسهلة لدراسة التركيب البلوري للمواد والتي تحقق شرط براك للحيود، ومعرفة كيفية انتظام الذرات والبلورات ونوع التركيب البلوري للمواد [69]. يمكن التمييز بين انواع المواد شبه الموصلة البلورية وغير البلورية (العشوائية) من خلال دراسة نمط الحيود، ففي المواد احادية التبلور يكون نمط الحيود على شكل نقاط مضيئة حادة أما المتعددة التبلور تكون على هيئة حلقات رفيعة وذات اضاءة حادة ومتداخلة ومتحدة المركز، أما في المواد العشوائية فتكون على هيئة حلقات عريضة ضعيفة الاضاءة ومتحدة المركز [70,71]، وكما مبين بالشكل (2-7) الذي يوضح اغشية رقيقة من الزركونيوم مسلط عليها اشعة سينية صادرة من بلورة كلوريد الصوديوم (NaCl) عند درجات حرارة مختلفة [71].



الشكل (2-6): مخطط المستويات البلورية وحيود براك [68].



الشكل (2-7): حيود الأشعة السينية للمواد (a) العشوائية، (b) أحادية المتبلورة، (c) -متعددة التبلور [71].

**Structural Parameters****(1-1-8-2) المعلمات التركيبية****Lattice constant ( $a_0$ )****1- ثابت الشبكة**

يمثل التركيب المكعب (Cubic) النمط السائد في تركيب (CdO) ويمكن حساب ثابت الشبكة ( $a_0$ ) باستخدام العلاقة الآتية [36]:

$$d_{hkl} = a_0 / [h^2 + k^2 + l^2]^{1/2} \quad (3 - 2)$$

إذ إن:

(hkl): معاملات ميلر،  $d_{hkl}$ : البعد بين مستويين بلوريين متعاقبين

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

يمكن حساب معدل حجم البلوريات باستخدام علاقة شرر (Scherrer formula) [44,72]:

$$D_{av} = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (4 - 2)$$

إذ أن:

$k$ : ثابت وقيمه = 0.9،  $\lambda$ : الطول الموجي للأشعة السينية،  $\theta$ : زاوية الحيود.  
 $\beta$ : "عرض المنحني عند منتصف القمة (FWHM) (Full Width at Half Maximum) يقاس بالوحدات نصف القطرية".

**Texture Coefficient ( $T_c$ )****3- عامل التشكيل**

يستخدم مصطلح عامل التشكيل عادة لوصف الاتجاه السائد لنمو الأغشية، فإذا كانت قيمته أكبر من واحد فهذا يؤكد أن النمو البلوري للمستويات المفضلة (الأغلب) تكون ضمن هذا الاتجاه، أما إذا كانت قيمته أصغر من واحد فهي متعددة التبلور ولكن باتجاهات غير موحدة ويمكن حساب عامل التشكيل وفق العلاقة الآتية [73,74]:

$$T_{c(hkl)} = \frac{I_{(hkl)}/I_{o(hkl)}}{N^{-1} \sum I_{(hkl)}/I_{o(hkl)}} \quad (5 - 2)$$

إذ إن:-

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

$I_{(hkl)}$ : الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl) باستخدام XRD.

$I_{o(hkl)}$ : الشدة القياسية للمستوي (hkl) المعتمدة في البطاقة الدولية (ICDD).

## 4- كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات

## Dislocation Density and Number of Crystallite

كثافة الانخلاعات تمثل عدد خطوط الانخلاع التي تقطع وحدة مساحة في البلورة وهي مؤشر على جودة البلورة، وبمعرفة حجم البلوريات ( $D_{av}$ ) يمكننا من حساب كثافة الانخلاعات ( $\delta$ ) باستخدام العلاقة الآتية [75]:

$$\delta = \frac{1}{D^2} \quad (6 - 2)$$

أما عدد البلوريات ( $N_o$ ) لوحدة المساحة فيتم حسابه وفق العلاقة الآتية [44].

$$N_o = \frac{t}{D^3} \quad (7 - 2)$$

إذ تمثل:

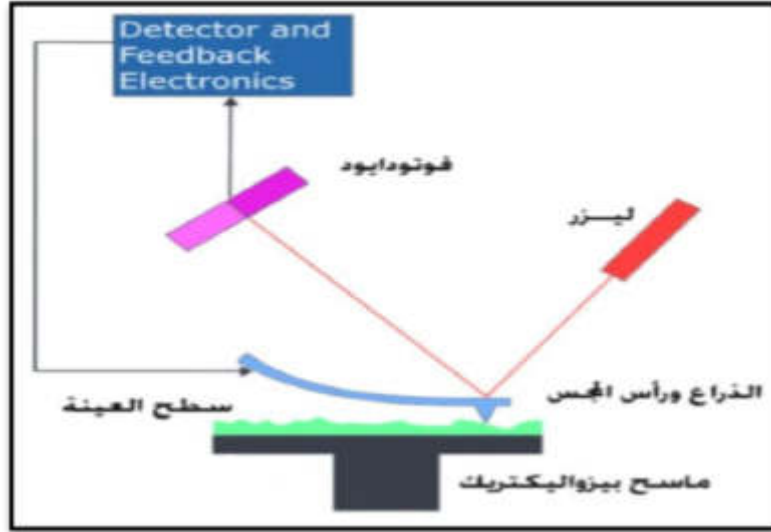
t: سمك الغشاء

## Atomic Force Microscopy (AFM) مجهر القوة الذرية (2-8-2)

مجهر القوة الذرية (AFM) جهاز يستعمل في مجالات تقنية النانو للتعرف على طبوغرافية السطوح ذات الأبعاد النانوية والميكروية ورسمها، ويسمى كذلك (مجهر القوة الماسحة) (SFM)، ويفوق قدرة تكبير المجهر الإلكتروني بأكثر من 1000 مرة، وهو ذو قدرة تحليل عالية قد تصل أحيانا الى اجزاء من النانومتر. تم اختراع هذا المجهر من قبل العالمين (Quate and Gerber) في عام (1986) [76,77]. ويعتبر الأكثر شهرة كأداة تكبير وقياس وتحريك على المستوى النانوي إذ يتألف من ذراع (Cantilever) والتي تمتاز بمرونتها العالية ويوجد في نهاية الذراع مجس (Probe) مكون من رأس حاد يعرف (tip) يستخدم لمسح سطح العينة، ويحتوي أيضا على وحدة مسح ثلاثية الاتجاهات (Piezo-Electric XYZ Scan Driver)، وظيفتها تحريك سطح العينة تحت المجس في جميع الاتجاهات، ليتمكن المجس من مسح سطوح العينات في جميع الاتجاهات، فعندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي الى انحراف الذراع بحسب قانون هوك، وأنَّ القوة المتولدة قد تكون قوة ميكانيكية او قوى فاندرفالز او قوة كازيمير وغيرها من انواع القوى. تتغير قوة التفاعل المتولدة بين سطح العينة ورأس المجس تبعا الى نوعية مكونات سطح العينة التي يتم دراستها والتي بدورها تُغير انحراف الذراع، وأنَّ هذا التغير يتم رصده بواسطة انحراف شعاع ليزر عن مرآة مثبتة على ذراع المجهر وهذا الشعاع المنعكس يتم رصده من



خلال مصفوفة خطية من الصمامات الضوئية (photodiodes) إذ يتم معالجة الاشارات المرسله من الكاشف الضوئي في وحدة المعالجة المركزية ليتم انتاج صور ثلاثية الابعاد لسطح وتضاريس العينة، ويزودنا (AFM) بمعلومات دقيقة جدا عن خشونة سطح العينة (roughness) ومعدل الجذر التربيعي (Root Mean Square(RMS)) [76]، والشكل (8-2) يوضح الية عمل مجهر القوة الذرية [76].



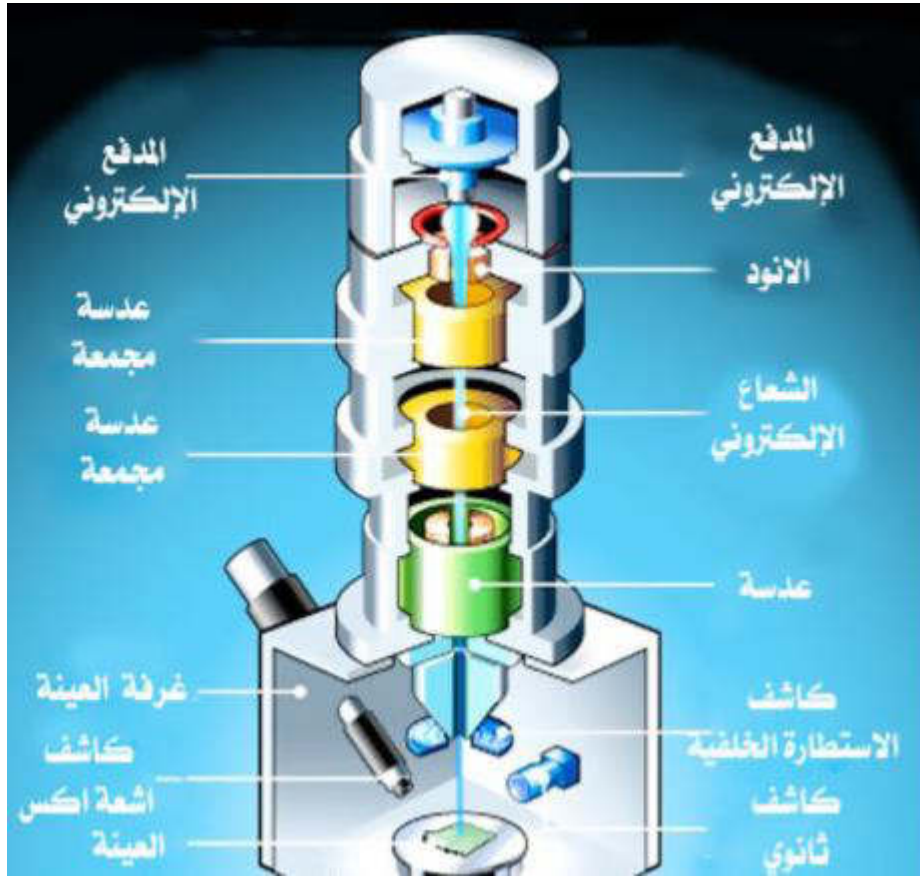
الشكل (8-2): آلية عمل مجهر القوة الذرية [76].

### (3-8-2) المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال

#### Field Emission-Scanning Electron Microscopy (FE-SEM)

يعدُّ من الاجهزة التي لايمكن الاستغناء عنها في الابحاث العلمية وخصوصا تقنية النانو وعلم المواد والعلوم الأخرى لما له من قوة تكبير عالية جدا وقدرة تحليلية وأظهار صور ذات جودة عالية. وتستخدم أجهزة (FE-SEM) بشكل يومي في العديد من التطبيقات من فحص البنية البلورية في أشباه الموصلات وفي الدوائر الالكترونية الدقيقة والاغشية الرقيقة، كذلك دراسة التراكيب السطحية للاغشية الرقيقة [76,78]. تكمن الية عمل المجهر من خلال تحرير الالكترونات من مصدرها المدفع الالكتروني (Electron Gun) واطلاقها على شكل سيل من الالكترونات التي يتم توجيهها بواسطة عدسات مغناطيسية على العينة المراد فحصها ومسح سطحها بثلاثة ابعاد لتنتج صورة ثلاثية الابعاد بكل تفاصيلها من شقوق وتجاويف وخدوش. عندما يمسح الشعاع الالكتروني (الذي يتم التحكم فيه من خلال المجال المغناطيسي باستخدام فرق جهد متغير للتحكم في تحريك شعاع الالكترونات على العينة) فانه سوف يتفاعل مع سطح العينة وينتزع الالكترونات منها بشكل محدد والتي يتم كشف هذه

الإلكترونات بواسطة الكاشف (Detector FE-SEM) عن طريق جذب الإلكترونات المتشتتة. وبالاعتماد على عدد الإلكترونات التي ستصل الكاشف فإنها سوف تسجل درجة معينة من مستوى الإضاءة على الشاشة، وباستخدام مجسات (Probes) إضافية يتم الكشف عن الإلكترونات المتشتتة بالانعكاس على سطح العينة وكذلك (X-Ray) المنبعثة عن العينة نقطة بنقطة وسطر بسطر وبذلك يتم تكوين صورة عن العينة الأصلية. كذلك يتطلب عند تشغيل الجهاز تفريغه من الهواء [76,79]، والشكل (9-2) يبين مخطط لجهاز (FE-SEM) [76].



الشكل (9-2): مخطط لجهاز المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال [76].

## Optical Properties

## (9-2) الخصائص البصرية

إنَّ تفاعل الضوء مع اشباه الموصلات له أهمية كبيرة في دراسة المواد شبه الموصلة لأنها تزودنا بالعديد من المعلومات لأنواع الانتقالات الالكترونية وتركيب حزم الطاقة وتصف أيضاً الخصائص المميزة التي تحدد تفاعل الضوء مع المادة [54,80]. فعند سقوط شعاع ضوئي أحادي اللون (طول موجي محدد) عمودياً على سطح شبه موصل فان جزء من الشعاع الساقط سوف ينعكس وينفذ الجزء الاخر المتبقي، وان الضوء النافذ سوف يُمتص جزء منه داخل شبة الموصل، عندما تكون طاقة الجزء الممتص من الضوء اكبر من طاقة فجوة الطاقة المحظورة ( $E_g$ ) فستكون كافية لأثارة الالكترونات ونقلها من مستويات الطاقة الدنيا (حزمة التكافؤ) التي يكون عددها كبيراً ومشغولة بالإلكترونات الى مستويات الطاقة العالية الغير مشغولة بالإلكترونات (حزمة التوصيل) والتي يكون ايضاً عددها كبيراً [9]، إذ أنَّ نسبة امتصاص الضوء داخل شبه الموصل تتناسب طردياً مع شدة الضوء عند طول موجي معين، وهذا يؤدي إلى اضمحلال في شدة الضوء أحادي اللون أسياً خلال مروره داخل البلورة ويتم التعبير عن ذلك بعلاقة لامبرت (Lambert Formula) التي تربط امتصاص الضوء بخصائص المادة [47]:

$$I_t = I_0 e^{-\alpha x} \quad (8 - 2)$$

اذ ان:

$\alpha$ : معامل الامتصاص.

$I_0$ : يمثل شدة الضوء الساقط.

$I_t$ : يمثل شدة الضوء بعد انتقاله مسافة ( $x$ ) في شبه الموصل.

## Reflectance (R)

## (1-9-2) الانعكاسية

تمثل الانعكاسية النسبة بين شدة الاشعاع المنعكس عند سقوط حزمة ضوئية معينة على سطح ما إلى شدة الاشعاع الساقط وأن الانعكاسية ترتبط مع معامل الانكسار ومعامل الخمود وفق العلاقة الآتية [56]:

$$R = \frac{(n_0 - 1)^2 + k^2}{(n_0 + 1)^2 + k^2} \quad (9 - 2)$$

اذ ان:

$k$ : معامل الخمود،  $n_0$ : معامل الانكسار

وعندما  $k = 0$  فإن:

$$R = \frac{(n_0 - 1)^2}{(n_0 + 1)^2} \quad (10 - 2)$$

وترتبط الانعكاسية مع النفاذية والامتصاصية وفق قانون حفظ الطاقة بالعلاقة التالية [34]:

$$R + A + T = 1 \quad (11 - 2)$$

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

النفاذية هي النسبة بين شدة الاشعاع النافذ ( $I_t$ ) إلى شدة الاشعاع الساقط ( $I_o$ ) على سطح المادة، وتحسب من العلاقة الآتية [65]:

$$T = I_t/I_o \quad (12 - 2)$$

والنفاذية ترتبط مع الامتصاصية (A) وفق العلاقة الآتية [81]:

$$A = \log(1/T) \quad (13 - 2)$$

### Absorbance (A) (3-9-2) الامتصاصية

خاصية مهمة في التطبيقات الكهروضوئية وتمثل النسبة بين شدة الاشعاع الممتص ( $I_A$ ) من قبل الغشاء الى شدة الاشعاع الساقط ( $I_o$ ) عليه وكما مبين في العلاقة الآتية [15]:

$$A = I_A/I_o \quad (14 - 2)$$

### Fundamental Absorption Edge (1-3-9-2) حافة الامتصاص الأساسية

هي مقدار الزيادة الحاصلة سريعا في الامتصاص عندما تكون طاقة الاشعاع الممتصة من المادة تساوي تقريبا قيمة فجوة الطاقة، إذ تمثل حافة الامتصاص الاساسية أقل فرق في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ (قمة) وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل (قعر) في المواد. وتكون حافة الامتصاص الاساسية حادة (Sharp) في اشباه الموصلات احادية التبلور بينما تكون أقل حدة في اشباه الموصلات متعددة التبلور [63]. وإن مناطق الامتصاص في أشباه الموصلات تقسم على ثلاث مناطق كما يوضحه الشكل (10-2) الذي يبين العلاقة بين معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) وطاقة الفوتون  $(h\nu)$  [82]:

### High Absorption Region 1- منطقة الامتصاص العالي

قيمة معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) تبلغ في هذه المنطقة ( $\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1}$ )، والموضحة في الشكل (10a-2)، وتنشأ هذه المنطقة عندما تحدث الانتقالات الالكترونية من المستويات التي تمتد في حزمة

التكافؤ الى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، إذ يمكن من خلالها التعرف على فجوة الطاقة البصرية [54]. ويُعبر عن معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) في هذه المنطقة باستخدام المعادلة الآتية [83,84]:

$$\alpha h\nu = P(h\nu - E_g)^r \quad (15 - 2)$$

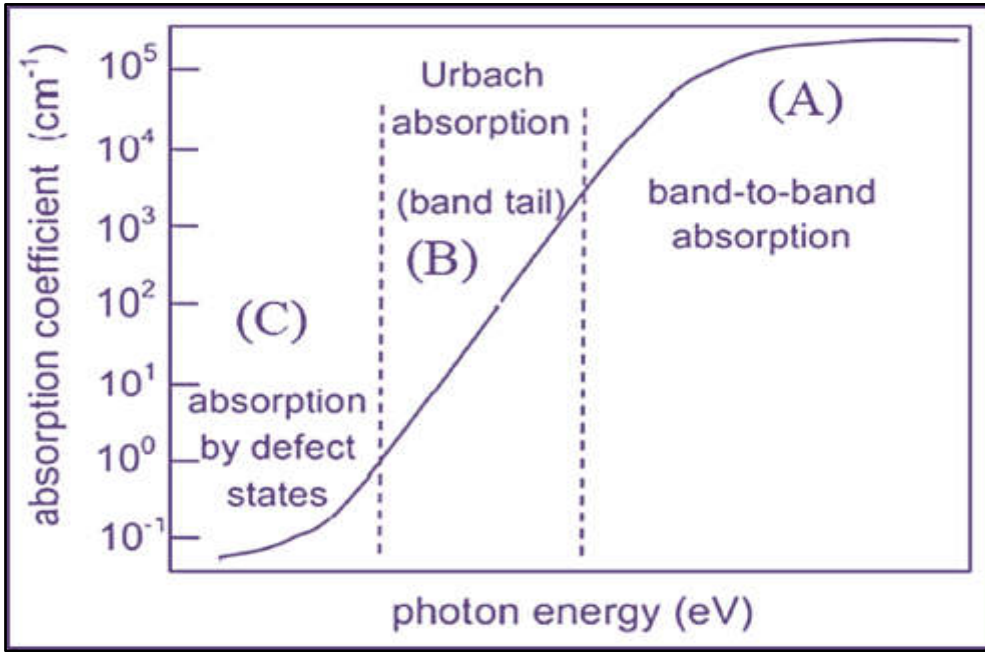
إذ إن :

P: ثابت ويعتمد على طبيعة المادة.

hν: طاقة الفوتون (eV).

E<sub>g</sub>: فجوة الطاقة البصرية.

r: معامل يعتمد على طبيعة الانتقال إذ يمتلك اربع قيم هي (1/2, 3/2, 2, 3)



الشكل (10-2): مخطط مناطق الامتصاص لأشباه الموصلات [82].

## Exponential Absorption Region

## 2- منطقة الامتصاص الأسّي

تتراوح قيمة معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) في منطقة الامتصاص الاسي بين ( $1 < \alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) وممثلة بالشكل (10b-2)، وتحدث الانتقالات في هذه المنطقة من المستويات الموضعية الموجودة في قمة حزمة التكافؤ الى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل وفيها تزداد حافة الامتصاص أسيا بسبب حدوث زيادة تدريجية في الامتصاص قد تمتد لبضعة (eV) إذ تنشأ منطقة ذيول أورباخ (Urbach tail) عن الزيادة الحاصلة في معامل الامتصاص الناتج من اضطراب البلورة

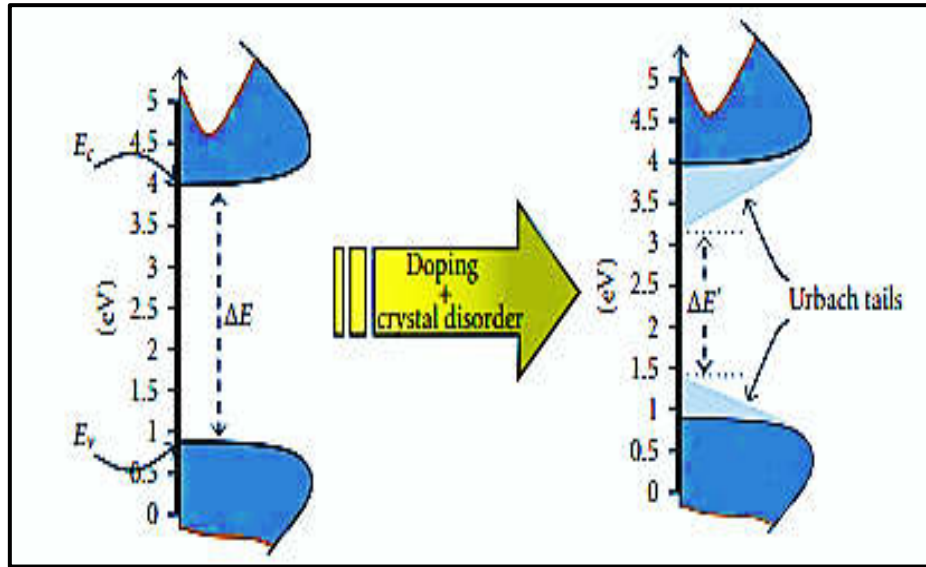
المثالية بسبب العيوب او التطعيم كما في الشكل (2-11) الذي يوضح ذبول أورباخ [54,85]، وان معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) يزداد في هذه المنطقة ويُعبر عنه بعلاقة أورباخ (Urbach) كما في العلاقة الآتية [47]:

$$\alpha = \alpha_0 e^{hu/E_u} \quad (16 - 2)$$

إذ ان:

$\alpha_0$ : ثابت التناسب.

$E_u$ : العرض المميز لحافة الامتصاص (عرض الذبول للمستويات الموضعية في منطقة فجوة الطاقة البصرية (طاقة ذبول أورباخ) وهي مساوية إلى مقلوب ميل الخط المستقيم الناتج من رسم العلاقة البيانية بين ( $hu$ ) و ( $\ln \alpha$ ).



شكل (2-11): مخطط ذبول أورباخ [85].

## Low Absorption Region

## 2-منطقة الامتصاص الواطئ

أن قيمة معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) تكون صغيرة جدا في هذه المنطقة ( $\alpha < 1 \text{ cm}^{-1}$ ) إذ أن الامتصاص البصري يكون ضعيفاً، وتمثل هذه المنطقة الانتقالات الالكترونية بين الذبول داخل فجوة الطاقة، وتعتمد منطقة الامتصاص هذه على طبيعة تركيب المادة [65]، والشكل (2-10c) يوضح منطقة الامتصاص الواطئ [85].

**Absorption Coefficient ( $\alpha$ )****(4-9-2) معامل الامتصاص**

هو مقياس نسبة الفقدان (الخسارة) الحاصلة في شدة الضوء من حزمة ضوئية ساقطة مباشرة خلال سمك معين، ويعتمد على طاقة الفوتون الساقط ( $h\nu$ ) ونوع الانتقالات الإلكترونية وكذلك يعتمد على خواص شبه الموصل بالنسبة لفجوة الطاقة [86]، فعند سقوط حزمة ضوئية شدتها ( $I_0$ ) على غشاء بحيث تكون شدة الشعاع النافذ ( $I_t$ ) حسب قانون (Lambert) كما في المعادلة (8-2) [47] والتي يمكن التعبير عنها بالصيغة التالية :

$$\text{Ln} \frac{I_t}{I_0} = -\alpha t \quad (17 - 2)$$

$$\alpha t = 2.303 \text{ Log} \frac{I_0}{I_t} \quad (18 - 2)$$

وبما أن مقدار  $\text{Log} (I_0/I_t)$  يمثل امتصاصية مادة الغشاء فإن المعادلة (18-2) يمكن صياغتها كالاتي [87]:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \quad (19 - 2)$$

وإن معظم الفوتونات الممتصة تحدث عند المسافة ( $1/\alpha$ ) والتي تدعى بعمق الاختراق (Penetration Depth). وإن تحديد قيمة معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) يساعد في معرفة طبيعة الانتقالات الإلكترونية فإذا كانت قيمته عالية أي أن ( $\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) هذا يعني احتمالية حدوث انتقالات إلكترونية مباشرة، أما إذا كانت قيمته قليلة أي أن ( $\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) فإنه يدل على احتمالية حدوث انتقالات إلكترونية غير مباشرة [14,46].

## Electronic Transitions

## (10-2) الانتقالات الإلكترونية

## Direct Electronic Transition

## (1-10-2) الانتقالات الإلكترونية المباشرة

عند سقوط فوتون ذو طاقة مساوية أو أكبر من قيمة فجوة الطاقة المحظورة ( $h\nu \geq E_g$ ) فإنه يحدث تفاعل بين الفوتون الساقط والإلكترون في حزمة التكافؤ وتؤدي إلى انتقال الإلكترون من أعلى حالة طاقة (قمة) في حزمة التكافؤ إلى أقل طاقة (قعر) في حزمة التوصيل عند النقطة نفسها في فضاء متجه الموجة (K-space) إذ إن ( $\Delta K=0$ )، ودون حصول تغير في الزخم [59,63]:

$$E_f - E_i = h\nu \quad (20 - 2)$$

$$\vec{K}_f - \vec{K}_i = \vec{q} \quad (21 - 2)$$

إذ إن:

$E_i$ : طاقة الإلكترون الابتدائية في حزمة (نطاق) التكافؤ.

$E_f$ : طاقة الإلكترون النهائية في حزمة التوصيل.

$\vec{K}_i$ : متجه الموجة الابتدائي للإلكترون في حزمة التكافؤ.

$\vec{K}_f$ : متجه الموجة النهائي للإلكترون في حزمة التوصيل.

$\vec{q}$ : متجه الموجة للفوتون الساقط.

وبما أن قيمة ( $\vec{q}$ ) تكون صغيرة جداً بالمقارنة مع قيمة الإلكترون لذلك فإنه يهمل وتصبح المعادلة السابقة بالشكل الآتي:

$$\vec{K}_i = \vec{K}_f \quad (22 - 2)$$

ويسمى هذا الانتقال بالانتقال الإلكتروني المباشر المسموح (Allowed Direct Transition)، ويكون الانتقال بصورة عمودية وكما مبين بالشكل (2-12a)، أما في حالة انتقال الإلكترون بين النقاط المجاورة لأعلى وأوطاً نقطة في حزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي فإن هذا النوع من الانتقال يسمى بالانتقال المباشر الممنوع (Forbidden Direct Transition) [53,62] وكما مبين في الشكل (2-12b).

إن معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) لهذا النوع من الانتقالات في أشباه الموصلات يمكن حسابه من العلاقة (2-15) والتي يتضح من خلالها أن قيمة ( $r$ ) هي التي تحدد نوع الانتقال الإلكتروني المباشر في أشباه الموصلات، فإذا كانت قيمتها ( $r=1/2$ ) فإن الانتقال يكون مباشراً مسموحاً أما إذا كانت ( $r=3/2$ ) فإن الانتقال يكون مباشراً ممنوعاً [6,83].



## Indirect Electronic Transitions (2-10-2) الانتقالات الالكترونية غير المباشرة

تحدث الانتقالات الالكترونية غير المباشرة بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل في مناطق مختلفة من فضاء متجه الموجة (k-space)، بحيث يكون هذا النوع من الانتقال غير عمودي (بصورة مائلة) بين نقطة في حزمة التكافؤ واي نقطة في حزمة التوصيل وبذلك فان قيمة متجه الموجة للإلكترون تكون غير متساوية قبل الانتقال وبعده اي  $(\Delta K \neq 0)$  [63,88]. ان هذا النوع من الانتقال من حالة الطاقة الاعلى (قمة) في حزمة التكافؤ الى حالة الطاقة الاقل (قعر) في حزمة التوصيل لا يمكن ان يحدث دون تغيير في (قوة الدفع) الزخم وبالتالي لأجل حصول الانتقال وتحقيق قانون حفظ الزخم سيكون امتصاص الضوء مصحوبا بتوليد او امتصاص واحد أو أكثر من الفونونات (Phonons) ويطلق على اشباه الموصلات التي تمتلك هذا النوع من الانتقالات بأشبه الموصلات ذات فجوة الطاقة غير المباشرة (Indirect-Energy Gap) [54,60]، وان معامل الامتصاص  $(\alpha)$  في هذا النوع من الانتقالات يمكن الحصول عليه من المعادلة الاتية [6]:

$$\alpha h\nu = P(h\nu - E_g \mp E_{ph})^r \quad (23 - 2)$$

اذ إن:

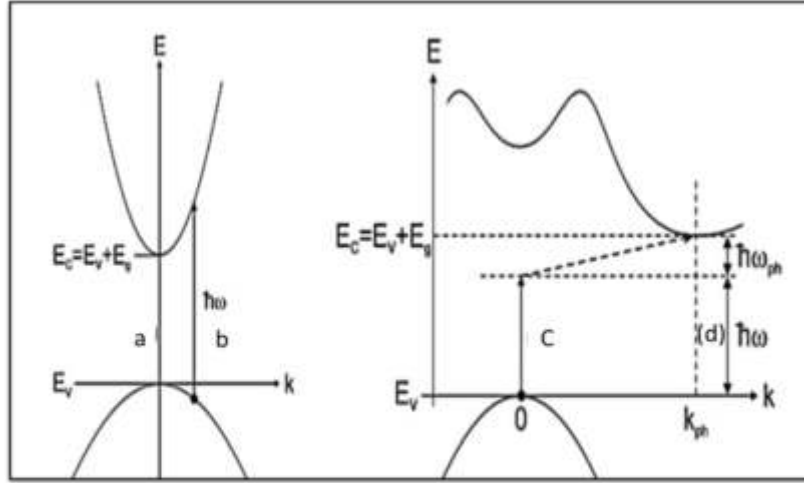
P: ثابت يعتمد على نوع المادة.

$E_g$ : فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر.

$E_p$ : طاقة الفونون.

الإشارة (+): تعني امتصاص فونون، و الإشارة (-): تعني انبعاث فونون.

تقسم الانتقالات غير المباشرة الى نوعين، النوع الاول عندما ينتقل الإلكترون من اعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطاً نقطة في حزمة التوصيل يسمى بالانتقال غير المباشر المسموح وكما مبين بالشكل (2-12c) وفيه تكون قيمة  $(r=2)$  في المعادلة اعلاه، اما النوع الثاني يحدث عندما تكون الانتقالات بين النقاط المجاورة لأعلى واطماً نقطة في حزمة التكافؤ التوصيل على التوالي يسمى هذا النوع بالانتقال غير المباشر الممنوع وعندها تكون قيمة  $(r=3)$  [6,88], وكما مبين بالشكل (2-12d).



شكل (12-2): الانتقالات الإلكترونية [54].  
 (a) انتقال مباشر مسموح. (b) انتقال مباشر ممنوع.  
 (c) انتقال غير مباشر مسموح. (d) انتقال غير مباشر ممنوع.

## The Optical Constants

## (11-2) الثوابت البصرية

هناك تعبيران شائعان للثوابت البصرية للمادة هما معامل الانكسار المعقد (الخيالي والحقيقي) وثابت العزل الكهربائي المعقد (الحقيقي والخيالي) وتختلف قيم الثوابت البصرية للمادة باختلاف الاطوال الموجية [56,89].

## Complex Refractive Index ( $N^*$ )

## (1-11-2) معامل الانكسار المعقد

معامل الانكسار المعقد يصف بصورة عامة مدى تأثر المادة بالضوء من خلال التفاعل مع المادة. ويعتمد على نوع المادة وتركيبها البلوري [56]. ويتكون من جزئين هما:

## Refractive Index ( $n_0$ )

## 1- معامل الانكسار

معامل الانكسار يمثل الجزء الحقيقي (real) من معامل الانكسار المعقد ويعرف بأنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ الى سرعته في الوسط كما في العلاقة التالية [89]:

$$n_0 = c/v \quad (24 - 2)$$

ومن المعادلة (9-2) يمكن حساب معامل الانكسار لتصبح المعادلة كالتالي [56]:

$$n_0 = \left[ \left( \frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (k^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad (25 - 2)$$

**Extinction Coefficient ( $k$ )****2- معامل الخمود**

يمثل الجزء الخيالي (imaginary) لمعامل الانكسار المعقد وهو الخمود (التوهين) الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة نتيجة تفاعلها مع جسيمات مادة. ويمثل ايضا كمية الطاقة التي تمتصها الالكترونات من طاقة الفوتونات الساقطة وعلى هذا الاساس فان قيمة معامل الخمود تتحدد من خلال التفاعلات الحاصلة بين الموجة الكهرومغناطيسية والوسط ويمكن حساب معامل الخمود من المعادلة الآتية [90]:

$$k = \alpha\lambda/4\pi \quad (26 - 2)$$

إذ أن:

( $\lambda$ ): الطول الموجي للأشعة الساقطة.

ويرتبط كل من معامل الانكسار الحقيقي ومعامل الخمود مع معامل الانكسار المعقد بالعلاقة التالية [47]:

$$N^* = n_0 - ik \quad (27 - 2)$$

**Complex Dielectric Constant ( $\epsilon$ )****(2-11-2) ثابت العزل المعقد**

ثابت العزل المعقد يصف التفاعل بين الضوء والمواد عندما ينتقل الضوء عبر هذه المادة، ويمثل ايضا قابلية المادة على الاستقطاب عند امتصاصها للضوء عند ترددات معينة واستجابتها لتلك الترددات المختلفة، إذ ان المجال الكهربائي المتذبذب للضوء يولد ثنائيات قطب للشحنة المتذبذبة داخل الذرات او بين الذرات، ويوصف عادةً الاستقطاب لشحنات الوسط بثابت العزل المعقد، ويرمز له ( $\epsilon$ ) والذي يعطى بالعلاقة الآتية [56,91]:

$$\epsilon = \epsilon_1 - i\epsilon_2 \quad (28 - 2)$$

إذ ان:

$\epsilon_1$ : الجزء الحقيقي من ثابت العزل المعقد.

$\epsilon_2$ : الجزء الخيالي من ثابت العزل المعقد.

ويرتبط ( $N^*$ ) مع ( $\epsilon$ ) بالعلاقة التالية:

$$\epsilon = N^{*2} \quad (29 - 2)$$

وعند التعويض عن قيمة  $(N^*)$  من المعادلة (27-2) وعن قيم  $(\varepsilon)$  من المعادلة (28-2) نحصل على:

$$(n_o - ik)^2 = \varepsilon_1 - i\varepsilon_2 \quad (30 - 2)$$

$$\varepsilon_1 = n_o^2 - k^2 \quad (31 - 2)$$

$$\varepsilon_2 = 2n_o k \quad (32 - 2)$$

ومن المعادلتين (31-2) و(32-2) يمكننا إيجاد وحساب ثابت العزل الحقيقي والخيالي على التوالي.

## Electrical Properties

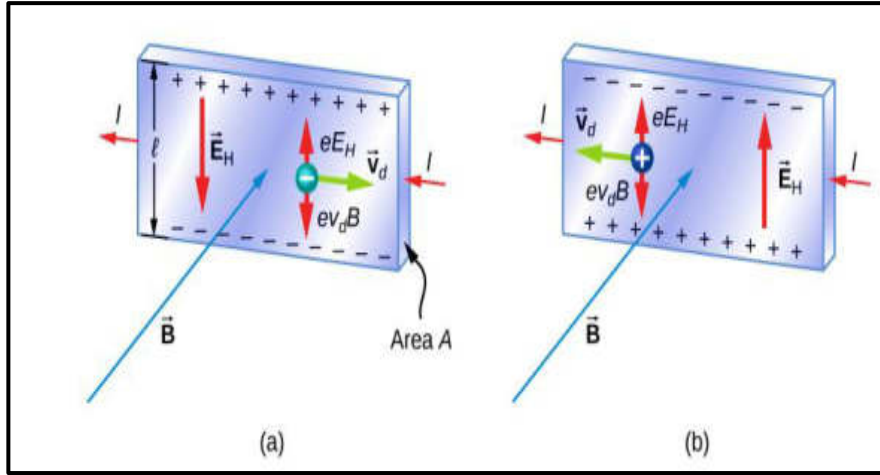
## (12-2) الخواص الكهربائية

### Hall Effect

### (1-12-2) تأثير هول

اكتشفت هذه الظاهرة لأول مرة عام (1879) على يد العالم ايدون هول (Edwin Hall) (1855-1938) إذ لاحظ انه عند وضع شريحة من مادة موصلة او شبه موصلة في مجال مغناطيسي ويمر خلالها تيار كهربائي سيتولد فرق جهد كهربائي يكون اتجاهه عموديا على كل من التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي [45,92].

التيار الكهربائي (I) عبارة عن سيل من الالكترونات تتحرك بسرعة انحراف  $(V_d)$ ، فعندما يمر في شريحة من فلز معين باتجاه المحور (x) وتم تطبيق مجال مغناطيسي  $(B_z)$  باتجاه المحور (y) فإنها ستعرض الى قوة مغناطيسية والموضحة في الشكل (13-2) [68]، فاذا كانت حاملات الشحنة هي الالكترونات وتتحرك في اتجاه محور (x) السالب بسرعة انحراف  $(V_d)$  فسيكون تأثير هذه القوة المغناطيسية الى الاعلى تعمل على انحراف الالكترونات الى الاعلى وتتجمع على الحافة العليا للشريحة الموصلة وتاركا شحنة موجبة نتيجة نقص الالكترونات على الحافة السفلية، هذا التراكم للشحنات عند الحواف يتسبب في مجال كهربائي في الموصل يتجه نحو الاعلى ويزداد حتى تصبح القوة الكهربائية المؤثرة في حاملات الشحنة متوازنة مع القوة المغناطيسية المؤثرة على حاملات الشحنة وعندئذ يحدث شرط الاتزان والذي يعمل على عدم تزايد انحراف الالكترونات الى الاعلى، وأن الجهد المتولد على طرفي الموصل هو جهد هول  $(V_H)$ . اما اذا كانت حاملات الشحنة موجبة فإنها سوف تتحرك باتجاه المحور (x) الموجب بسرعة انحراف  $(V_d)$  وستعرض الى قوة مغناطيسية الى الاعلى والتي تتسبب في تراكم الشحنات الموجبة على الحافة العليا والشحنات السالبة تتراكم على الحافة السفلية، وبالتالي يمكن تحديد اشارة حاملات الشحنة من قياس قطبية جهد هول ويصاحب جهد هول مجال كهربائي يدعى مجال هول [68,92].



الشكل (2-13): مخطط تأثير هول [68].

(a) حاملات الشحنة موجبة، (b) حاملات الشحنة سالبة.

يمكن حساب معامل هول من العلاقة التالية :

$$R_H = - \left( \frac{1}{n_H e} \right) = \left( \frac{V_H t}{I_x B_z} \right) \quad (2 - 33)$$

إذ ان:

$R_H$ : معامل هول.

$B_z$ : المجال المغناطيسي.

$n_H$ : تركيز حاملات الشحنة (الالكترونات أو الفجوات).

ومن العلاقة اعلاه يتبين ان معامل هول لا يعتمد على ابعاد الشريحة ولكن يعتمد على تركيز الالكترونات. وبمعرفة ( $R_H$ ) ومن خلال إشارته يمكن تحديد نوع حاملات الشحنة، فهي موجبة في أشباه الموصلات نوع (p-type) وسالبة للنوع (n-type). ويمكن تعيين قيمة تحركية الشحنة او تحركية هول من العلاقة الآتية [9,69]:

$$\mu_H = \frac{\sigma}{n_H e} = \sigma |R_H| \quad (2 - 34)$$

اذ ان:

$\sigma$ : التوصيلية الكهربائية

ويمكن حساب تركيز حاملات الشحنة من العلاقات التالية [46]:

$$n_H = - \frac{1}{R_H e} \quad (2 - 35)$$

$$p = \frac{1}{R_H e} \quad (2 - 36)$$

**Irradiation****(13-2) التشعيع**

هو عملية تعرض الجسم للإشعاع من مصادر مختلفة بما في ذلك المصادر الطبيعية. ويمكن ان يكون التشعيع باستخدام الطاقة المؤينة أو غير المؤينة. إذ يستعمل التشعيع بالطاقة المؤينة بشكل واسع لتحسين الخصائص المادية والكيميائية للمواد والمنتجات التجارية. وكذلك في كثير من التطبيقات وخصوصاً في تعقيم الاغذية والسيطرة على تكاثر الحشرات والكائنات المسببة للأمراض. وتعدُّ أشعة كاما الصادرة من النويدات المشعة، والإلكترونات النشطة من مسرعات الجسيمات، والأشعة السينية المنبعثة من حزم الإلكترونات ذات الطاقة العالية هي المصادر المناسبة من الطاقة المؤينة لهذه التطبيقات، لأنها يمكن أن تخترق سمكاً كبيراً من المواد الصلبة [93].

**Gamma-Ray****(14-2) اشعة كاما**

اشعة كاما هي الاشعاع الكهرومغناطيسي المخترق والناشئ عن التحلل الإشعاعي للنوى النووية، وذات طول موجي قصير جداً ( $10^{-12}$ m) وذات طاقة عالية جداً تصل قيمتها الى (5MeV).

تنتج اشعة كاما وتنبعث نتيجة التحولات بين حالات النوى المثارة اثناء عملية التحلل النووي أو التفاعلات النووية عند عودة النواة من الحالة المثيجة الى حالة الاستقرار [94]، ومصادر أشعة كاما عديدة منها الاشعة التي تلي انحلال جسيمات الفا أو بيتا أو تنتج من بعض التفاعلات النووية كالنشاط النيوتروني أو التحلل الإشعاعي لنوى بعض العناصر مثل السيزيوم ( $^{137}\text{Cs}$ ) أو الكوبلت ( $^{60}\text{Co}$ ) [95].

**(15-2) تفاعلات اشعة كاما مع المادة****Interaction of Gamma-Ray with the Matter**

إنَّ العمليات التي تجري عند مرور اشعاع كاما خلال مادة هي عمليات معقدة، فان كل فوتون من فوتونات الاشعة أما ألا يتفاعل على الاطلاق أو انه سوف يتم حذفه كلياً من الحزمة بواسطة الامتصاص أو الاستطارة وهذا يؤدي الى توهين بأشعة كاما ويزداد مع زيادة سمك الوسط ويحدث بواسطة ثلاث تأثيرات منفصلة [96].

1- التأثير الكهروضوئي.

2- تأثير كومبتن.

3- انتاج الزوج.

## Photoelectric Effect

## (1-15-2) التأثير الكهروضوئي

يُعدُّ العالم هيرتز (Hertz) أول من اكتشف ظاهرة التأثير الكهروضوئي عام (1887) وتم تفسيرها من قبل العالم انشتاين (Einstein) عام (1905) نظرياً والذي بين تفاعل جسيمات الضوء او الفوتونات مع الالكترونات [9,68]، والشكل (2-14) يبين رسماً تخطيطياً لكيفية حدوث التأثير الكهروضوئي [68]

بإمكان اشعة كما أن تنتقل طاقاتها ( $E_\gamma$ ) الى الكترون يكون في حالة ارتباط بذرته وذلك لان الذرة في هذه الحالة سوف تأخذ قسماً من زخم الارتداد الذي سيحافظ على الزخم، ويحصل التفاعل بين الفوتونات الساقطة والالكترونات المقيدة عندما تكون طاقة الفوتون اكبر من طاقة الارتباط للإلكترون. وان قانون حفظ الزخم في هذه الحالة يعطى من العلاقة التالية [94]:

$$P_\gamma = P_e + P_a \quad (2 - 37)$$

اذ ان:

$P_\gamma$ : زخم اشعة كما

$P_e$ : زخم الالكترون

$P_a$ : زخم الذرة

وَأَنَّ قانون حفظ الطاقة يعطى بالعلاقة :

$$E_\gamma = T_e + T_a + E_B \quad (2 - 38)$$

إذ أن:

$T_e$ : طاقة الالكترون

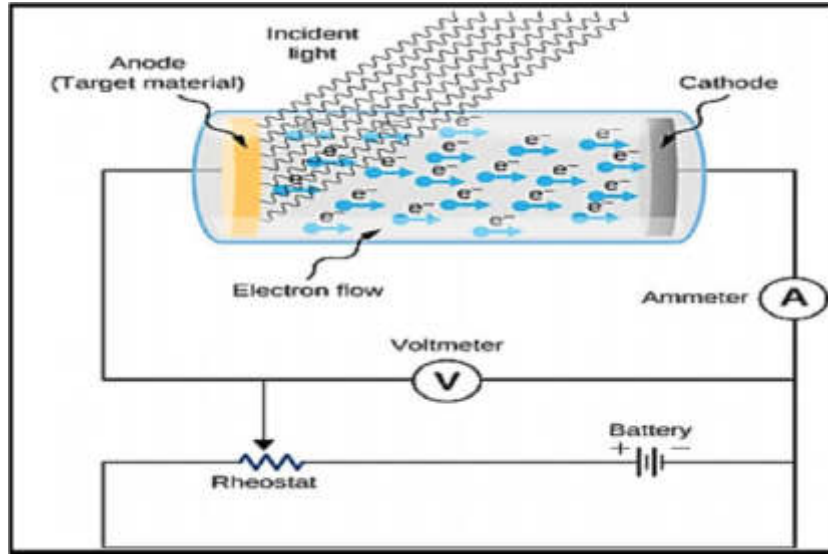
$T_a$ : الطاقة الحركية للارتداد

$E_B$ : طاقة ارتباط الالكترون بالذرة

المعادلتين اعلاه يمكن ان يتحققا معاً، إذ ان ( $E_B$ ) هي طاقة ارتباط الالكترون بالذرة والتي تعدُّ ايضاً طاقة تهيج الذرة بعد انبعاث الالكترون وبما أن ( $T_a$ ) هي في حدود صغيرة جداً فيمكن اهمالها لأغلب الاغراض العملية فتصبح المعادلة (2-38) كالآتي [97]:

$$E_\gamma = T_e + E_B \quad (2 - 39)$$

واحتمالية حدوث الانبعاث الكهروضوئي تزداد كلما اقتربت طاقة الفوتونات الساقطة مع طاقة الربط للإلكترونات او التردد يقترب من تردد حافة الامتصاص، وكذلك تزداد اذا كان العدد الذري (Z) للذرة المتفاعلة كبيراً [97].



الشكل (2-14): الظاهرة الكهروضوئية [68].

## Compton Effect

## (2-15-2) تأثير كومبتون

إنَّ قوانين حفظ الزخم والطاقة لا يمكن أن تتحقق في حالة الامتصاص الكامل للفوتون من قبل الكترون طليق ولهذا فانه عند تفاعل اشعة كاما مع الالكترونات ضعيفة الارتباط بالنواة فان اشعة كاما يجب أن تُستطار مع فقدان مناسب للطاقة، وخلال عملية التصادم فان فوتون كاما يعطي قسماً من طاقته ( $E_\gamma$ ) للإلكترون شبه الحر المصطدم فتكون بشكل طاقة حركية مقدارها ( $T_e$ ) ويرتد بزاوية مقدارها ( $\theta$ ) مع اتجاه الفوتون الساقط [97]. اما الفوتون الاصلي فان ما تبقى من طاقته سوف ينحرف عن مساره بزاوية ( $\theta$ ) ويسمى عند ذلك بالفوتون المتشتت وان الفوتون الساقط والمستطار والالكترون المرتد يكونان منظومة تحافظ على قانون حفظ الزخم والطاقة [9,15]، وبما ان الفوتون المستطار تكون طاقته اقل من طاقة الفوتون الساقط، لذا يكون الطول الموجي ( $\lambda'$ ) للفوتون المستطار اكبر من الطول الموجي ( $\lambda$ ) للفوتون الساقط ويكون قانون حفظ الطاقة كالآتي [97].

$$E_\gamma = E_{\gamma'} + T_e \quad (40 - 2)$$

اذ ان:

$E_\gamma$  : طاقة الفوتون المستطار.



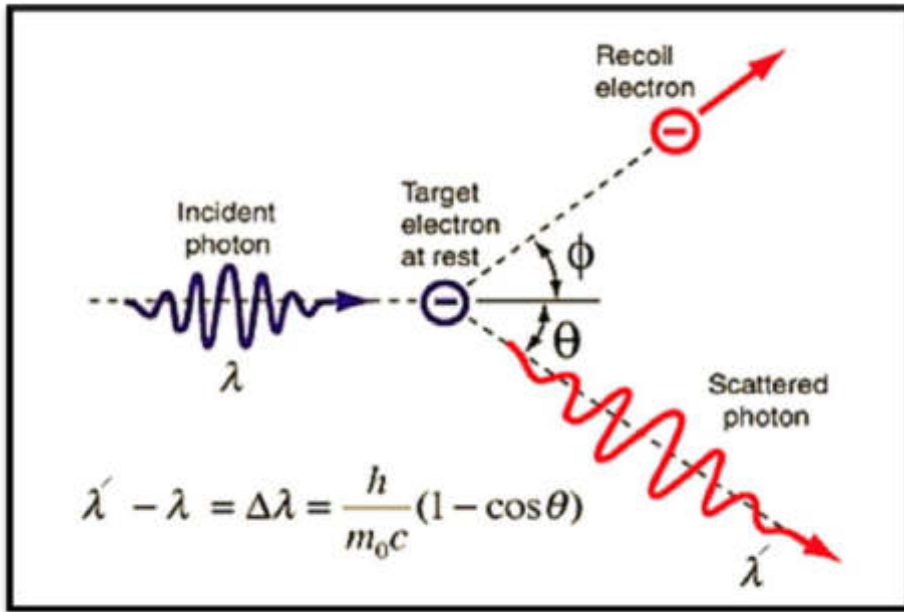
إنَّ زاوية استقطار الفوتون ( $\theta$ ) تتراوح تقريبا بين (0-180 degree) وزاوية ارتداد الالكترن ( $\phi$ ) تتغير بين (0-90 degree) وان التغير في طول موجة الفوتون الساقط عندما يستقطر يعطى بالعلاقة الآتية [68,97]:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta) \quad (41 - 2)$$

إذ أنَّ

$\frac{h}{m_0 c}$ : تسمى طول موجة كومبتون.

والشكل (15-2) يبين تأثير (استقطار كومبتون) [15].



الشكل (15-2): استقطار (تأثير كومبتون) [15].

## Pair Production

### (3-15-2) إنتاج الزوج

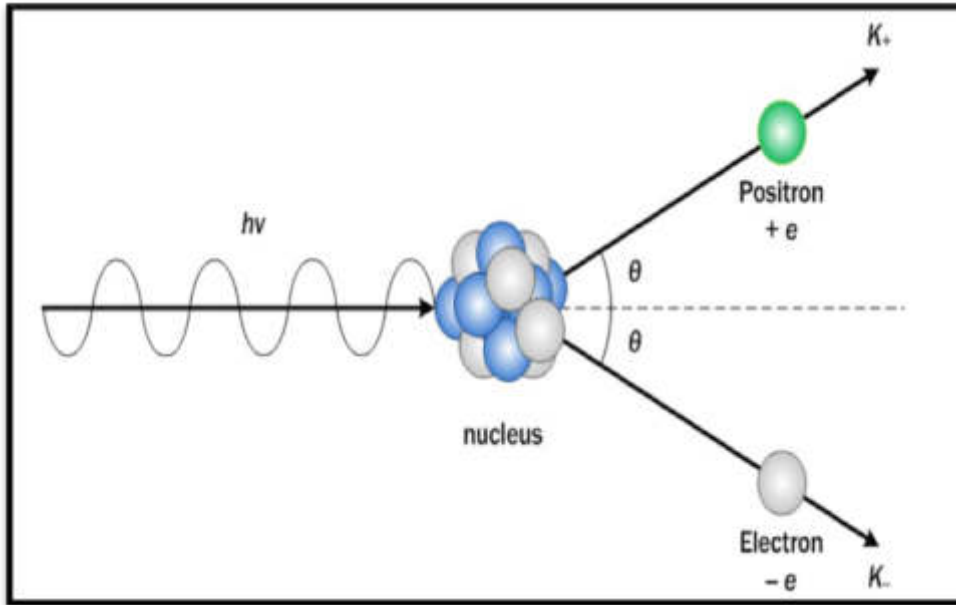
يعدُّ إنتاج الزوج (الكترن- بوزترون) مثالا حاسما على أنَّ طاقة فوتون أشعة كاما يمكن أن تتحول الى زوج الكترن بوزترون مع اعطاء طاقة حركية لكل منهما بالإضافة الى الطاقة السكونية عندما تكون طاقة الفوتون الساقط على النواة ( $h\nu > 2m_0 c^2$ )، وتُعد من اهم الطرق لإثبات الجسيم وحقيقة المادة [98]، أما اقل طاقة لازمة لتوليد الزوج بدون اكسابهم طاقة حركية هي اذا كانت طاقة الفوتون ( $h\nu$ ) الساقط مساوية الى ( $2m_0 c^2$ ) وحسب قانون حفظ الطاقة كما في العلاقة التالية:

$$h\nu = T_e + T_p + 2m_0 c^2 \quad (42 - 2)$$

فعندما تكون  $(T_e + T_p = 0)$  فان:

$$h\nu = 2m_0 c^2 \cong 1.02MeV \quad (43 - 2)$$

وهي اقل طاقة لازمة لتوليد الزوج [97]، والشكل (16-2) يبين ظاهرة انتاج الزوج [99].



الشكل (16-2): ظاهرة انتاج الزوج [99].

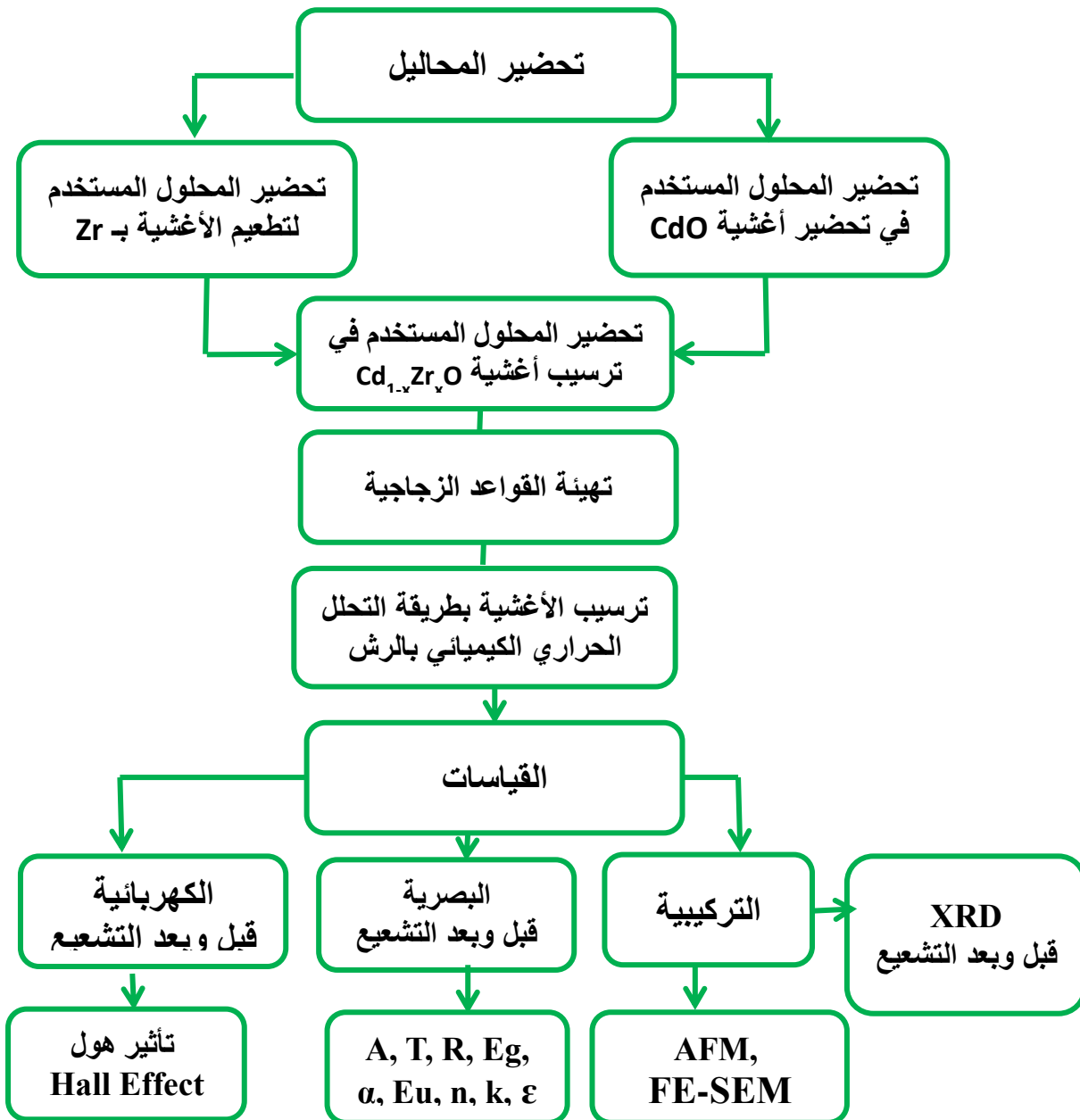
# الفصل الثالث

## الجزء العملي

(1-3) مقدمة

Introduction

تضمن هذا الفصل الخطوات العملية المتبعة في طريقة تحضير أغشية أكسيد الكاديوم الرقيقة غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم (Zr) باستخدام تقنية التحلل الحراري الكيميائي بالرش (CSP) واعطاء وصفا عاما لأجزاء المنظومة والاجهزة المستعملة فيها. كذلك التعرف على الاجهزة المستعملة في دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للأغشية المحضرة. والشكل (1-3) يبين مخططا للخطوات العملية المتبعة في تحضير الاغشية الرقيقة.

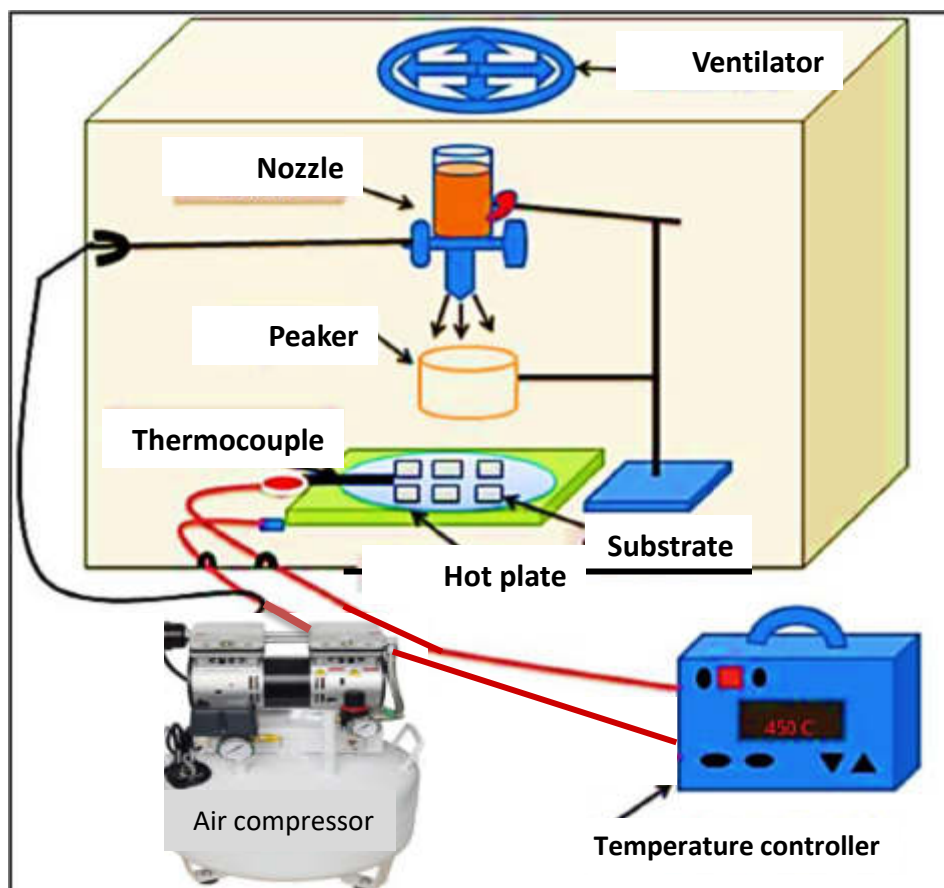


الشكل (1-3): مخطط للخطوات المتبعة في تحضير الأغشية.

## (2-3) منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش (CSP).

## Chemical Spray Pyrolysis System

منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش من المنظومات البسيطة سهلة الاستخدام وتتكون من عدد من الأجهزة البسيطة المرتبة كما في الشكل (2-3).



الشكل (2-3): منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش.

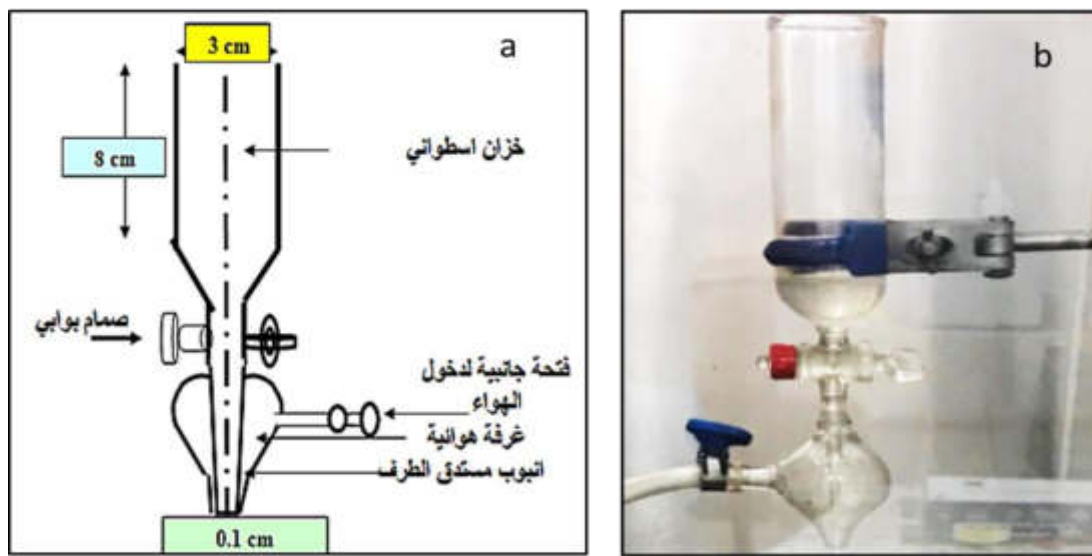
و تتكون المنظومة من الاجزاء التالية:

## Spray Nozzle

## 1- جهاز الرش

يعد جهاز الرش من الاجزاء المهمة في منظومة التحلل الحراري الكيميائي بالرش والمبين في الشكل (3-3) والمتكون من أنبوبة زجاجية اسطوانية الشكل تكون فتحتها من الاعلى نصف قطرها (1.5cm) وارتفاعها (8cm)، وذو صمام يمكن التحكم من خلاله بمقدار المحلول النازل إلى الأنبوبة الشعرية المتصلة بها من الأسفل ذات قطر (0.1cm) وطول (6cm)، وتحاط الأنبوبة الشعرية بغرفة زجاجية تشبه الى حد ما الشكل الكروي وتكون مغلقة من الاعلى لاتصالها بالأنبوبة

الشعرية ومفتوحة من الأسفل للسماح للسائل بالتدفق على شكل رذاذ بعد امتزاجه بالهواء المضغوط الداخل الى الغرفة الزجاجية من الفتحة الجانبية لها المتصلة بمضخة الهواء وهذا الرذاذ يكون على شكل مخروط رأسه عند الأنبوبة الشعرية وقاعدته إلى الأسفل وباتجاه المسخن وقواعد الترسيب المستخدمة. المسافة بين القواعد الزجاجية الموضوعة على سطح المُسخن وفتحة جهاز الرش في بحثنا الحالي هي  $(31 \pm 1 \text{ cm})$ .



الشكل (3-3): جهاز الرش.

(a) مخطط توضيحي، (b) صورة فوتوغرافية.

يستعمل لتثبيت جهاز الرش ماسك قابل للحركة يمينا ويسارا وكذلك صعودا ونزولا وكذلك للتحكم في ارتفاع جهاز الرش عن سطح المُسخن الموضوع عليه القواعد الزجاجية (العينات) المُعدة لعملية الترسيب، كذلك يتم وضع ورق زجاجي مقاوم للحرارة على الحامل أسفل جهاز الرش لجمع قطرات السائل المناسب من جهاز الرش أثناء مدة التحكم بفتح وغلق الصمام، للحفاظ على القواعد الزجاجية من التلف.

## Electrical Heater

## 2- المُسخن الكهربائي

المُسخن الكهربائي يستعمل لرفع درجة حرارة القواعد الزجاجية الموضوعة على سطحه والمُعدة لترسيب الغشاء عليها الى درجة الحرارة المطلوبة، اذ يتم ربط المُسخن الكهربائي بمُجزئ جُهد للسيطرة على درجة حرارة القاعدة التي يتم ترسيب الغشاء الرقيق عليها وذلك من خلال التحكم بمقدار الجهد الواصل الى المُسخن الكهربائي، ويجب وضع القواعد الزجاجية على سطح المُسخن

الكهربائي قبل تشغيله، إذ إن وضع القاعدة الزجاجية على المسخن الكهربائي وهو ساخن يؤدي إلى تكسر القواعد الزجاجية.

### 3- المزدوج الحراري Thermocouple

عبارة عن مجس حراري حساس يوضع على سطح المُسخن لضبط درجة حرارة سطح المسخن والسيطرة عليها عن طريق ربطه بمنظومة الكترونية ذات عداد رقمي (Digital).

### 4- المضخة الهوائية Air Pump

تستخدم مضخة الهواء المجهزة من شركة (UTV) البولندية للتحكم بضغط وكمية الهواء الداخلة الى الغرفة الزجاجية لجهاز الرش عن طريق الفتحة الجانبية فيه والمتصلة بمضخة الهواء بواسطة أنبوب مصنوع من المطاط. حيث يعمل الهواء المضغوط على جعل قطرات المحلول المناسب خلال الأنبوبة الشعرية يخرج ويصل الى القواعد الزجاجية على شكل رذاذ.

### 5- مقياس تدفق الهواء Air Flow meter

جهاز يستخدم لقياس كمية تدفق الهواء المار من خلاله إلى داخل جهاز الرش، حيث يمكن التحكم بنسبة تدفق الهواء من خلال الصمام المجهز به المقياس. يتكون المقياس من ثلاثة أجزاء اساسية هي انبوبة داخلها كرة عائمة ترتفع عند دخول الهواء وعندما ترتفع الكرة سوف تسمح للهواء بالدخول وتبقى في موضعها بسبب تأثير وزن الهواء على وزنها وهكذا يمكن حساب مستوى تدفق الهواء من خلال ملاحظة مستوى الكرة بالنسبة لتدريج المقياس.

### (3-3) تحضير الأغشية الرقيقة Preparation of Thin Films

للحصول على اغشية رقيقة ذات مواصفات جيدة يجب اتباع الخطوات الاتية :-

#### (1-3-3) تهيئة القواعد الزجاجية Preparation of glass substrates

تم استعمال قواعد زجاجية صينية المنشأ ذات سُمك (0.1cm) وبأبعاد  $(7.5 \times 2.5) \text{cm}^2$ ، حيث تمر عملية تهيئة القواعد الزجاجية وتنظيفها خلال مراحل متسلسلة لضمان تنظيفها بشكل جيد للحصول على غشاء خالي من الشوائب لأنّ وجود الشوائب على سطح القاعدة له تأثير كبير على خصائص الأغشية التي يتم تحضيرها وعلى دقة القياسات، ولضمان الحصول على هذه القواعد نتبع الخطوات الاتية:

- 1- تقطيع القواعد الزجاجية الى اشكال مربعة ذات ابعاد  $(2.5 \times 2.5) \text{cm}^2$ .
- 2- غسل القواعد الزجاجية بصورة جيدة بالماء الجاري العادي للتخلص من العوالق الناتجة من العوامل الجوية.
- 3- غسلها بالماء المقطر (Distilled Water) جيداً.
- 4- يتم وضع القواعد الزجاجية في اناء (دورق) زجاجي (Beaker) ويحتوي على مادة الأسيتون ويوضع بعدها في جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Cleaner) (والمجهز من قبل الشركة الإنكليزية ((Wise Clean)) لمدة (10min) لضمان تنظيفها جيداً ثم تكرر العملية باستبدال الأسيتون بالماء المقطر.

### Preparation of the Solutions

### (2-3-3) تحضير المحاليل

#### (1-2-3-3) تحضير محلول نترات الكاديوم

لتحضير اغشية اوكسيد الكاديوم (CdO)، تم استخدام مادة نترات الكاديوم المائية  $[\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$  المجهزة من شركة (BDH -England) وهي مادة صلبة لونها ابيض وتكون سريعة الذوبان في الماء وذات وزن جزيئي (308.479g/mol)، والشكل (4-3) يوضح صورة لمادة نترات الكاديوم المائية.



الشكل (4-3): مادة نترات الكاديوم المائية.



اذ تم إذابة (3.0847g) منها في (100ml) من الماء المقطر، للحصول على محلول نترات الكادميوم بتركيز (0.1M) إذ تم الحصول على كتلة المادة المطلوبة المقابل للتركيز المولاري من العلاقة الرياضية الآتية [27].

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

إذ أن:

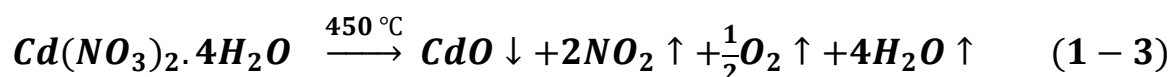
M: التركيز المولاري (mol/l).

$W_t$ : كتلة المادة المطلوب إذابتها (g).

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

V: حجم الماء المقطر المستخدم (l).

تم استخدام الميزان الالكتروني ذو حساسية (g  $10^{-4}$ ) لوزن المادة المطلوبة، ثم تخلط المادة مع الماء المقطر، ولضمان الذوبان التام للمحلول وتجانسه تم استعمال الخلاط المغناطيسي (magnetic stirrer) لمدة (20min)، وبعد الذوبان التام للمحلول نحصل على محلول رائق شفاف ويتم بعدها استخدام ورق الترشيح لإزالة أي شوائب عالقة إن وجدت في المحلول، للحصول على المحلول المطلوب والجاهز للرش، وبعد ذلك يوضع المحلول في خزان جهاز الرش ويسمح له بالتدفق بسرعة معينة وبفعل ضغط الهواء الذي يمر خلال الغرفة الزجاجية ينزل المحلول بشكل رذاذ على القواعد الزجاجية وبسبب الحرارة العالية للقاعدة الزجاجية يتبخر الماء والنواتج الأخرى من المحلول وتترسب المادة المطلوبة فقط وبذلك نحصل على أغشية اوكسيد الكادميوم على القواعد الزجاجية وتكون مستقرة وذات قوة التصاق عالية والتي يكون لونها بني، ونحصل على اغشية CdO وفق المعادلة الكيميائية الآتية:



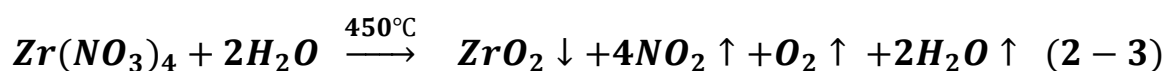
### (2-2-3-3) تحضير محلول نترات الزركونيوم

استخدمت مادة نترات الزركونيوم (Zirconium nitrate) ذات الصيغة الكيميائية  $Zr(NO_3)_4$  ووزن جزيئي (339.243g/mol) والمجهزة من شركة (BDH-England) وهو عبارة عن مسحوق ذو لون ابيض سريع الذوبان في الماء، والموضح في الشكل (3-5).



الشكل (3-5): مسحوق نترات الزركونيوم .

إذ تم إذابة (3.3924g) منها في (100ml) من الماء المقطر، حيث تم الحصول على الوزن المطلوب المقابل للتركيز المولاري من خلال العلاقة الرياضية (3-1) وبتركيز (0.1M) وباستخدام ميزان الكتروني ذو حساسية ( $10^{-4}$  g)، ولذوبان المحلول بشكل تام ومتجانس تم أستعمال الخلاط المغناطيسي (magnetic stirrer) لمدة (30min) للحصول على محلول التطعيم النهائي وكما في المعادلة (3-2) و ثم يتم ترسيب المحلول لنحصل على أغشية ( $ZrO_2$ ) النقية والتي اثبتتها قياسات (XRD). وللحصول على الأغشية المطعمة بالزركونيوم يتم اضافة المحلول الناتج وبنسب تطعيم حجمية (3, 5, 7 and 9%) الى محلول نترات الكاديوم ويتم مزج المحلول جيدا باستخدام الخلاط المغناطيسي لمدة (15min) حتى يتم تجانس المحلول المستخدم للرش. ويبين الجدول (3-1) النسب الحجمية لنترات الزركونيوم المضافة الى نترات الكاديوم.



الجدول (3-1): النسب الحجمية للمحاليل المستخدمة في تحضير  $Cd_{1-x}Zr_xO$ .

صيغة الغشاء الناتج بالنسبة المئوية	محلول نترات الكاديوم (ml)	محلول نترات الزركونيوم (ml)
CdO undoped	100	0
$Cd_{0.97}Zr_{0.03}O$	97	3
$Cd_{0.95}Zr_{0.05}O$	95	5
$Cd_{0.93}Zr_{0.07}O$	93	7
$Cd_{0.91}Zr_{0.09}O$	91	9

**(3-4) العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة:****Substrates Temperature****1- درجة حرارة القواعد**

درجة الحرارة تعدُّ من العوامل المهمة التي لها تأثير كبير في تجانس الأغشية الرقيقة المحضرة والتصاقها بالقاعدة، ويجب ان تكون درجة الحرارة ثابتة طوال فترة ترسيب الأغشية لأن ارتفاع أو انخفاض درجة حرارة القاعدة التي يُرسب عليها الغشاء الرقيق يُؤثر في طبيعة التفاعل الكيميائي للمادة والذي يأخذ حرارته منها وبالتالي يُؤثر في طبيعة الغشاء الناتج. وتم تثبيت درجة حرارة القواعد الزجاجية عند درجة (450°C) والتي كانت افضل درجة حرارة للحصول على الاغشية المحضرة في بحثنا الحالي

**Spray Rate****2- معدل الرش**

معدل الرش هو انسياب حجم معين من محلول المادة في الدقيقة الواحدة. يجب ان يكون معدل الرش ثابتا طوال مدة الرش لأن عدم انتظام معدل الرش يتسبب في تشوه الغشاء. ويمكن التحكم بمعدل الرش من خلال الصمام الموجود في جهاز الرش. وقد حصلنا على أفضل معدل للرش تقريبا (7ml/min).

**Time of Spray****3- زمن الرش**

تم تحديد زمن الرش بـ (8sec) لتحضير الأغشية المطلوبة بعدها يكون توقف عن الرش لمدة (3min) حتى تستعيد القاعدة الزجاجية حرارتها المطلوبة للتفاعل لضمان حصول الانماء البلوري للمادة المُرسبة على القاعدة، اذ لا يجوز الرش بصورة مستمرة تجنباً لتبريدها السريع والذي يؤدي الى احتمال تكسر القواعد الزجاجية. وتُكرر هذه العملية لعدة مرات بنفس الطريقة لحين الحصول على الاغشية المطلوبة.

**Air Pressure****4- ضغط الهواء**

للحصول على أغشية متجانسة يجب تثبيت ضغط الهواء في جهاز الرش عند تحضير الأغشية الرقيقة ، كان ضغط الهواء المناسب المستخدم في هذه الدراسة هو ( $1.5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ) لكي يخرج المحلول من الأنبوبة الشعرية ويصل القواعد الزجاجية على شكل رذاذ دقيق يتناسب مع آلية التحضير ولا يتسبب في برودة القاعدة الزجاجية وتكسرها.

## 5- المسافة العمودية

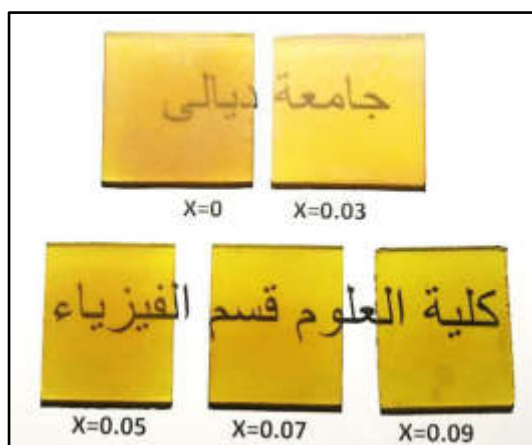
## Vertical Distance

وهي تمثل المسافة من نهاية الأنبوبة الشعرية لجهاز الرش إلى سطح القاعدة الزجاجية التي يتم عليها الترسيب، تم تثبيت الارتفاع عند مسافة  $(31 \pm 1)$  cm والتي تم الحصول من خلالها على أفضل النتائج.

## (5-3) ترسيب الأغشية الرقيقة

## Thin Films Deposition

للحصول على أفضل النتائج في تحضير الأغشية الرقيقة من خلال عملية الترسيب توضع القواعد الزجاجية على سطح المُسخن الكهربائي وتكون اسفل جهاز الرش وتترك لفترة زمنية مناسبة قبل البدء بعملية الرش لحين الوصول لدرجة الحرارة المطلوبة ( $450^\circ\text{C}$ ) ثم تبدأ عملية الترسيب من خلال التحكم بالمحلول النازل بواسطة الصمام الجانبي لجهاز الرش مع فتح المضخة الهوائية لدخول الهواء الى الغرفة الزجاجية لتحويل المحلول الى رذاذ (ذرات دقيقة صغيرة) يلائم عملية الترسيب وبزمن رش مقداره (8sec) ومن ثم يتبعها زمن توقف عن الرش (3min) للسماح للقواعد الزجاجية لاستعادة درجة الحرارة المطلوبة للترسيب وتُكرر العملية عدة مرات لحين الوصول للسمك المطلوب، يتم تحريك القواعد الزجاجية بعد كل عملية رش بانتظام لضمان توزيع رذاذ المحلول على كل أجزاء القواعد بالتساوي والحصول على غشاء متجانس، وبعدها يتم اطفاء المسخن الكهربائي وانتظار القواعد حتى تبرد والوصول الى درجة حرارة الغرفة والسماح للأغشية المحضرة بإكمال عملية الأكسدة والانماء البلوري. يوضع دورق زجاجي مقاوم للحرارة بين جهاز الرش والقواعد الزجاجية ويثبت على الحامل ويكون قابل للحركة أثناء عملية الرش فاندته الحفاظ على القواعد الزجاجية من سقوط بعض قطرات السائل اثناء عملية بداية ونهاية كل عملية رش والتي تتجمع في الدورق. الشكل (6-3) يبين صورة للأغشية المحضرة.



الشكل (6-3): صورة لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بنسب مختلفة.

**(6-3) قياس سمك الأغشية الرقيقة****Thin Films Thickness Measurement**

أحد العوامل المهمة في تحديد بعض الخصائص الفيزيائية للغشاء هو السمك وهناك عدة طرائق لقياس السمك (لقد كان سمك الأغشية المحضرة في بحثنا هي  $(420 \pm 20 \text{nm})$ ) ومن هذه الطرق:

**Gravimetric Method (G M)****1- الطريقة الوزنية**

يتم وزن القواعد الزجاجية النظيفة قبل الترسيب وبعد الترسيب باستخدام الميزان الإلكتروني الحساس من نوع (Mettler AE-160) ذو حساسية  $(10^{-4} \text{g})$ . وتستخدم العلاقة التالية لقياس سمك الغشاء [75].

$$t = \frac{\Delta m}{\rho A} \quad (2 - 3)$$

حيث أن:

$\Delta m$ : فرق الكتلة وتمثل كتلة مادة الغشاء المترسبة وتساوي  $(m_2 - m_1)$ ، إذ أن  $m_1$  تمثل وزن القاعدة الزجاجية قبل الترسيب و  $m_2$  تمثل قيمة وزنها الثاني بعد الترسيب.

$A$ : مساحة الغشاء  $(\text{cm}^2)$ .

$\rho$ : كثافة مادة الغشاء المحضر  $(\text{g/cm}^3)$ .

أما بالنسبة للأغشية المحضرة بنسب تطعيم مختلفة فإن الكثافة الكلية  $(\rho_{\text{total}})$  للمواد المستخدمة في تحضير الأغشية يمكن حسابها باستخدام العلاقة التالية :

الكثافة الكلية = كثافة مادة  $(\text{CdO})$   $x$  نسبتها المئوية في المحلول + كثافة مادة  $(\text{ZrO}_2)$   $x$  نسبتها المئوية في المحلول.

## 2- المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال

## Field Emission- Scanning Electron Microscopy

استخدام (FE-SEM) لقياس سمك الاغشية الرقيقة وذلك بدراسة المقطع العرضي (Cross Section) وقد تم اعتماد هذه الطريقة في بحثنا لان الطريقة الوزنية تعتبر غير دقيقة بسبب الفروقات الصغيرة جدا بوزن الأغشية.

## Structural Measurements

## (7-3) القياسات التركيبية

من أجل التعرف على التركيب البلوري للأغشية الرقيقة المحضرة تضمنت القياسات التركيبية ما يأتي:

## X-Ray Diffraction

## (1-7-3) حيود الأشعة السينية

تم استخدام تقنية حيود الاشعة السينية للتعرف على طبيعة التركيب البلوري للأغشية الرقيقة المحضرة والتأكد من نوعها والمواد الداخلة في تحضيرها وتأثير التطعيم عليها. قبل وبعد تشييع الأغشية بأشعة كاما.

تمت قياسات (XRD) باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية الموجود في مختبرات كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم)- جامعة بغداد والمبين اوصافه ادناه:

Type	XRD-6000, Shimadzu Japanese origin
Target	Cu K $\alpha$ Line
Wavelength $\lambda$	1.54056 Å
Speed	5 deg/min
Voltage	40 kV
Current	30 mA

**Atomic Force Microscopy (AFM)****(2-7-3) مجهر القوة الذرية**

تم دراسة وتحليل سطوح الأغشية الرقيقة المحضرة باستخدام مجهر القوى الذرية (AFM) والموجود في مختبرات كلية العلوم جامعة بغداد وبمواصفات:

"(SPM-AA3000, contact mode, Angstrom Advanced Inc., USA,2008)"

**(3-7-3) المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال****Field Emission Scanning Electron Microscopy**

تم أخذ صور لسطوح جميع العينات وتحليلها وكذلك تم اخذ صور للمقطع العرضي (Cross Section) لقياس السمك اضافة الى تحليلات طاقة الطيف (EDS) لبيان النسب الكيميائية للمواد المكونة للغشاء. تم استخدام المجهر من نوع (MIRA3 TESCAN FE-SEM) في الجمهورية الايرانية.

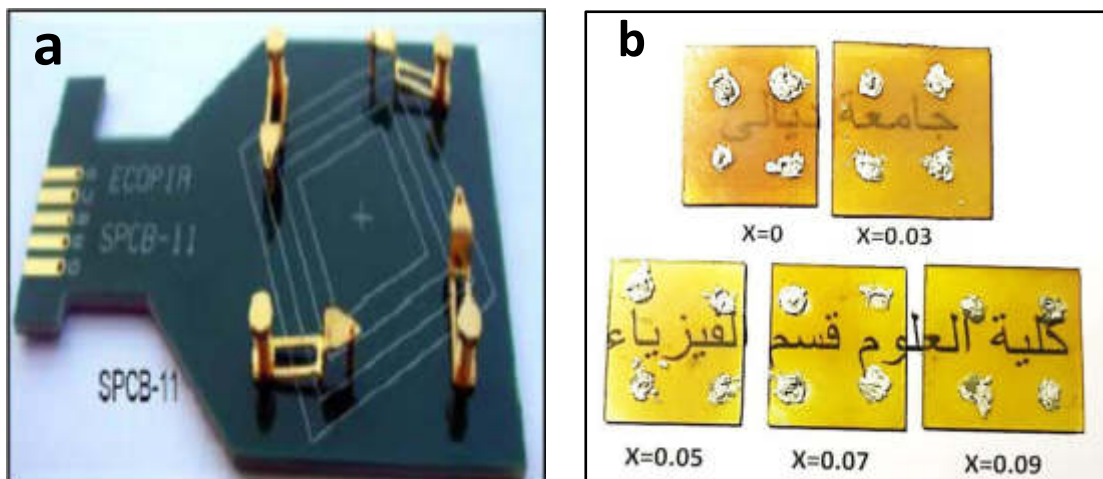
**Optical Measurements****(8-3) القياسات البصرية**

تم قياس طيفي الامتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance) باستعمال مطياف (UV-Visible1800 Spectrophotometer) ثنائي الحزمة والمجهز من قبل شركة (Shimadzu) اليابانية والموجود في مختبرات كلية العلوم جامعة ديالى قبل وبعد تشييع الأغشية بأشعة كاما ومن خلال طيف الامتصاصية وباستخدام المعادلات الرياضية تم إجراء القياسات البصرية لجميع أغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم (Zr) بمدى الاطوال الموجية (340-900nm).

**Hall Effect Measurement****(9-3) قياس تأثير هول**

تم إجراء قياسات تأثير هول باستخدام جهاز متطور من نوع (HM-S3000 VER3.5) والموجود في مختبرات قسم الطاقات المتجددة في وزارة العلوم والتكنولوجيا. الجهاز مربوط الى حاسوب مزود ببرنامج خاص يعرض أهم المعلومات للعينة تحت الاختبار عند درجة حرارة الغرفة، ومن هذه المعلومات نوع شبه الموصل وتركيز حاملات الشحنة وتحركيتها ومعامل هول والتوصيلية الكهربائية والمقاومية. وان اهم ما يميز هذا الجهاز هو شدة المجال المغناطيسي والأقطاب المصنوعة من الذهب وهي اقطاب ابرية تلامس اقطاب النموذج المرسبة مسبقاً من مادة الألمنيوم (Al) والتي يتطلب شكلها أن تكون عند زوايا النموذج الاربعة كما في الشكل (3-7a)، وبالتالي نحصل على جميع

المعلومات بمجرد وضع النموذج في مكانه المخصص وتحديد بعض الثوابت والبيانات قبل التشغيل. والشكل (7b-3) يبين العينات بعد ترسيب الأقطاب عليها من مادة الألمنيوم (Al) واستعمال عجينة الفضة (Silver Paste) للمساعدة في التوصيل.



الشكل (7-3): قاعدة النماذج التي توضع عليها العينات مع صورة للعينات المحضرة.

a-قاعدة النماذج، b-صورة العينات المحضرة.

### Irradiation by Gamma Ray

### (10-3) التشعيع بأشعة كاما

تم استعمال منظومة كاما (Gamma Chamber 900) والموجودة في جامعة بغداد -كلية العلوم- قسم الفيزياء في عملية تشعيع أغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم، والتي تحتوي على المصدر كوبلت-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) والمصنعة من قبل مركز بهابها للبحوث الذرية الهندية (Bhabha Atomic Research Centre)(BARC). تتكون المنظومة من اسطوانة توجد بداخلها حجرة صغيرة توضع فيها العينات المراد تعريضها للإشعاع، إذ تكون الأسطوانة قابلة للحركة الى الأعلى او الأسفل ميكانيكياً، فعند وضع العينات في حجرة الأسطوانة وانزالها سوف تستقر في حجرة المصدر (Source Cage) والتي تكون محاطة بثمانية اقلام من المصدر المشع منتظمة الشكل، ويحيط بهذه الأقلام من الخارج درع سميك من الألمنيوم لتجنب التعرض للإشعاع من قبل العاملين على المنظومة. ويوضح الشكل (8-3) منظومة كاما التي تم العمل عليها. حيث يطلق الكوبلت-60 أشعة كاما بطاقتين هما (1.332MeV) و (1.173MeV) ويجري تصحيح الفعالية بمرور الزمن، إذ إن زمن عمر النصف للكوبلت يساوي (5.27Year) وكان معدل جرعة الامتصاص في الوقت الذي



تم فيه التشعيع يساوي (18Gy/h)، وان معدل جرعة الامتصاص الكلية التي تم تعريض الأغشية لها (2650 Gy) خلال (147.22h).



الشكل (8-3): منظومة أشعة كاما ( $^{60}\text{Co}$ ).

# الفصل الرابع

## النتائج والمناقشة

## Introduction

## (1-4) المقدمة

تضمن الفصل نتائج القياسات التركيبية XRD والطوبوغرافية AFM والمورفولوجية FE-SEM والبصرية والكهربائية لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم ( $Cd_{1-x}Zr_xO$ ) وبنسب تطعيم حجمية مختلفة ( $x=0.03, 0.05, 0.07, \text{ and } 0.09$ ) والمحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش وعند درجة حرارة قاعدة ( $450^\circ C$ ) وكذلك تم دراسة نتائج تأثير التشعيع بأشعة كاما على الخصائص التركيبية (XRD) والبصرية والكهربائية للأغشية المحضرة.

## Structural Measurements

## (2-4) القياسات التركيبية

### X-Ray Diffraction (XRD)

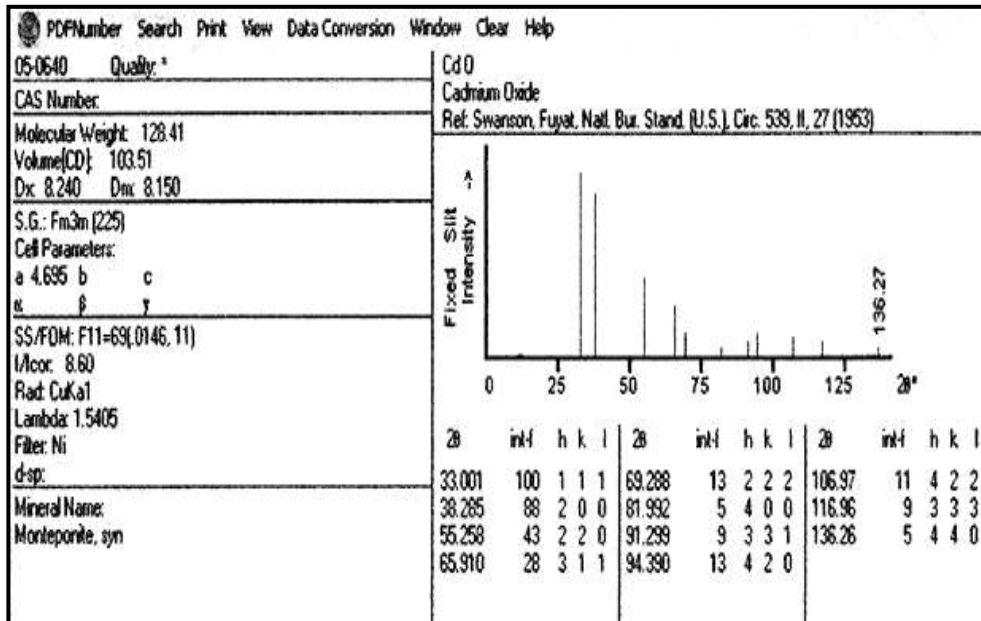
### (1-2-4) حيود الأشعة السينية

أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) للأغشية غير المطعمة (CdO) والمطعمة بالزركونيوم (Zr) إنها ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المكعب (Cubic) [43]، ويبين الشكل (2-4) منحنيات حيود الأشعة السينية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة قبل عملية التشعيع وتم تحليل هذه المنحنيات لمعرفة مواقع القمم إذ نلاحظ ظهور المستويات (111) و(200) و(220) و(311) وأن الاتجاه السائد للنمو (200) ولا يوجد تغيير للاتجاه السائد بزيادة نسبة التطعيم [27,37]، وأن هذه النتائج متفقة إلى حد كبير جداً مع البطاقة الدولية ذات الرقم التسلسلي (ICDD 05-0640) الموضحة في الشكل (1-4)، وقد تبين أن التطعيم بالزركونيوم يؤدي إلى نقصان في شدة القمم في نمط حيود الأشعة السينية بزيادة نسب التطعيم مقارنة بأغشية (CdO) غير المطعمة وأن النقصان في الشدة يصاحبه زيادة في عرض منتصف القمة (FWHM) كما موضح في الشكل (4-4) مع تناقص في قيمة حجم البلوريات، ويمكن تفسير النقص في شدة القمم بأن نصف القطر الأيوني (Ionic radius) لأيونات الزركونيوم الرباعية التكافؤ ( $Zr^{+4}$ ) هو ( $0.72\text{Å}$ ) يكون أصغر من نصف القطر الأيوني لأيونات الكاديوم ثنائية التكافؤ ( $Cd^{+2}$ ) والبالغ ( $0.95\text{Å}$ ) مما يرجح إلى إشغال أيونات الزركونيوم لفراغات الأوكسجين الموجودة في التركيب البلوري لأوكسيد الكاديوم أو قد تكون استبدالية لأيونات الكاديوم والتي تسببت في نقصان حجم البلوريات نتيجة التغير في نوع الاصرة المتكونة بين الذرات لمادة الغشاء والتي تؤدي إلى تناقص في شدة قمم الحيود [43,45,100,101]، وبهذا فإن نتائج (XRD) بصورة عامة تبين أن التركيب البلوري للأغشية جميعها تتأثر بعملية التطعيم مع الحفاظ على التركيب البلوري.

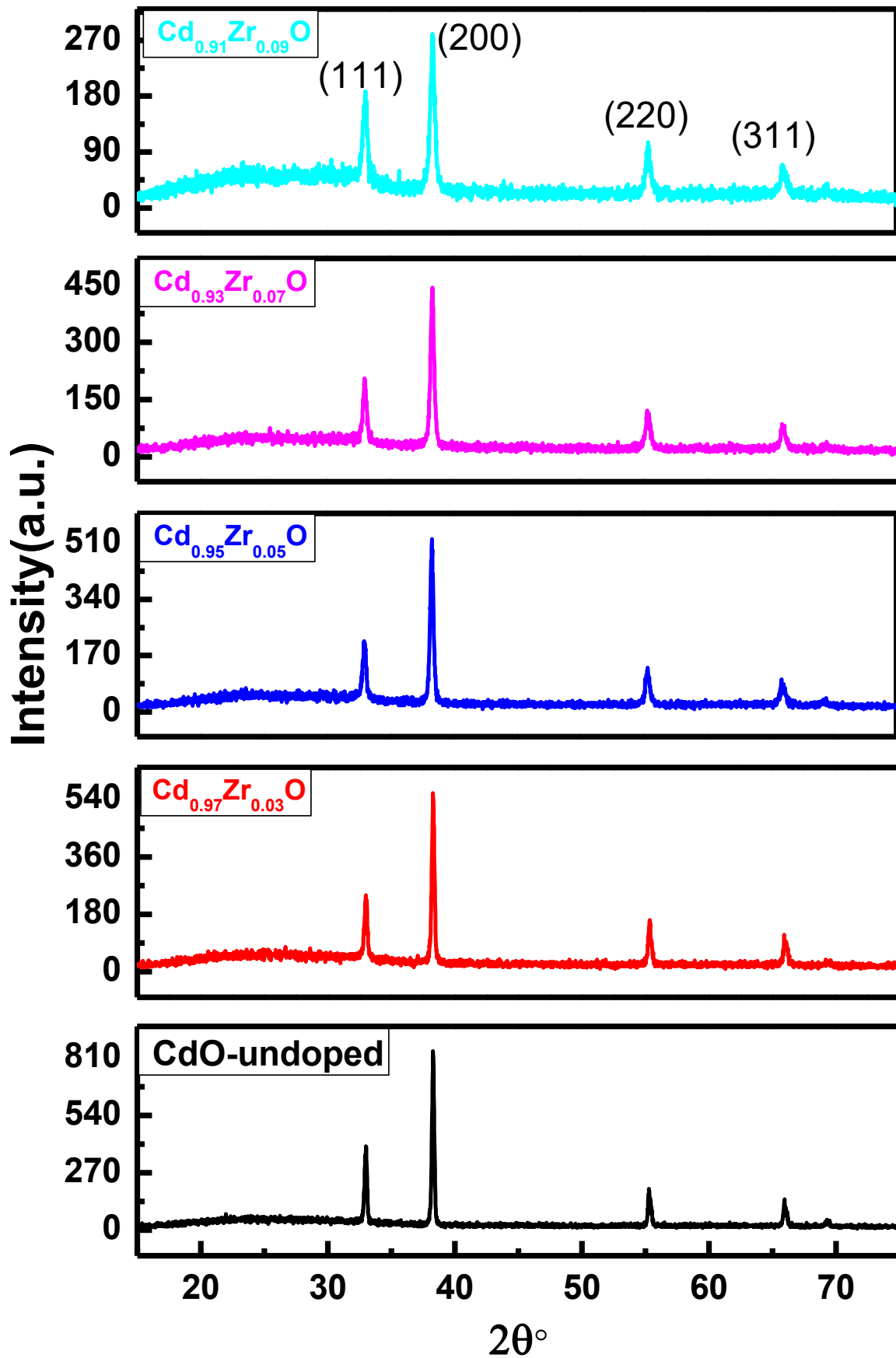
ومما يؤكد أيضاً وجود ذرات الزركونيوم في تركيب أغشية (CdO) هو زحف قمم الحيود باتجاه الزيادة في زوايا الحيود (بنسبة صغيرة جداً لا تتجاوز (0.038) عند نسب التطعيم العالية) [101,102]، وكما مبين في الشكل (4-4).

أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد تشعيها بأشعة كاما والمبينة في الشكل (4-3)، أنه لم يحدث تغيير في نوع التركيب والاتجاه السائد لجميع الأغشية، وإنما تسلك نفس سلوك الأغشية قبل التشعيع من ناحية نقصان الشدة ولكن عند مقارنة سلوك الأغشية قبل وبعد التشعيع نلاحظ هناك زيادة في شدة قمم الحيود لجميع الأغشية المحضرة مقارنة عما كانت عليه قبل التشعيع، أيضاً هناك زيادة في زحف قمم الحيود باستثناء غشاء أكسيد الكاديوم غير المطعم والموضحة في الشكل (4-5) والتي يمكن أن يكون سبب التغييرات الحاصلة هو تحسن في تبلور مادة الأغشية وزيادة حجم البلوريات نتيجة التشعيع لكافة الأغشية مقارنة مع قيمها قبل التشعيع، لأن التشعيع يؤدي إلى حدوث تغيرات في البنية التركيبية للأغشية [45,103].

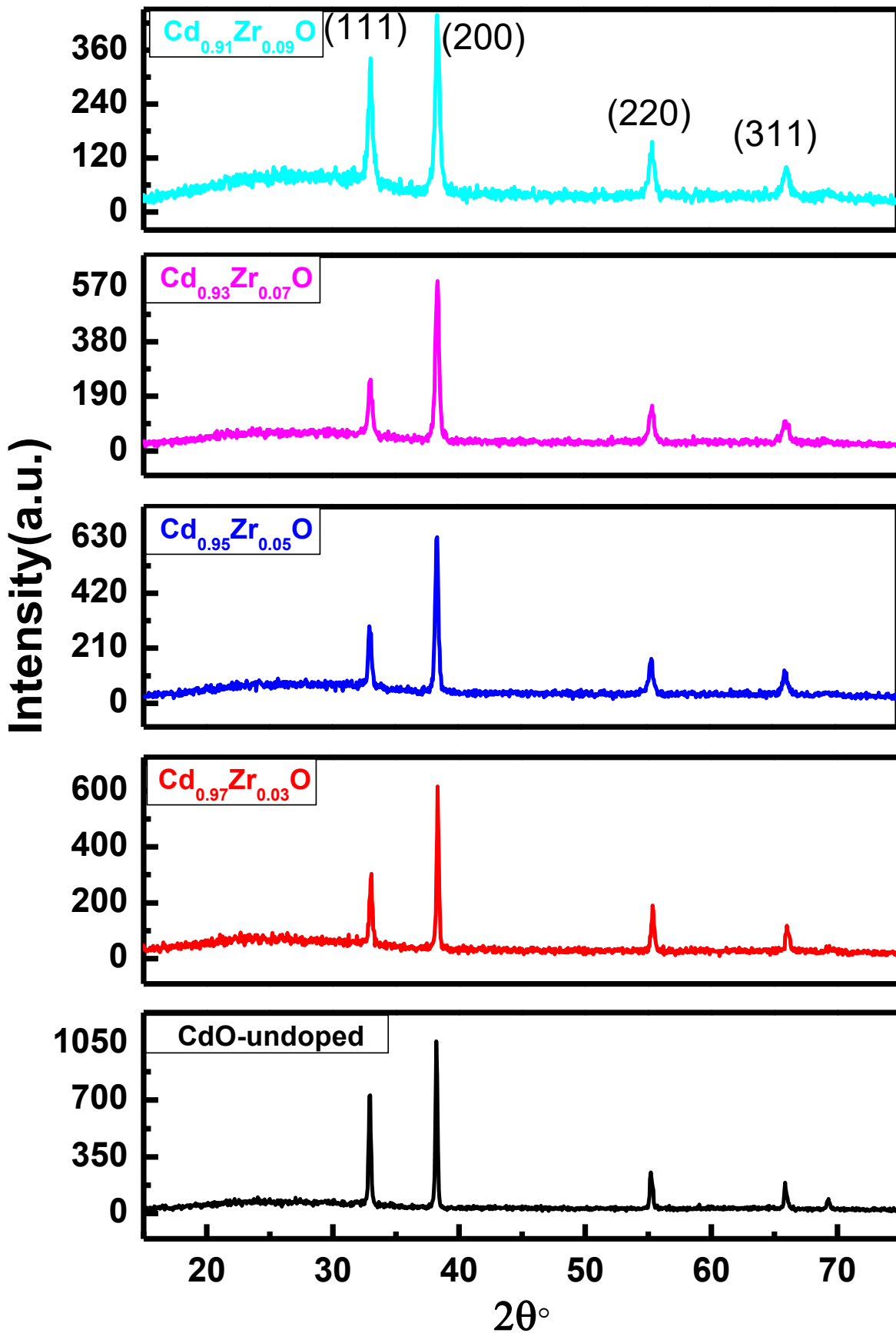
الشكل (4-6) يبين نمط حيود الأشعة السينية لغشاء ثنائي أكسيد الزركونيوم (الزركونيا) ( $ZrO_2$ )، وهو متفق تقريباً مع ما حصل عليه الباحث [104]. ومتفقة إلى حد كبير جداً مع البطاقة الدولية ذات الرقم التسلسلي (ICDD 049-1642).



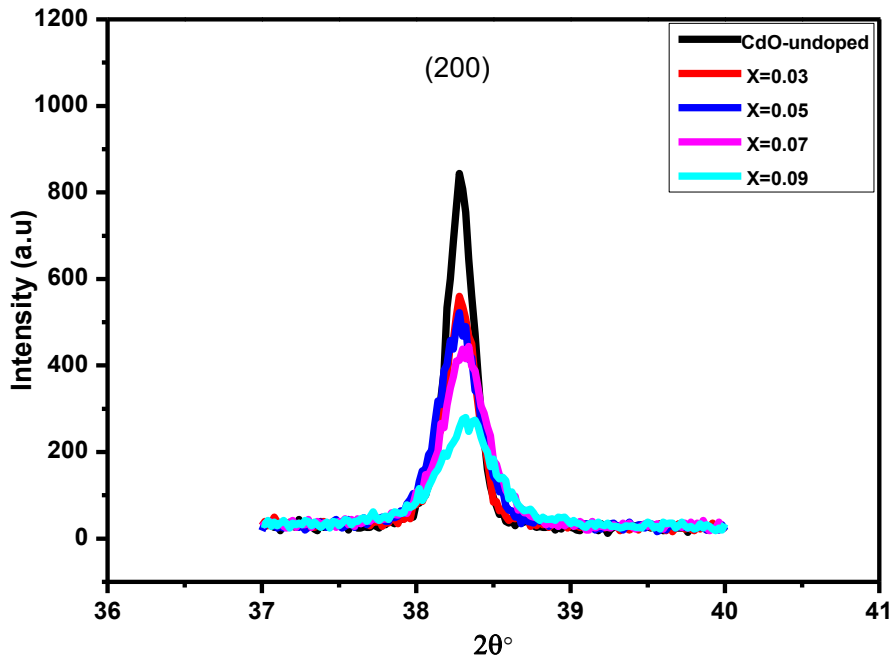
الشكل (4-1): البطاقة الدولية القياسية ذات الرقم التسلسلي (ICDD-05-0640).



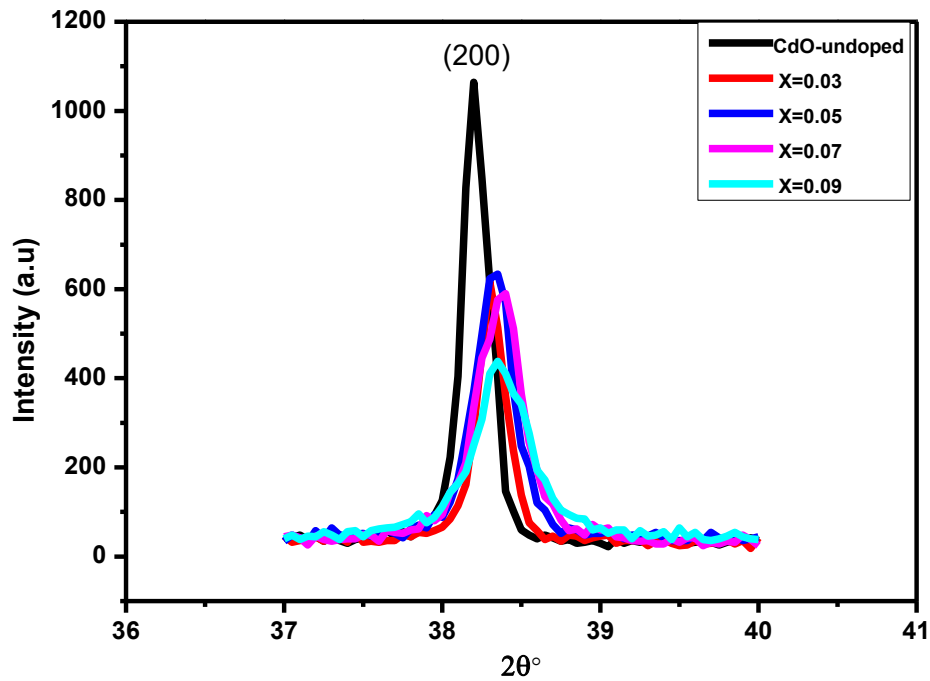
الشكل (2-4): حيود الاشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.



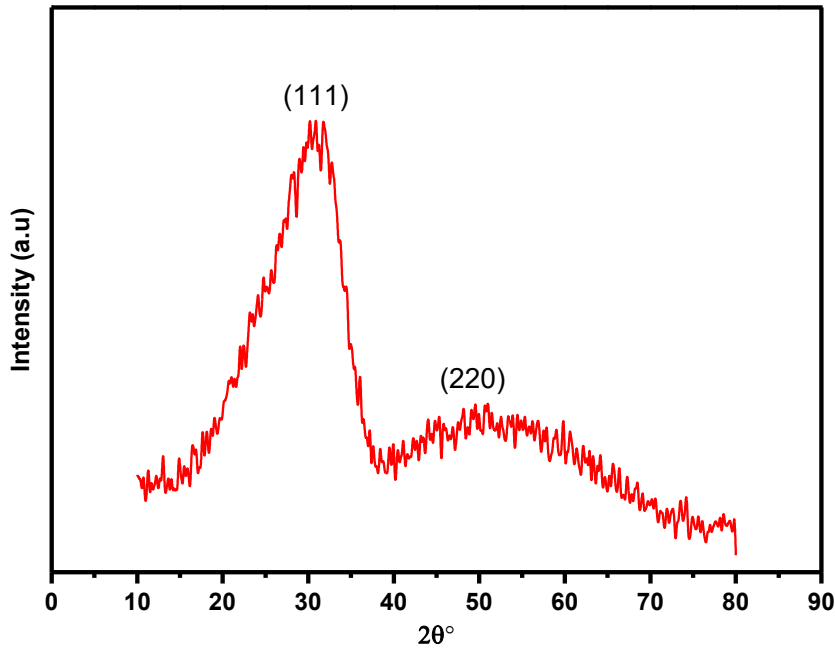
الشكل (3-4): حيود الاشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.



الشكل (4-4): حيود الاشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع للاتجاه الساند (200).



الشكل (5-4): حيود الاشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع للاتجاه الساند (200).



الشكل (4-6): حيود الاشعة السينية لأغشية ثنائي اوكسيد الزركونيوم ( $ZrO_2$ ).

تم حساب المعلمات التركيبية (Structural parameters) الاتية بالاعتماد على قياسات XRD:

### 1- المسافة بين المستويات البلورية

#### The distance between planes of crystal ( $d_{(hkl)}$ )

تم حساب المسافة البينية بين المستويات البلورية ( $d_{(hkl)}$ ) لجميع الأغشية المحضرة باستخدام قانون براك (Bragg Law) وفق العلاقة (2-1) قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما وكما موضح في الجدول (4-1) وانها تتفق الى حد كبير مع البطاقة القياسية المرقمة -05 ICDD (0640) لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO). وفي دراستنا الحالية ظهر الاتجاه السائد (200) وتم اعتماده لمعرفة مدى التغير الحاصل لخواص الأغشية عند التطعيم بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع. ومن خلال الجدول (4-2) نلاحظ أنّ هناك تغيراً طفيفاً جداً في قيم ( $d$ ) للأغشية المطعمة مقارنة مع الاغشية غير المطعمة، وهذا يؤكد أنّ التطعيم بالزركونيوم له أثر في التركيب البلوري للأغشية المحضرة. أما بعد التشعيع فنلاحظ من الجدول وجود تغير طفيف جداً في قيم ( $d$ ) مقارنة بقيمها قبل التشعيع.



جدول (1-4): قيم المسافات البلورية ومعاملات ميلر التي تم الحصول عليها من نتائج XRD قبل وبعد التشعيع.

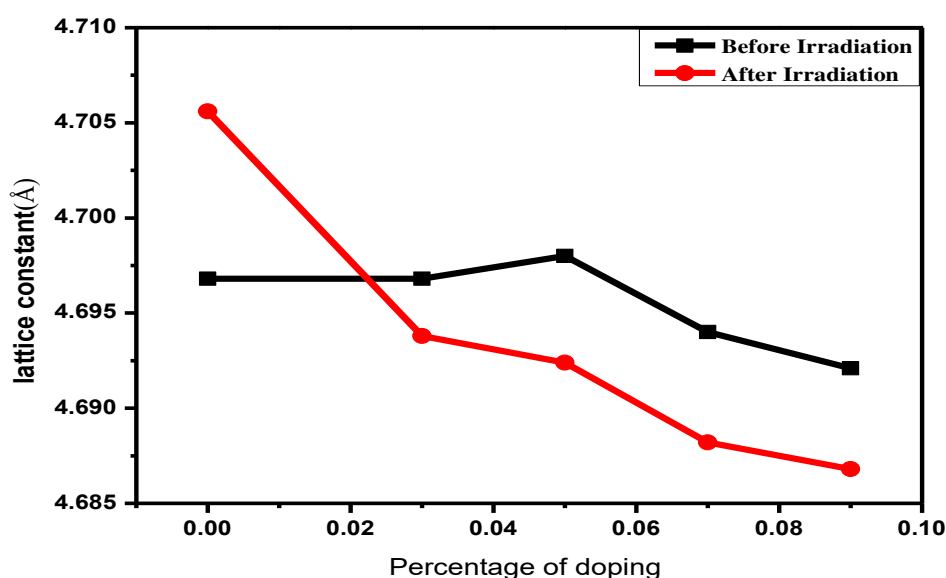
Sample	Before Irradiation		After Irradiation		Before and After Irradiation (hkl)
	2 $\theta$ °	d (Å)	2 $\theta$ °	d (Å)	
CdO-undoped	33.0007	2.7121	32.9424	2.7167	(111)
	38.2948	2.3484	38.2206	2.3528	(200)
	55.2977	1.6599	55.2227	1.6620	(220)
	65.9589	1.4151	65.8702	1.4168	(311)
Cd <sub>0.97</sub> Zr <sub>0.03</sub> O	33.0018	2.7120	33.0291	2.7098	(111)
	38.2953	2.3484	38.3207	2.3469	(200)
	55.3231	1.6592	55.3523	1.6584	(220)
	66.0044	1.4142	65.9889	1.4145	(311)
Cd <sub>0.95</sub> Zr <sub>0.05</sub> O	32.9601	2.7153	33.0209	2.7105	(111)
	38.2796	2.3493	38.3321	2.3462	(200)
	55.3028	1.6598	55.3630	1.6581	(220)
	65.9564	1.4151	66.0084	1.4141	(311)
Cd <sub>0.93</sub> Zr <sub>0.07</sub> O	32.9885	2.7131	33.0460	2.7085	(111)
	38.3151	2.3472	38.3678	2.3441	(200)
	55.3360	1.6588	55.4018	1.6570	(220)
	66.0057	1.4142	65.9724	1.4148	(311)
Cd <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O	33.0099	2.7113	33.0579	2.7075	(111)
	38.3350	2.3461	38.3802	2.3434	(200)
	55.3526	1.6584	55.4278	1.6563	(220)
	66.0090	1.4141	66.0990	1.4124	(311)

## Lattice constant ( $a_0$ )

## 2- ثابت الشبكة

تم حساب ثابت الشبكة ( $a_0$ ) من أنماط حيود الأشعة السينية حسب العلاقة (2-3) لجميع الأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما، وقد وجد أنّ قيم ( $a_0$ ) تتفق مع البطاقة الدولية لأغشية أكسيد الكاديوم ووجد أنّ قيمته تتغير بشكل قليل جدا بعد التطعيم بالزركونيوم (Zr) بنسب مختلفة وقد يكون السبب هو حدوث تقلص في الشبكة وأخلال في التركيب البلوري للمادة

نتيجة التطعيم بسبب دخول أيونات الزركونيوم بمواقع تعويضية أو استبدالية في بنية أوكسيد الكاديوم وإختلاف الاقطار الأيونية لهما وعدم تطابقهما [105,102]، وهذه النتائج تؤكد أنَّ التطعيم أثر في التركيب البلوري لأوكسيد الكاديوم وكما موضح في الجدول (4-2). أما بعد تشعيع الأغشية المحضرة فنلاحظ أنَّ هناك تناقصاً طفيفاً جداً في قيمة ثابت الشبكة لأغشية أوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم وزيادة قيمته لأغشية أوكسيد الكاديوم عما كانت عليه قبل التشعيع ويمكن أن يعزى السبب الى الزيادة الحاصلة في تبلور مادة الأغشية كما ذكرنا سابقاً، ومن الممكن أيضاً هو حدوث اضطراب في الشبكة البلورية نتيجة التشعيع [106,107]. والشكل (4-7) يبين علاقة ثابت الشبكة بنسب التطعيم قبل وبعد التشعيع.



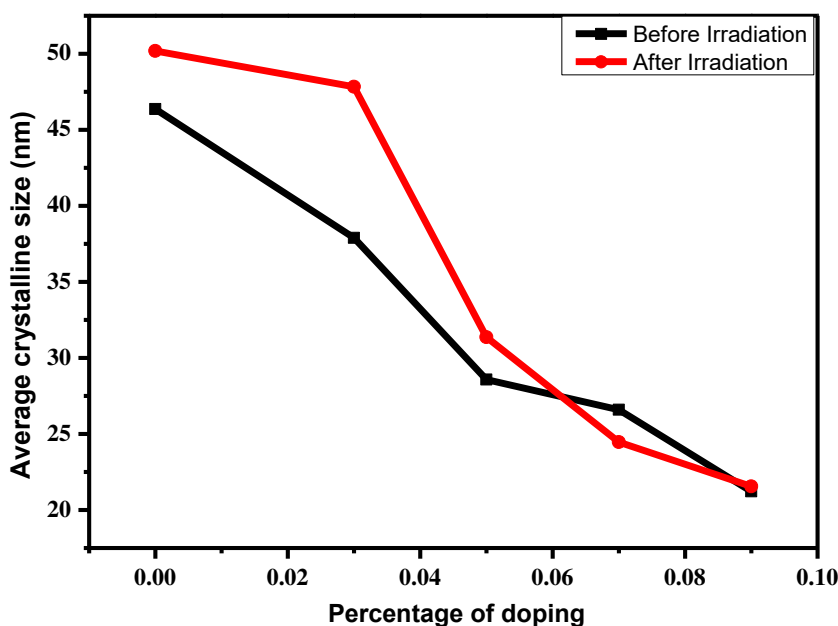
الشكل (4-7): ثابت الشبكة كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع.

### Average Crystallite size ( $D_{av}$ )

### 3- معدل حجم البلوريات

تم حساب معدل حجم البلوريات ( $D_{av}$ ) لجميع الأغشية المحضرة باستخدام علاقة شرر (Scherrer Formula) المرقمة (2-4) قبل وبعد التشعيع ولجميع قيم الحيود ومن ثم تم أخذ معدل حجم البلوريات ( $D_{av}$ ) للمستوي السائد للحسابات المتعلقة بحجم البلوريات. وقد وجد أنَّ قيمته قبل التشعيع لأغشية (CdO) غير المطعمة هي (46.354nm)، أما عند التطعيم بالزركونيوم فنلاحظ أنَّ قيمته تبدأ بالتناقص تدريجياً مع زيادة نسب التطعيم إذ تصل الى (21.221nm) عند نسبة التطعيم (0.09)، وكما مبين في الجدول (4-2) ويمكن أن يكون السبب والمذكور سابقاً أنَّ القطر الأيوني لعنصر الزركونيوم اصغر من القطر الأيوني لعنصر الكاديوم

مما يرجح الى دخول أيونات (Zr) في مواقع تعويضية أو استبدالية ضمن النسق البلوري لأوكسيد الكاديوم (CdO) مما يسبب نقصانا في قيم حجم البلوريات. أما بعد التشعيع فنلاحظ زيادة معدل حجم البلوريات لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة إذ تتراوح قيمته ضمن المدى (21.55-50.18nm) كما مبين بالجدول (3-4) وهذا يعني أنَّ التشعيع تسبب في زيادة تبلور الأغشية الرقيقة وبالتالي زيادة حجم البلوريات [106]. إنَّ زيادة حجم البلوريات هي دليل على تحسن تبلور الاغشية وجودتها [43,108]. والشكل (4-8) يبين العلاقة بين نسب التطعيم وحجم البلوريات قبل وبعد التشعيع.

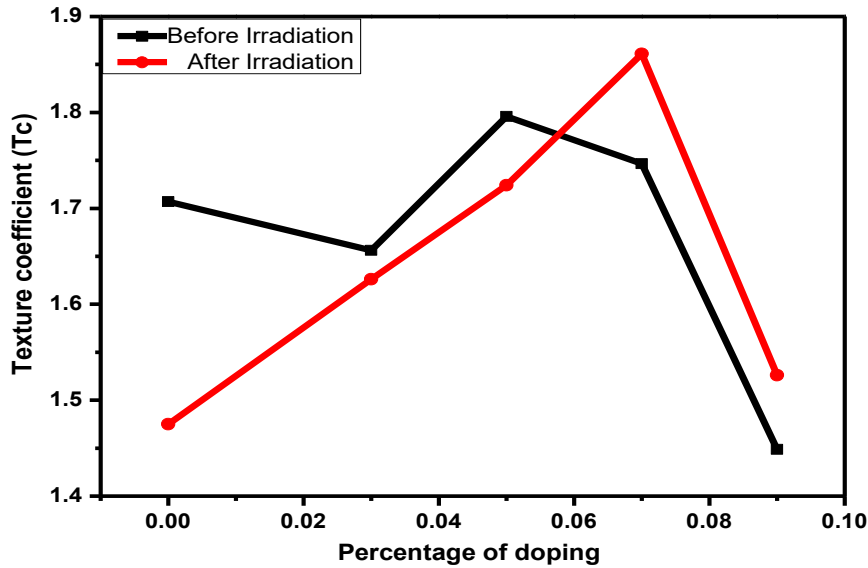


الشكل (4-8): حجم البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع.

#### Texture coefficient ( $T_c$ )

#### 4- عامل التشكيل

تم حساب ( $T_c$ ) للأغشية كافة باستخدام العلاقة (2-5) والتي تصف المستوي السائد (hkl) لنمو البلورة في الأغشية متعددة التبلور، والجدول (4-2) يبين قيم عامل التشكيل لجميع الأغشية المحضرة قبل التشعيع وقد تبين أنَّ قيمتها أكبر من واحد وهذا يعني أنَّ الاتجاه البلوري (200) هو الاتجاه السائد، وأنَّ هناك نقصان طفيف في قيمته مع زيادة نسبة التطعيم، ولا يوجد تغيير للاتجاه السائد مع زيادة نسب التطعيم لكافة الاغشية المحضرة. الجدول (4-3) يبين قيم عامل التشكيل بعد تشعيع الأغشية المحضرة إذ نلاحظ أنَّ قيمته أيضا اكبر من واحد ولم يحصل تغير في الاتجاه السائد لنمو الأغشية. الشكل (4-9) يبين علاقة عامل التشكيل مع نسب التطعيم قبل وبعد التشعيع.



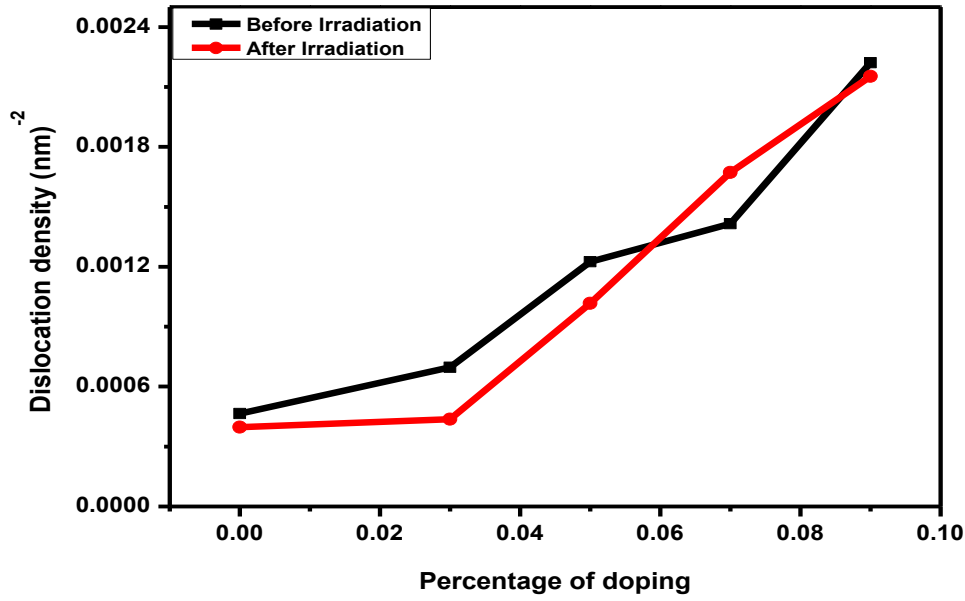
الشكل (4-9): عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع.

## 5- كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة

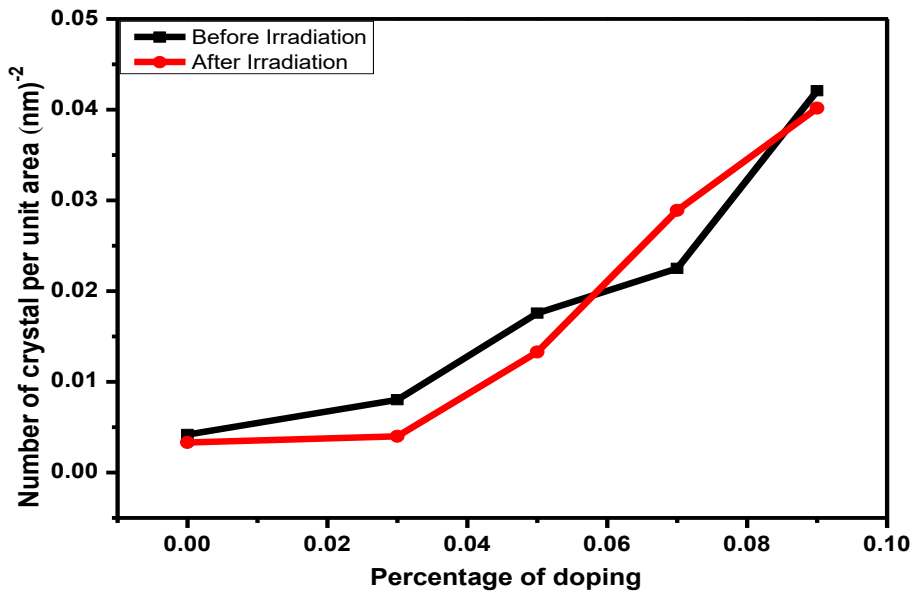
### Dislocation density ( $\delta$ ) and Number of crystals per unit area ( $N_0$ )

تم حساب كثافة الانخلاعات ( $\delta$ ) وعدد البلوريات لوحدة المساحة ( $N_0$ ) للأغشية كافة باستخدام العلاقتين (2-6) و (2-7) على التوالي قبل وبعد التشعيع. يوضح الجدول (4-2). قيم ( $\delta$ ) و ( $N_0$ ) قبل التشعيع أذ تزداد قيمتهما مع زيادة نسب التطعيم بالزركونيوم كما موضح في الشكلين (4-10)، (4-11) بسبب تناقص حجم البلوريات مع زيادة نسب التطعيم لأن كثافة الانخلاعات تتناسب عكسياً مع مربع معدل حجم البلوريات حسب العلاقة (2-6) وكذلك زيادة عدد البلوريات سببه نقصان حجم البلوريات لأنه يتناسب عكسياً مع مكعب حجم البلوريات حسب العلاقة (2-7) وأن زيادة كثافة الانخلاعات تعني زيادة العيوب البلورية نتيجة التطعيم.

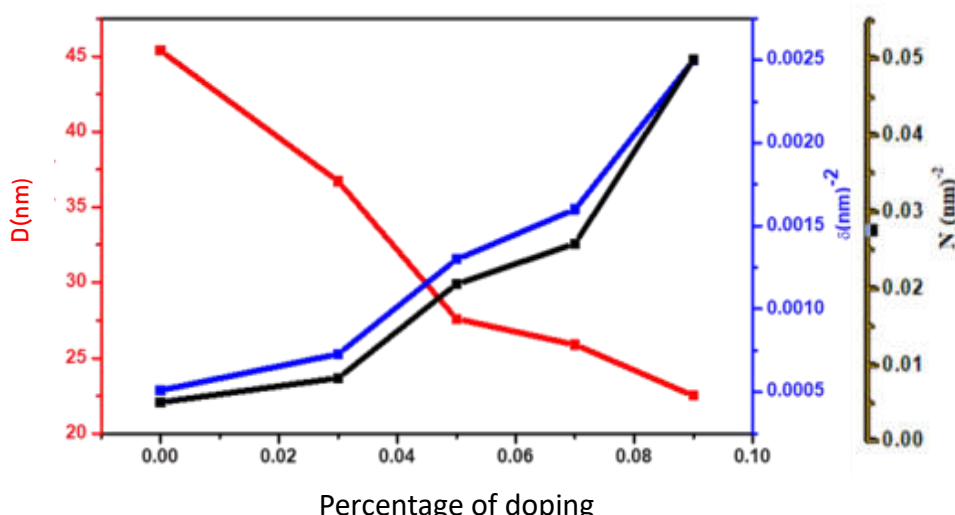
أما بعد تشعيع الأغشية فان سلوك الأغشية بعد التشعيع يشبه سلوكها قبل التشعيع من حيث الزيادة في عدد البلوريات وكثافة الانخلاعات، لكن عند مقارنة القيم قبل وبعد التشعيع نلاحظ تناقص قيمة كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات مقارنة مع قيمها قبل التشعيع لجميع الأغشية المحضرة بسبب الزيادة الحاصلة في حجم البلوريات نتيجة التشعيع، وكما مبين في الجدول (4-3) وهذه النتائج تدل على تحسن في نمو وتبلور الأغشية نتيجة التشعيع بأشعة كما لأن التشعيع قد يؤدي الى زيادة العيوب أو تقليلها [106]. والشكل (4-12) يوضح علاقة حجم البلوريات مع كثافة الانخلاعات وحجم البلوريات كدالة لنسب التطعيم.



الشكل (10-4): كثافة الانخلاع كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع.



الشكل (11-4): عدد البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع.



الشكل (4-12): معدل حجم البلوريات وكثافة الانخلاع وعدد البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.

الجدول (4-2): المعلمات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) قبل التشعيع.

Sample	2θ(deg)	FWHM	D <sub>av</sub> (nm)	D <sub>av(200)</sub> (nm)	a <sub>o</sub> (Å)	δ (nm) <sup>-2</sup>	N <sub>o</sub> (nm) <sup>-2</sup>	T <sub>c</sub>
CdO-undoped	33.0007	0.2117	39.155	46.354	4.6968	0.00046	0.0042	1.707
	38.2948	0.1815	46.354					
	55.2977	0.1861	48.215					
	65.9589	0.1981	47.832					
Cd <sub>0.97</sub> Zr <sub>0.03</sub> O	33.0018	0.2511	33.011	37.897	4.6968	0.00069	0.0080	1.656
	38.2953	0.2220	37.897					
	55.3231	0.2108	42.571					
	66.0044	0.2840	33.373					
Cd <sub>0.95</sub> Zr <sub>0.05</sub> O	32.9601	0.3054	27.139	28.576	4.6980	0.0012	0.0175	1.795
	38.2796	0.2944	28.576					
	55.3028	0.3423	26.214					
	65.9564	0.3320	28.540					
Cd <sub>0.93</sub> Zr <sub>0.07</sub> O	32.9885	0.3328	24.906	26.584	4.6940	0.0014	0.0225	1.746
	38.3151	0.3165	26.584					
	55.3360	0.3800	23.617					
	66.0057	0.3333	28.437					
Cd <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O	33.0099	0.4200	19.736	21.221	4.6921	0.0022	0.042	1.448
	38.335	0.3965	21.221					
	55.3526	0.413 3	21.719					
	66.0090	0.3467	27.338					

الجدول (3-4): المعلمات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) بعد التشعيع.

Sample	2θ(deg)	FWHM	D <sub>av</sub> (nm)	D <sub>av(200)</sub> (nm)	a <sub>o</sub> (Å)	δ (nm) <sup>-2</sup>	N <sub>o</sub> (nm) <sup>-2</sup>	T <sub>c</sub>
CdO-undoped	32.9424	0.1872	44.272	50.187	4.7056	0.00040	0.0033	1.475
	38.2206	0.1676	50.187					
	55.2227	0.1760	50.964					
	65.8702	0.1795	52.761					
Cd <sub>0.97</sub> Zr <sub>0.03</sub> O	33.0291	0.2404	34.482	47.833	4.6938	0.00044	0.0039	1.626
	38.3207	0.1759	47.833					
	55.3523	0.2255	39.801					
	65.9889	0.2461	38.509					
Cd <sub>0.95</sub> Zr <sub>0.05</sub> O	33.0209	0.3200	25.904	31.361	4.6924	0.0011	0.0132	1.724
	38.3321	0.2683	31.361					
	55.3630	0.2741	32.745					
	66.0084	0.3221	29.426					
Cd <sub>0.93</sub> Zr <sub>0.07</sub> O	33.0460	0.3717	22.303	24.469	4.6882	0.0016	0.0289	1.861
	38.3678	0.3439	24.469					
	55.4018	0.4031	22.270					
	65.9724	0.4142	22.878					
Cd <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O	33.0579	0.3923	21.132	21.550	4.6868	0.0022	0.0401	1.526
	38.3802	0.3905	21.550					
	55.4278	0.3826	23.466					
	66.0990	0.3724	25.464					

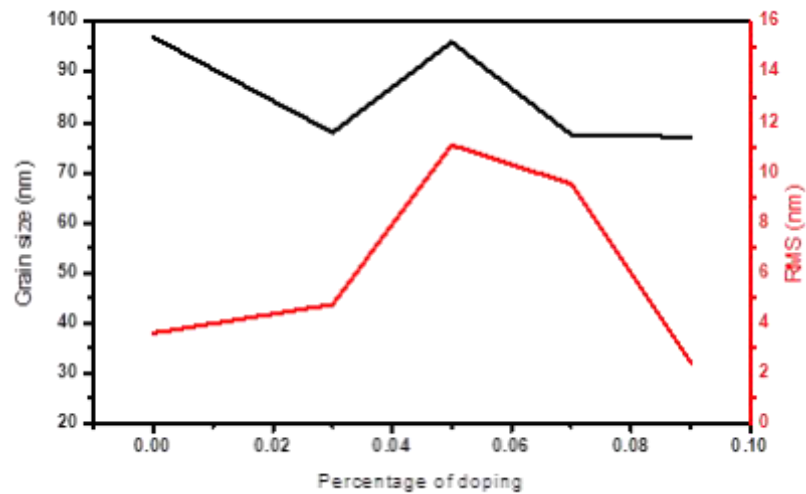
## Atomic Force Microscopy (AFM) مجهر القوة الذرية (2-2-4)

تم أستعمال مجهر القوة الذرية (AFM) ذي القدرة العالية على تصوير وتحليل هذه السطوح عند مقياس المسح بالابعاد  $\{2 \times 2 (\mu\text{m})^2\}$  لدراسة تضاريس (Topography) الأغشية المحضرة ومدى تأثير نسبة التطعيم عليها عند الظروف العملية المتبعة نفسها وعند درجة حرارة الترسيب ( $450^\circ\text{C}$ ). يوضح الجدول (4-4) قيم خشونة السطح (Surface Roughness) وقيم الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS) للأغشية المحضرة وقيم معدل الحجم الحبيبي (Grain Size) إذ نلاحظ تأثير زيادة نسبة التطعيم على طوبوغرافية السطح إذ تزداد قيمة كل من خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة عند التطعيم بالنسب (0.03) و(0.05) ثم تبدأ بالنقصان عند زيادة نسب التطعيم، مع نقصان في قيم الحجم الحبيبي الذي يكون ضمن مدى القياس النانوي وكما موضح في الشكل (4-13). تتخذ الاشكال الحبيبية للأغشية جميعها اشكال غير منتظمة كما توضحها الصور ثنائية وثلاثية الابعاد (2D, 3D) في الشكل (4-14)، وكذلك لوحظ أنّ توزيع الحبيبات على سطوح الاغشية كان بشكل عام شبه منتظم وأنّ تركيز الحبيبات البلورية يزداد مع زيادة نسب التطعيم إذ تبدو سطوح الأغشية بصورة اكثر امتلاءً يرافقها انخفاض مستوى الفراغات بين الحبيبات. وهذه النتائج تتفق مع قياسات حيود الاشعة السينية (XRD) من حيث صغر قيم حجم البلوريات المقاسة مع العلم أنّ (AFM) له القدرة على مسح وتحليل الحبيبات ذات احجام أكبر مما يتم رصده في (XRD)، ايضا هناك نقصان في قيم الحجم الحبيبي مع زيادة التطعيم، كذلك نلاحظ من مخطط تركيز التراكم الحبيبي في الشكل (4-15) ان قيم الحجم الحبيبي هي ضمن مدى القياس النانوي مع زحف قمم التراكيز النانوية نحو الاحجام الحبيبية الصغيرة. يعدّ معدل الخشونة هو مقياس لجودة السطح، إذ تدل قيم الخشونة المقاسة على نعومة السطح وصغر حجم الحبيبات ( تتناسب طرديا مع بعضهما) وتكون أعلى قيمة لمعدل الخشونة هي (11.1nm) عند نسبة التطعيم ( $x=0.05$ ). صور (AFM) التي تم الحصول عليها تتفق تقريبا مع ما توصل اليه الباحث [43].

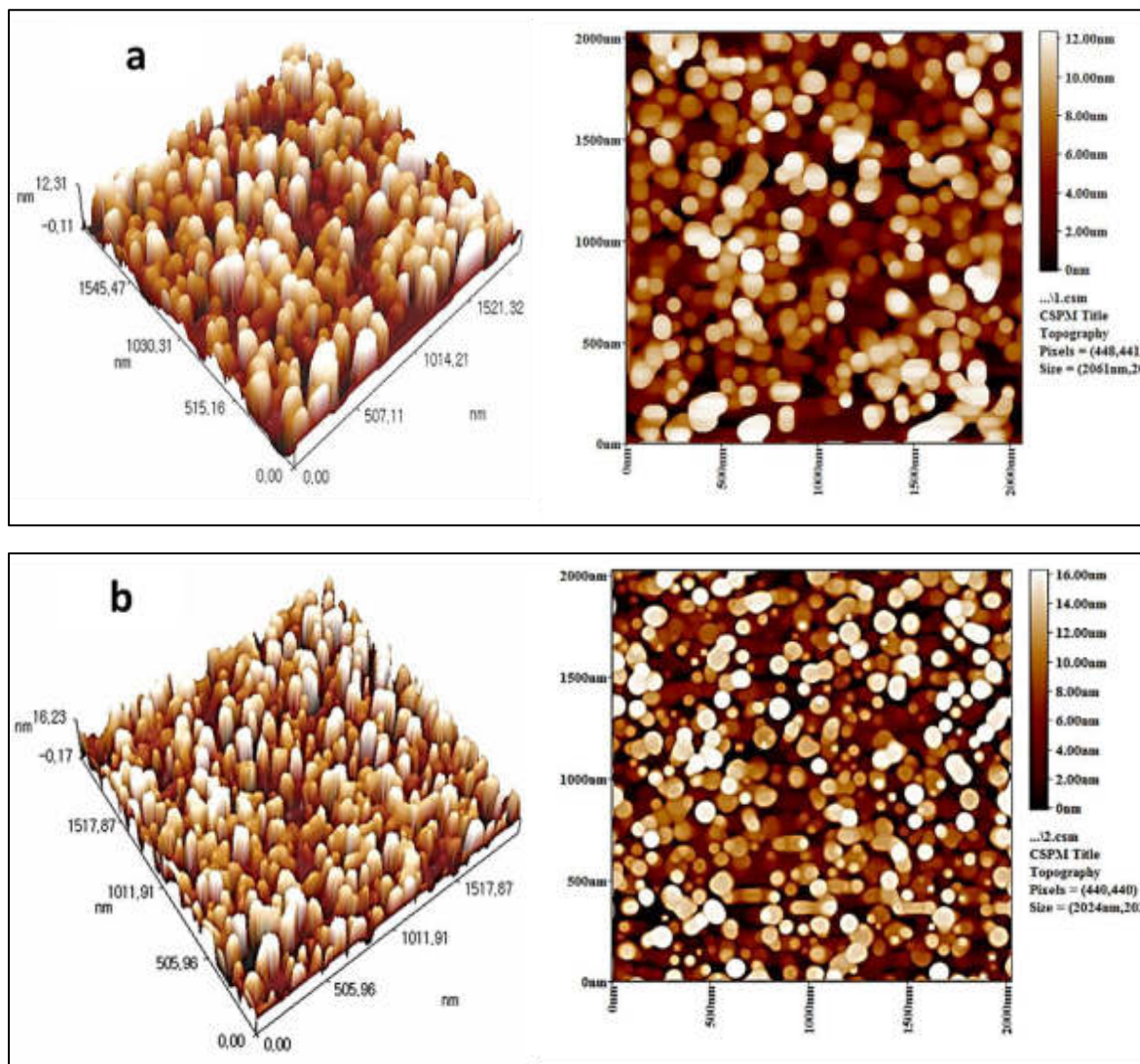
الجدول (4-4): قيم خشونة السطح والحجم الحبيبي وقيم الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة.

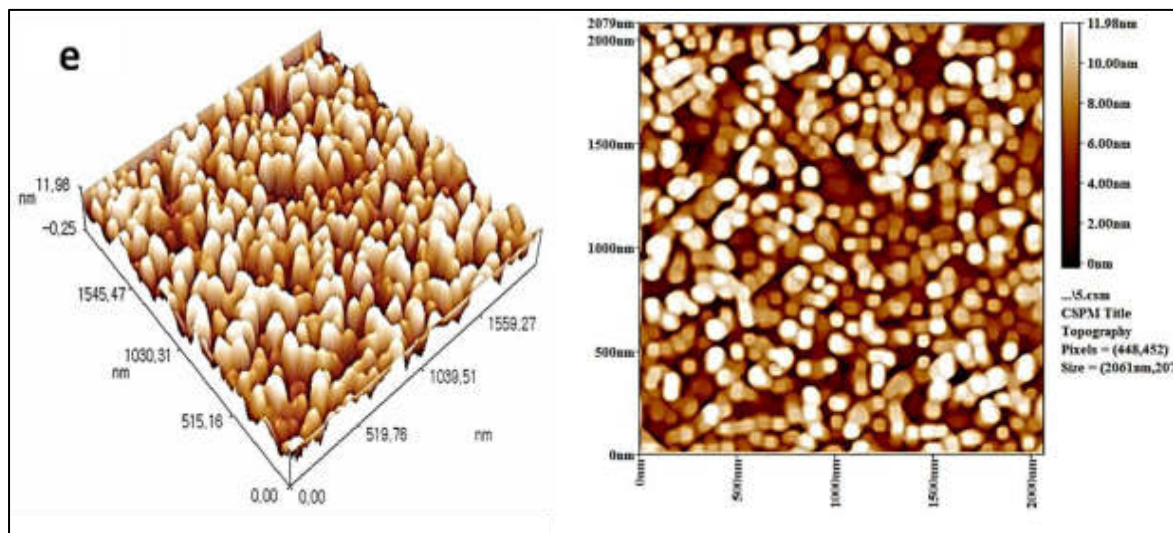
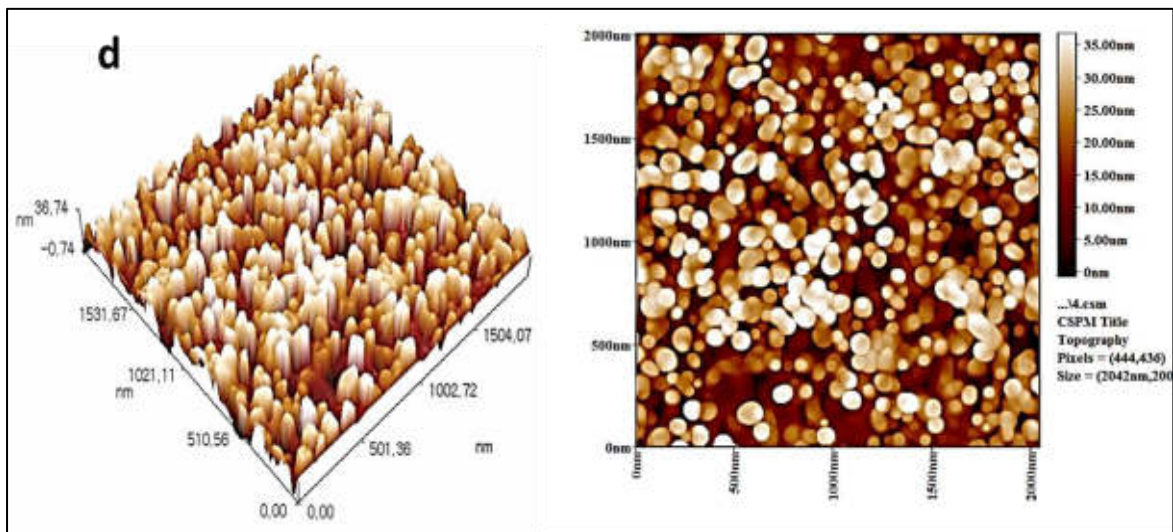
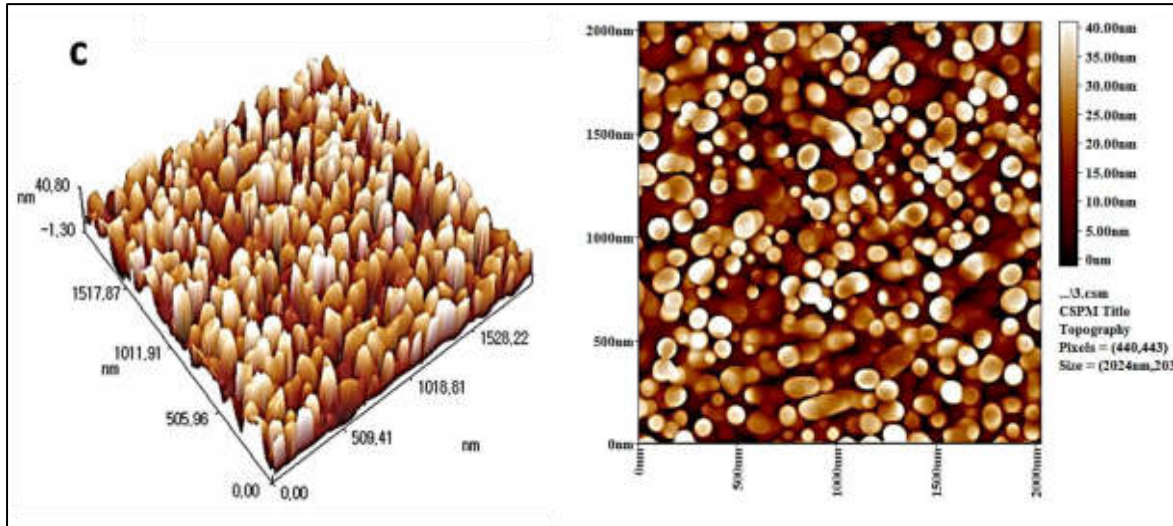
Sample	surface roughness(nm)	RMS(nm)	Average Grain size (nm)
CdO- undoped	3.10	3.59	97
Cd <sub>0.97</sub> Zr <sub>0.03</sub> O	4.10	4.73	78
Cd <sub>0.95</sub> Zr <sub>0.05</sub> O	9.35	11.1	96
Cd <sub>0.93</sub> Zr <sub>0.07</sub> O	8.11	9.55	77.58
Cd <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O	2.45	2.39	77.08





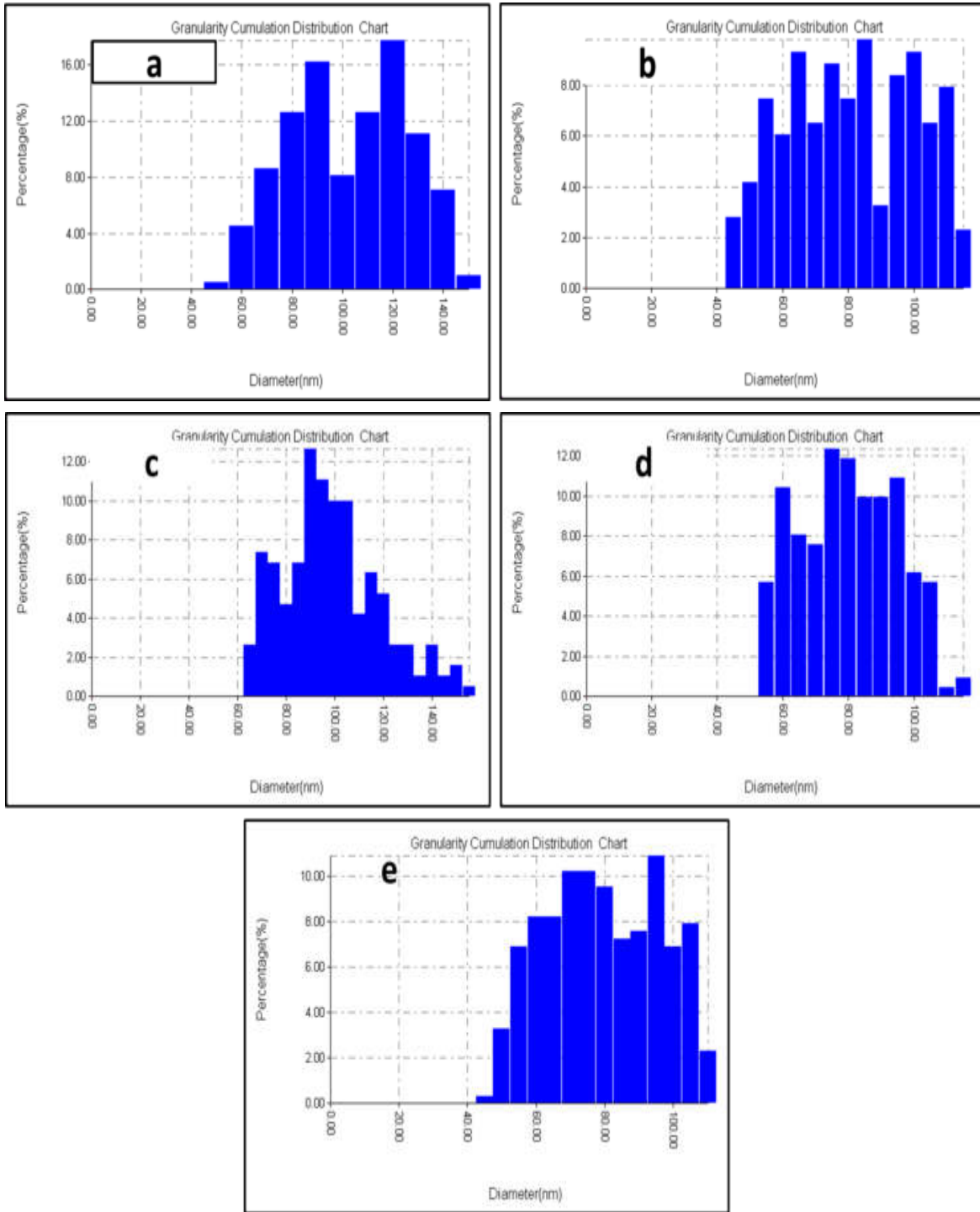
الشكل (4-13): العلاقة بين معدل الحجم الحبيبي ومعدل متوسط الخشونة RMS كدالة لنسب التطعيم.





الشكل (4-14): صور (AFM) ثلاثية وثنائية الأبعاد لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم.

(a)undoped, (b) X=0.03, (c) X=0.05, (d) X=0.07,(e) X=0.09.



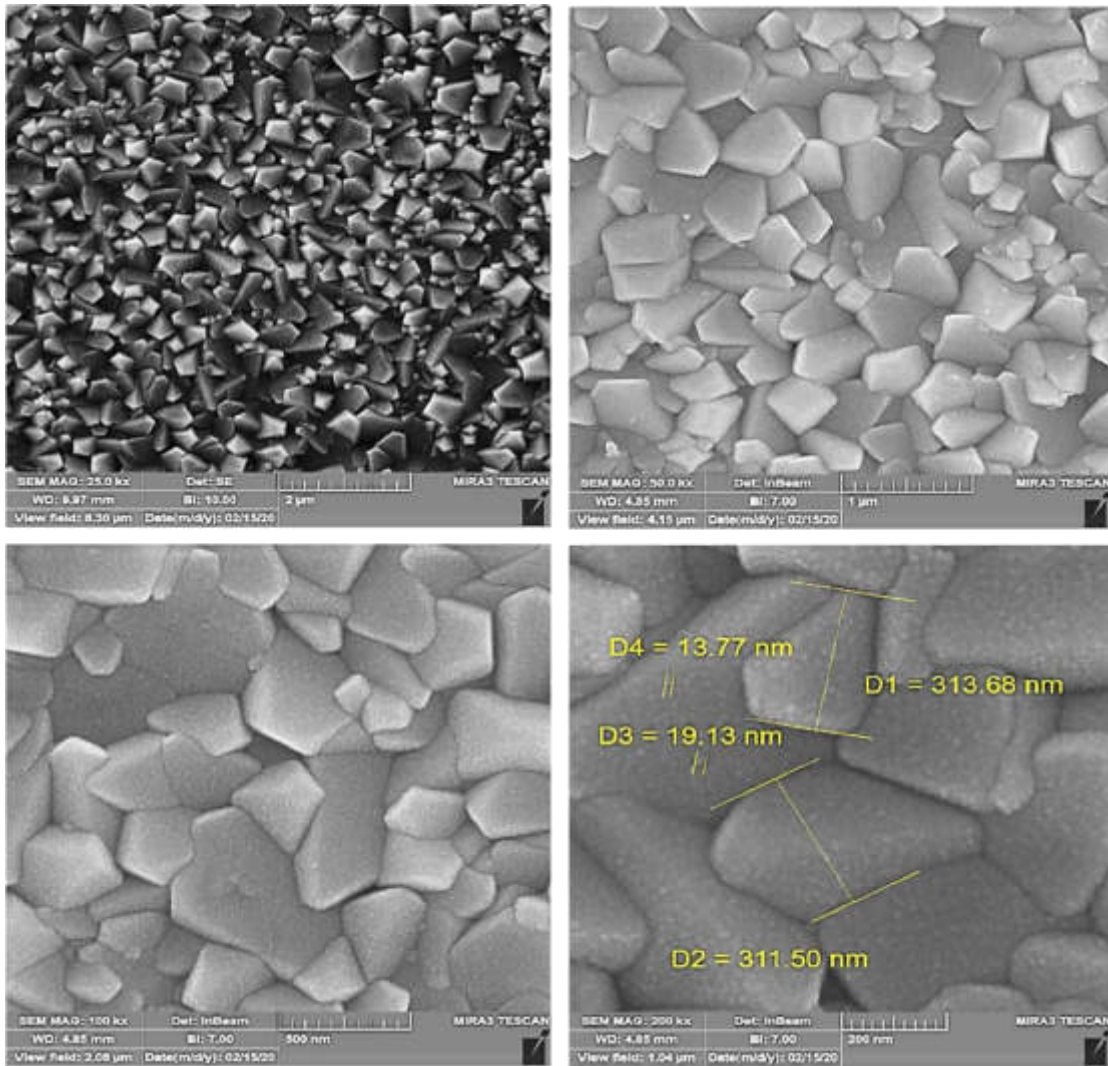
الشكل (4-15): مخطط توزيع وتراكيز حجم الحبيبات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم.  
 (a)undoped, (b) X=0.03, (c) X=0.05, (d) X=0.07,(e) X=0.09.

## (3-2-4) المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال

**Field Emission Scanning Electron Microscopy ( FE-SEM)**

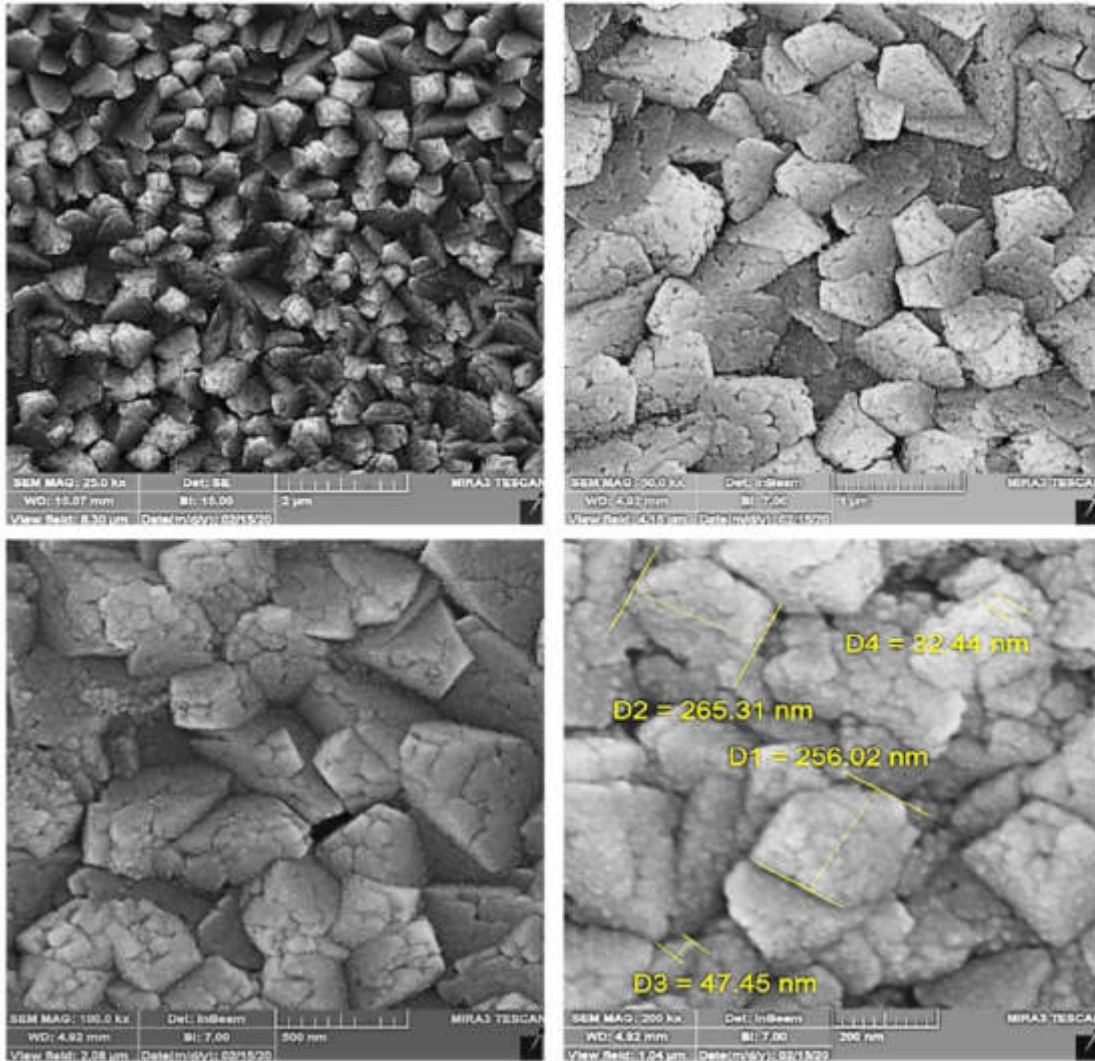
تم دراسة نمو وتشكل (Morphology) السطح للأغشية الرقيقة (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم والمرسبة على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (450°C) بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش باستخدام جهاز ( FE-SEM ) ذات قدرة التكبير العالية على تصوير تركيب سطح المواد بدقة عالية جداً للأغشية المحضرة. جميع الصور المبينة في الشكل (4-16) هي ضمن مدى القياس (200 nm, 500 nm, 1 µm, 2 µm) على التوالي.

تبين الصور الواضحة في الشكل (4-16a) النمو الجيد لأغشية (CdO) غير المطعمة واتخاذ الحبيبات تقريبا اشكالا متشابهة تشبه الاحجار الصغيرة ومعبأة بشكل جيد مع اختلاف في الاحجام الحبيبية، مع تشكل الهياكل الحبيبية (Agglomeration of Grains) على سطوح الأغشية التي تتخذ اشكال متشابهة تقريبا



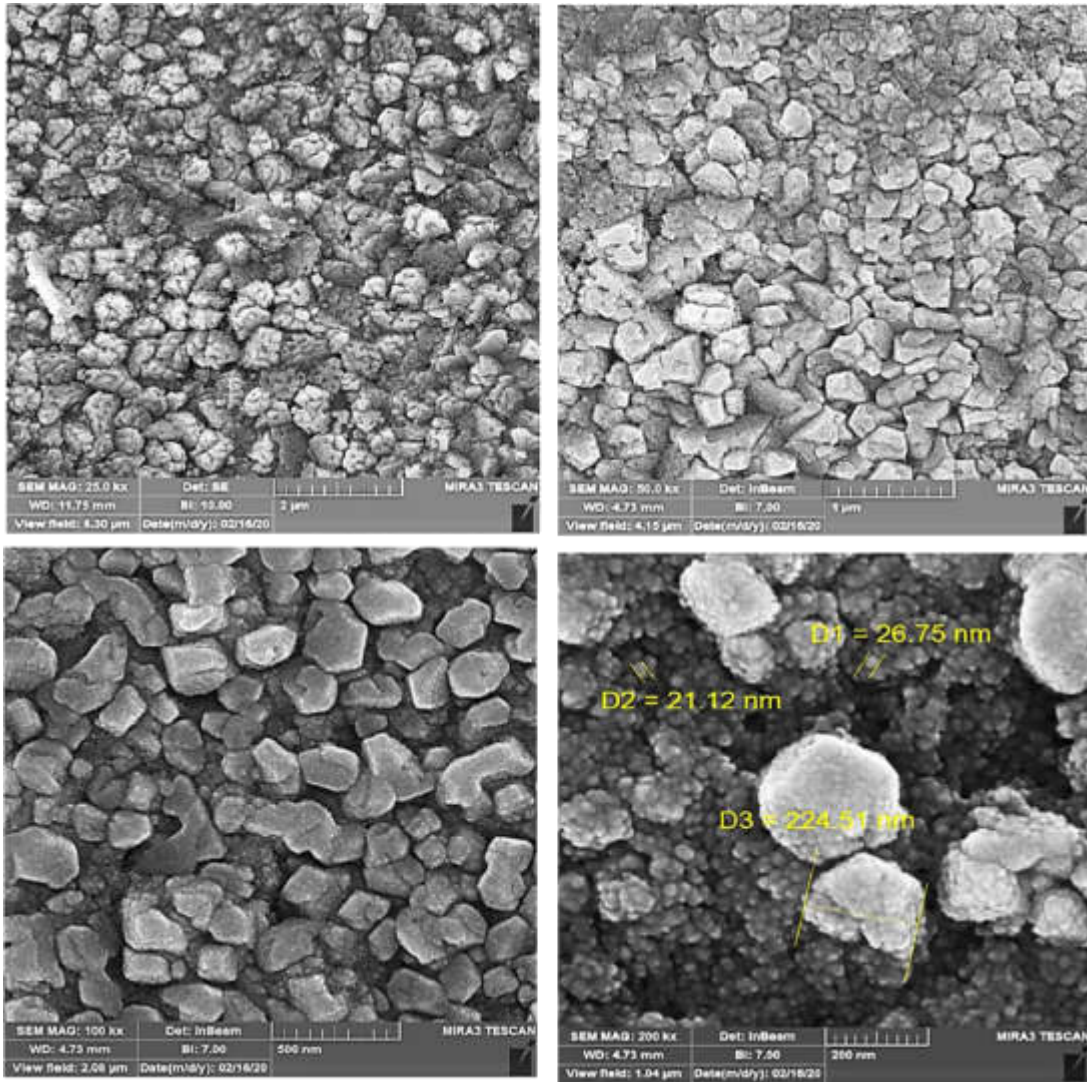
الشكل (4-16a): صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة.

اما الصور في الشكل (16b-4) تبين أغشية (CdO) المطعمة بالزركونيوم بنسبة تطعيم (0.03) أذ أن تأثير التطعيم يبدو واضحا للأغشية بحيث كانت الأشكال مشابهة بصورة كبيرة للأغشية غير المطعمة مع الفرق الواضح بظهور حدود الحبيبات في الهياكل الحبيبية يصاحبها نقصان واضح في الحجم الحبيبي نتيجة التطعيم بالزركونيوم. ويمكن ان يكون سبب ظهور الحدود هو تناقص حجم البلوريات كما اكدت ذلك قياسات (XRD).



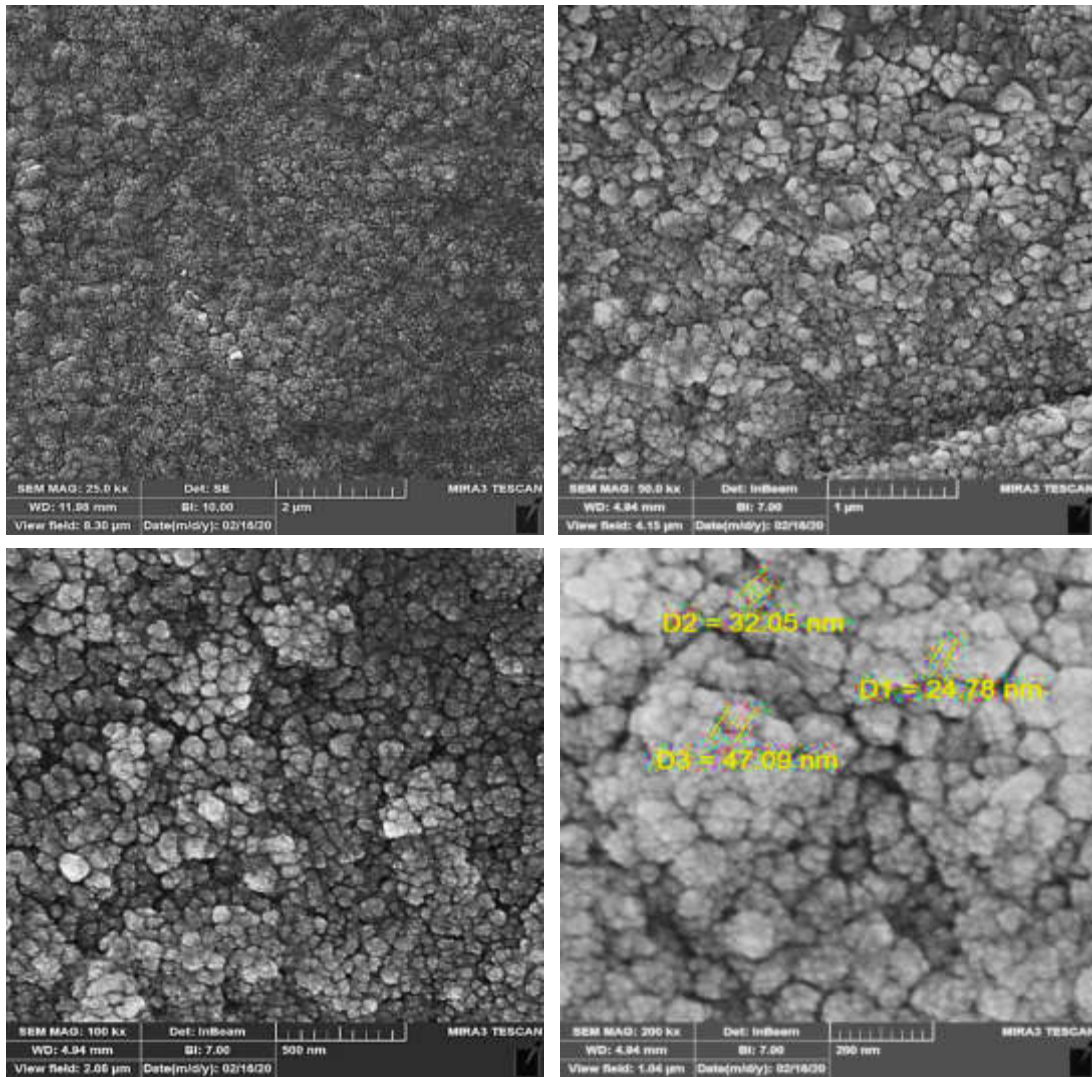
الشكل (16b-4): صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.03).

اما الشكل (16c-4) يبين التأثير الواضح لزيادة نسبة التطعيم لأغشية (CdO) المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.05) والتغير التدريجي والوضوح في شكل الحبيبات البلورية واتخاذها اشكال شبه كروية وكذلك نقصان الحجم الحبيبي عما كانت عليه في نسب التطعيم السابقة، وظهور بعض التكتلات في سطوح الأغشية.



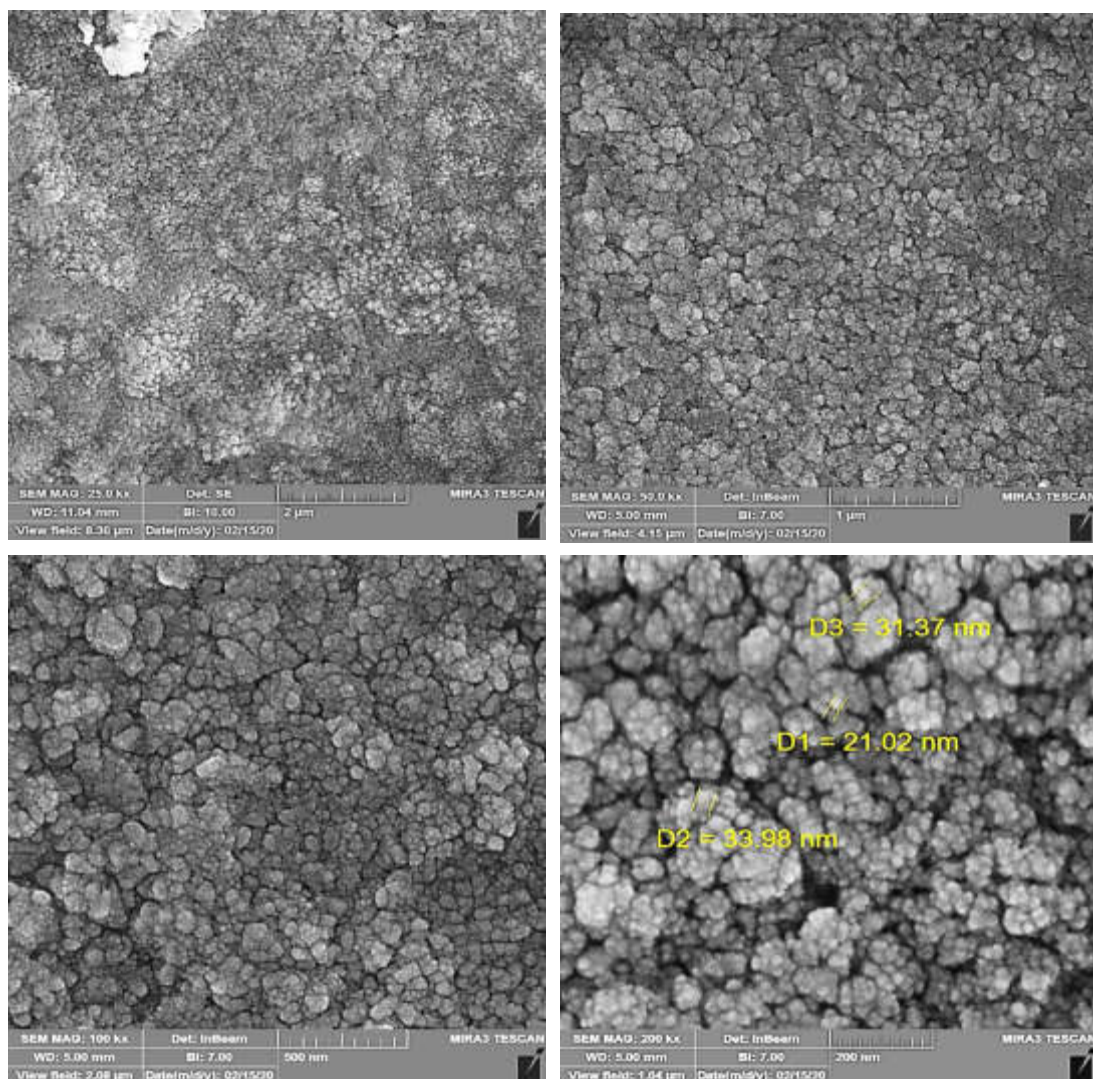
الشكل (16c-4): صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.05).

ومن الشكلين (16d-4) و (16e-4) تبين الصور التأثير الواضح للتطعيم بالزركونيوم عند النسب (0.07 and 0.09) على التوالي إذ نلاحظ نقصان الحجم الحبيبي وظهور الحبيبات بشكل أكثر تجانساً واختفاء التكتلات البلورية تقريباً واتخاذ الحبيبات البلورية اشكالا حبيبية كروية تقريباً متجمعة مع بعضها لتكون شكلاً يشبه (Cauliflower) وكذلك ظهور الحدود الحبيبية بشكل واضح مقارنة بنسب التطعيم السابقة. وصور (FE-SEM) التي تم الحصول عليها هي مشابهة بشكل كبير لما حصل عليه الباحث [109].



الشكل (4-16d): صور FE-SEM لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.07).

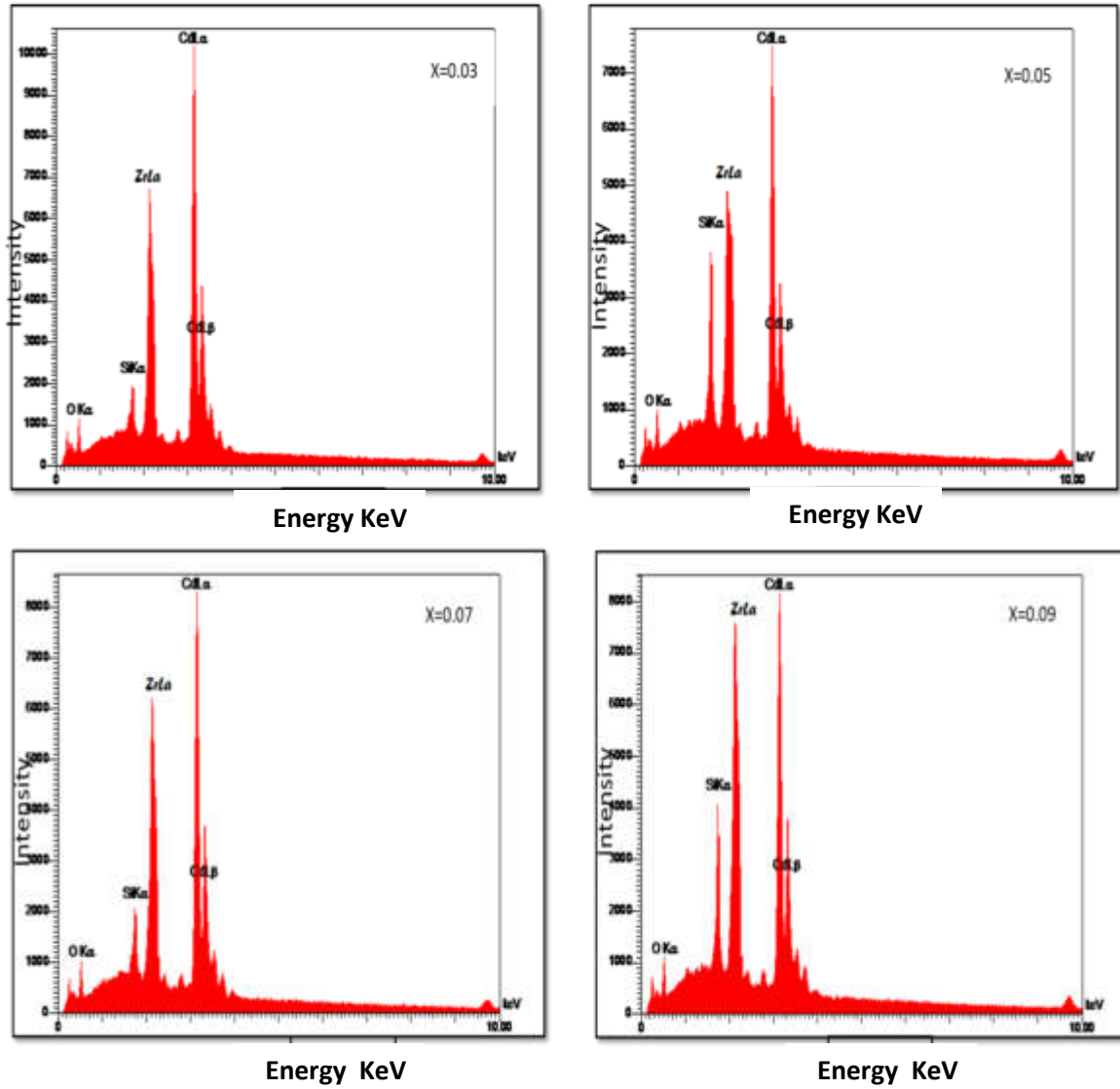
نستنتج من صور (FE-SEM) التأثير الواضح للتطعيم بالزركونيوم أذ أدى الى تناقص الحجم الحبيبي للأغشية المحضرة بزيادة نسب التطعيم، كذلك التغير الواضح في نمو وتشكل الأغشية المحضرة. كذلك يتبين أن قياسات (FE-SEM) جاءت مؤكدة للقياسات التركيبية باستخدام (XRD) و (AFM) وخصوصا من ناحية نقصان الحجم الحبيبي وزيادة العيوب البلورية (كثافة الانخلاعات) وعدد البلوريات ونعومة السطح.



الشكل (4-16): صور (FE-SEM) لأغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم بنسبة (0.09).

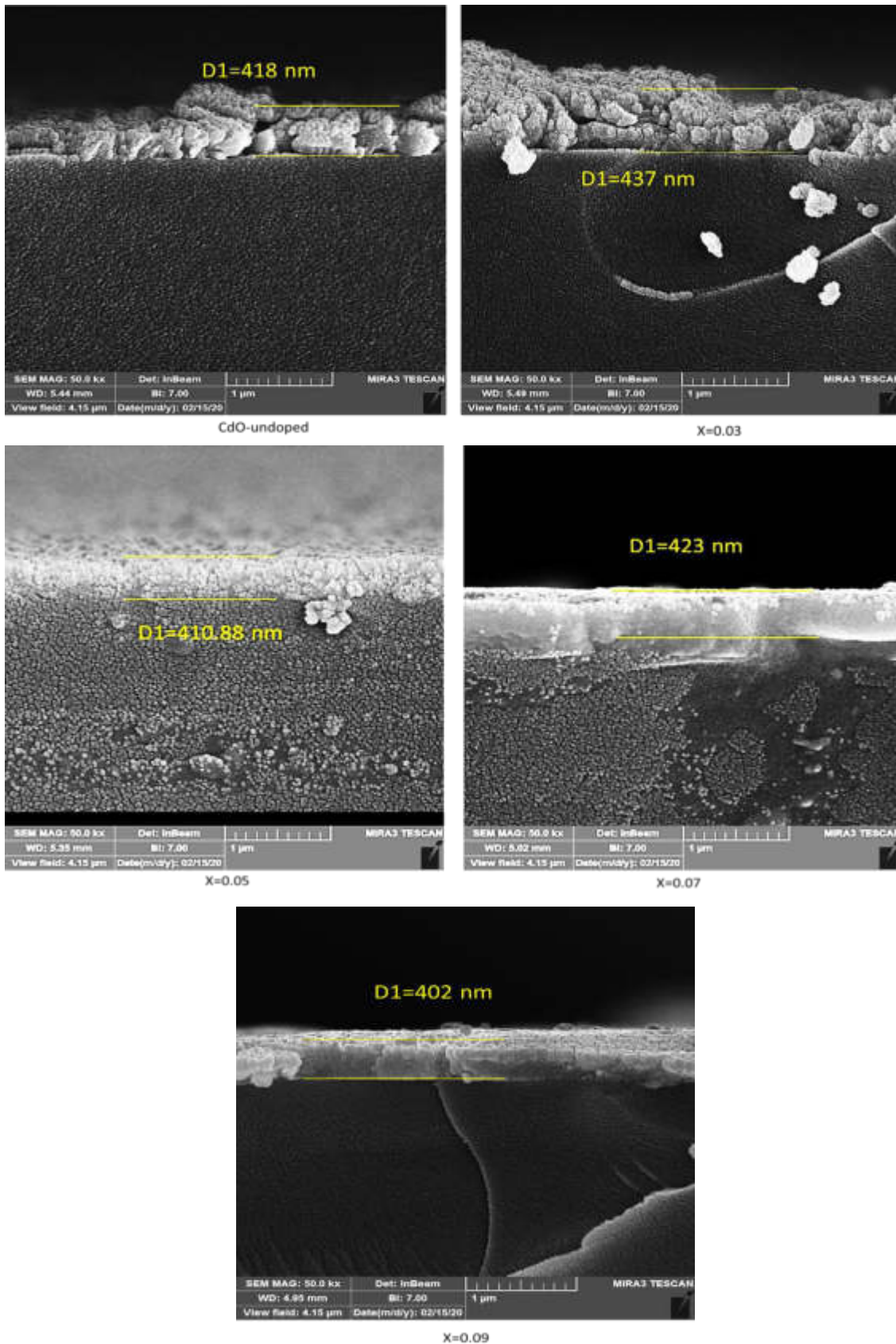
يتبين من الشكل (4-17) التحليل الطيفي للأشعة السينية (EDS) وهو أسلوب تحليلي يمكننا من تحديد المواد الكيميائية الداخلة في تركيب العينة والتأكد من وجودها، إذ نلاحظ ظهور طيف المواد الداخلة في تركيب العينة (Cd, Zr, O) مع ظهور مادة السليكون (Si) وهي أحد مكونات القواعد الزجاجية المستخدمة في البحث والمرسبة عليها الأغشية وبهذا تم التأكد من نجاح عملية التطعيم وظهور نسب المواد بشكل مقارب لما تم استخدامها في عملية تحضير الأغشية.





الشكل (4-17): تحليلات EDS لأغشية أكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم.

تم قياس سُمك الاغشية باستخدام تصوير المقطع العرضي للمجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM -Cross Section)، والموضحة في الشكل (4-18) أذ أظهرت نتائج قياسات السمك للأغشية المحضرة جميعها أنها متقاربة مع بعضها وتتراوح قيمها (402-437nm).



الشكل (4-18): صور المقطع العرضي للمجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال تبين سُمك أغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم.

## Optical Measurements

## (3-4) القياسات البصرية

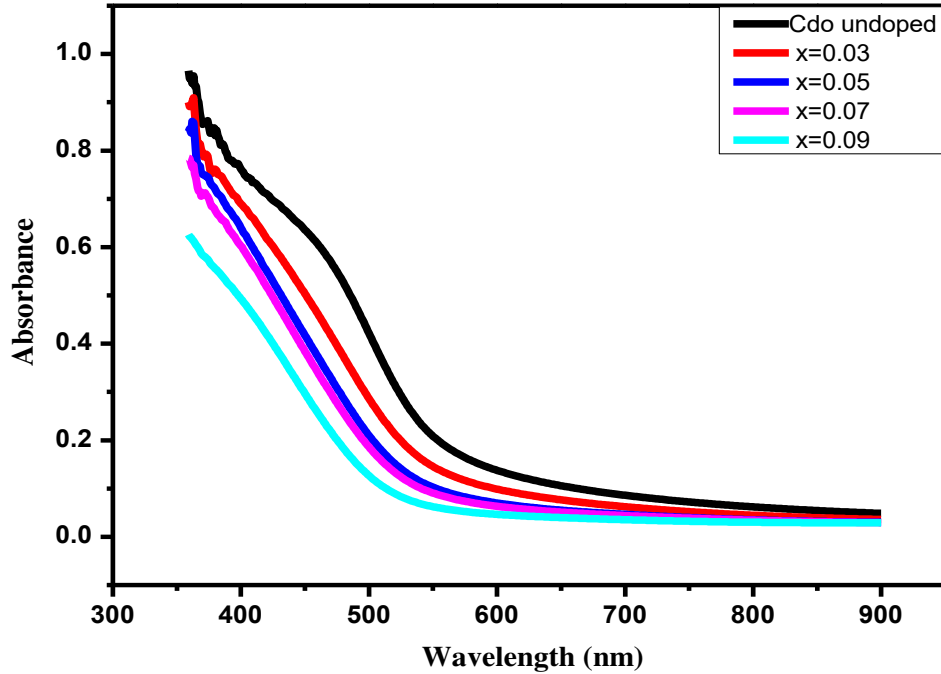
تضمنت القياسات البصرية علاقة النفاذية (T) والامتصاصية (A) ومعامل الامتصاص ( $\alpha$ ) مع الطول الموجي ضمن المدى (340-900nm) لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم (Zr) وبنسب تطعيم حجمية (0.03, 0.05, 0.07 and 0.09)، إذ أنّ لدراسة طيف الامتصاصية والنفاذية فائدة مهمة في تحديد طبيعة التطبيق العملي الذي يمكن استخدام مادة الغشاء المحضر فيه، وتم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة وغير المباشرة وكذلك حساب طاقة أورباخ (Urbach) والانعكاسية (R) وحساب الثوابت البصرية كمعامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل بجزئية الحقيقي والخيالي كدالة لطاقة الفوتون. تم إجراء القياسات أعلاه للعينات المحضرة قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما.

## Absorbance (A)

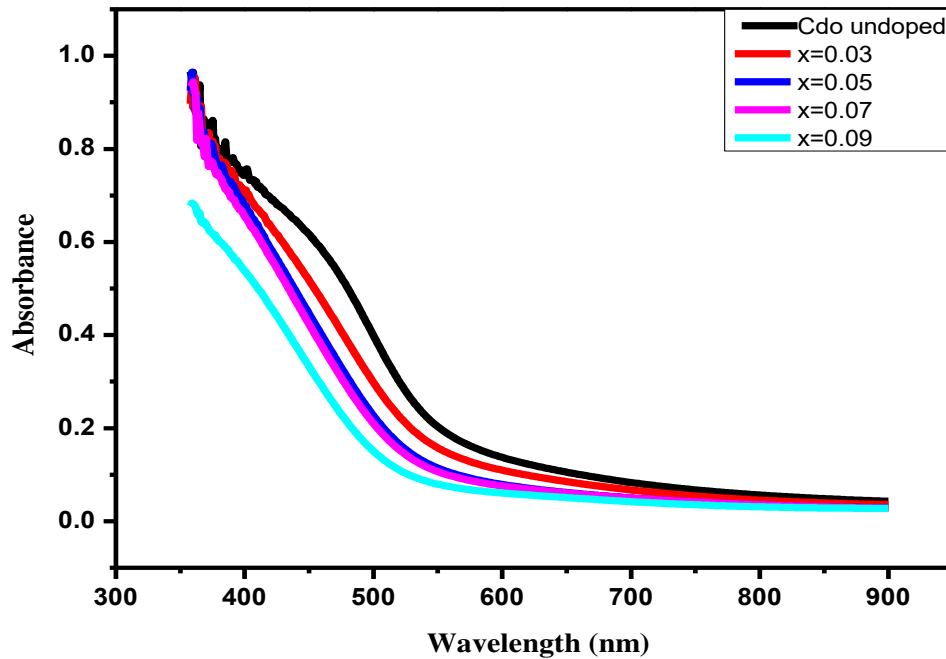
## (1-3-4) الامتصاصية

أجريت قياسات الامتصاصية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم (Zr) بنسب تطعيم حجمية مختلفة (0.03, 0.05, 0.07 and 0.09) قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما. والشكل (4-19) يبين التغير في طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي قبل التشعيع إذ أنّ الامتصاصية للأغشية كافة تكون أعظم ما يمكن عند الأطوال الموجية القصيرة ضمن منطقة الضوء المرئي للطيف، وبما أنّ الامتصاصية تعتمد على طاقة الفوتونات الضوئية الساقطة على المادة وعلى نوع المادة وتركيبها البلوري، نلاحظ تناقص امتصاصية الاغشية للضوء مع زيادة الطول الموجي (الطاقة تتناسب عكسيا مع الطول الموجي) ويعني هذا أنّ طاقة الفوتونات الساقطة تكون أقل من الطاقة اللازمة لأثارة الالكترونات ونقلها من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل وبالتالي تكون طاقتها أقل من قيمة فجوة الطاقة لشبه الموصل والتي تسبب تناقص الامتصاصية بزيادة الطول الموجي [29]، ونلاحظ أيضا أن الامتصاصية تقل كلما ازدادت نسبة التطعيم بالزركونيوم مقارنةً بالأغشية غير المطعمة وقد يعود السبب إلى أنّ التطعيم أدى إلى نقصان في حجم البلوريات (كما أكدته قياسات XRD) ومن ثم تقليل المستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة مما أدى إلى ازاحة حافة الامتصاص إلى الطاقات العالية (الأطوال الموجية القصيرة) وبالتالي تقليل الامتصاص وهذا ما يسمى بتأثير ازاحة بورستين ماس (Burstein-Moss). أما الشكل (4-20) فيبين منحنيات الامتصاصية بعد تشعيع الاغشية بأشعة كاما إذ نلاحظ أنّ سلوك منحنيات الامتصاصية للأغشية كان مشابها لسلوكها قبل التشعيع إلا أنّ هناك زيادة في قيم الامتصاصية لجميع الأغشية مقارنةً مع ما كانت عليه قبل التشعيع [33]، وقد يكون السبب هو

زيادة حجم البلوريات وانخفاض عيوب الشبكة (كثافة الانخلاعات) نتيجة التشعيع وبالتالي زيادة المستويات الموضعية اسفل حزمة التوصيل [45-107]. من التأثيرات الرئيسية الناتجة من التشعيع هي أما زيادة العيوب او تقليلها وبالتالي التأثير على الخواص البصرية [106].



الشكل (4-19): الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.

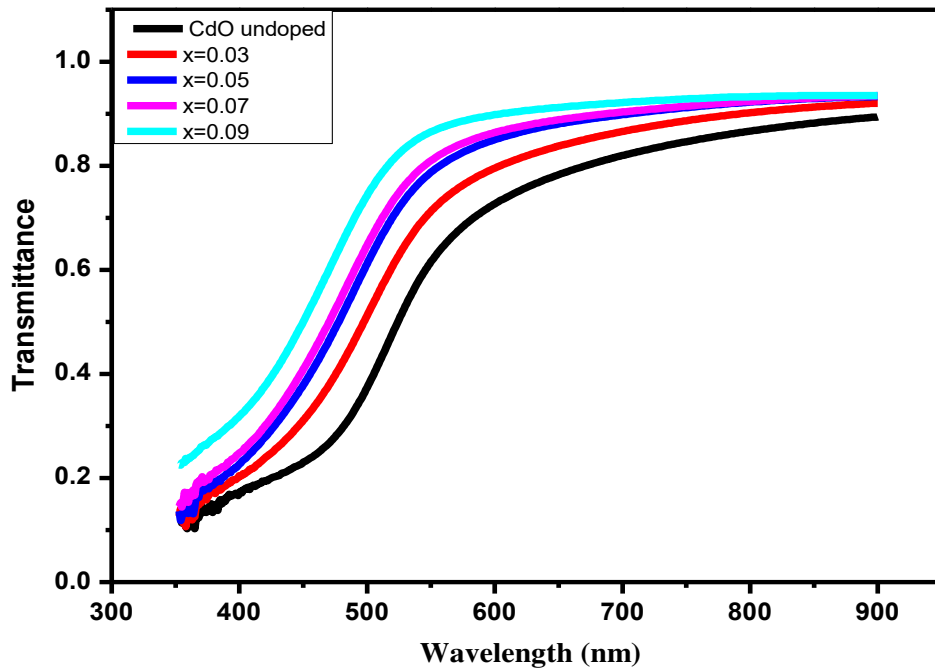


الشكل (4-20): الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

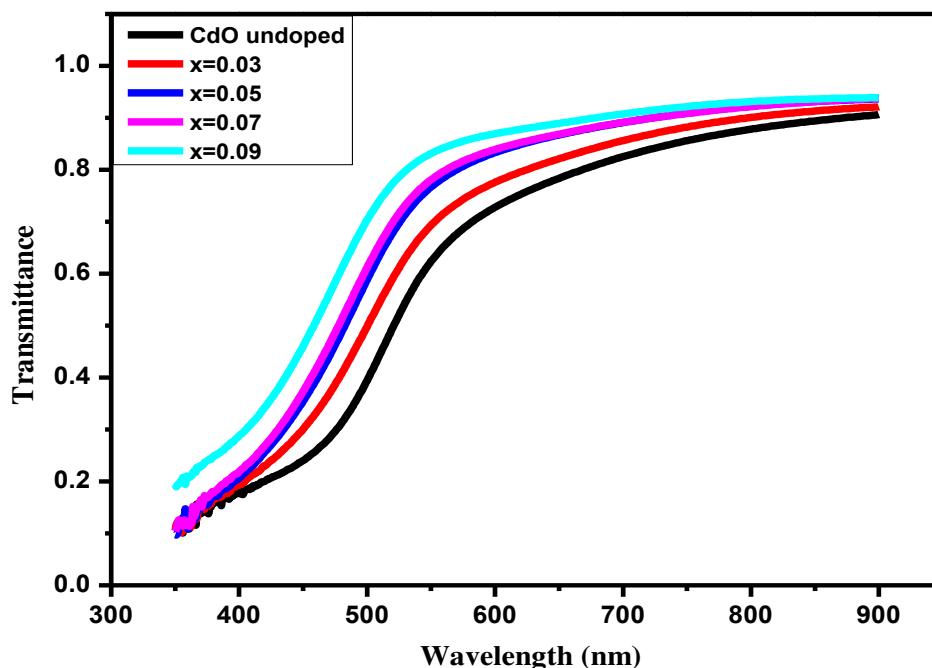
## Transmittance (T)

## (2-3-4) النفاذية

تم قياس النفاذية لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعم والمطعمة بالزركونيوم ضمن مدى الأطوال الموجية (340-900nm) قبل وبعد التشعيع. يوضح الشكل (4-21) منحنيات النفاذية قبل التشعيع وبما أنَّ النفاذية تسلك سلوكاً معاكساً لسلوك الامتصاصية، نلاحظ ازدياد النفاذية مع زيادة الطول الموجي لأغشية (CdO) غير المطعم، ونلاحظ كذلك زيادة النفاذية بزيادة نسبة التطعيم لأن التطعيم كما اشرنا سابقاً قد أدى الى تقليل المستويات الموضعية بحسب تأثير ازاحة (Burstein-Moss) بسبب نقصان الحاصل في تبلور المادة (نقصان حجم البلوريات) كما تظهرها فحوصات (XRD) [110,111]، وبالتالي تقليل الامتصاص وزيادة النفاذية، إذ تصل نسبة النفاذية عند نسب التطعيم العالية وعند الأطوال الموجية العالية (750nm) في منطقة الضوء المرئي والقريبة من منطقة الأشعة تحت الحمراء (Infrared) الى أكبر من (80%)، وبذلك يمكن استخدامها كنافذة شفافة موصلة في الخلايا الشمسية. أما الشكل (4-22) يوضح النفاذية بعد التشعيع بأشعة كما أذ يتبين أن سلوكها بعد التشعيع يشبه سلوكها قبل التشعيع إلا ان هناك نقصاناً قليلاً في قيم النفاذية لجميع الأغشية مقارنة مع قيمها قبل التشعيع. ويعتقد أن الإشعاع المؤين مثل أشعة كما تسبب عيوباً هيكلية تؤدي الى تغير كثافتها [107].



الشكل (4-21): النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعم والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.



الشكل (4-22): النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

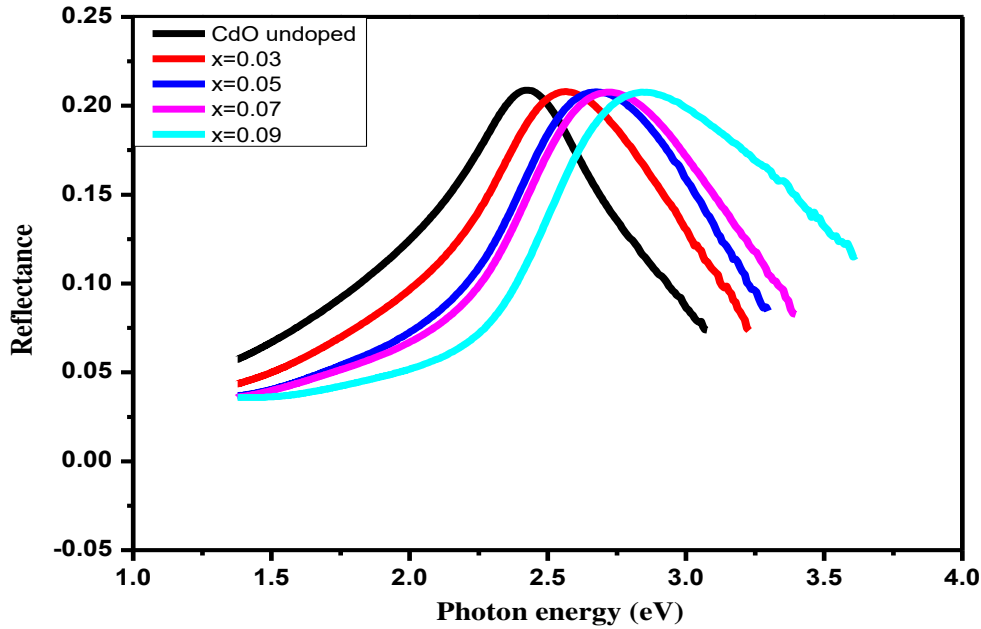
## Reflectance (R)

## (3-3-4) الانعكاسية

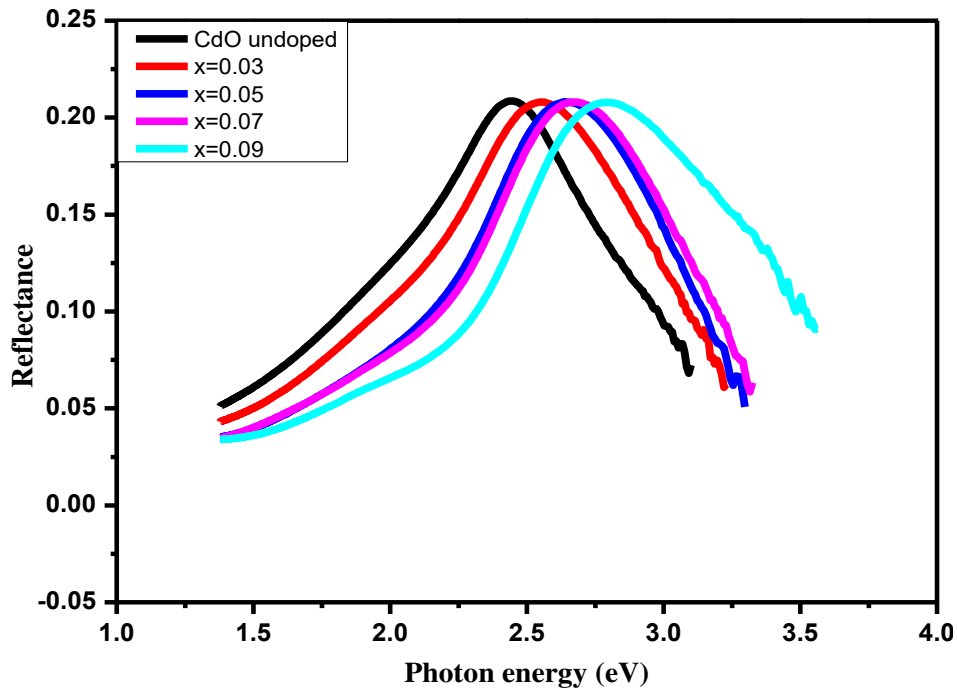
تم حساب الانعكاسية (R) من طيفي الامتصاصية والنفاذية بموجب قانون حفظ الطاقة الموضح بالعلاقة (2-11) لجميع الأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع بأشعة كما. الشكل (4-23) يبين سلوك الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون ولجميع الأغشية المحضرة قبل التشعيع، إذ نلاحظ أنّ الانعكاسية تزداد مع الزيادة الحاصلة في طاقة الفوتون ثم تبدأ مباشرة بالنقصان في مدى الطاقات الفوتونية العالية، وإن السبب في ذلك يرجع الى إن الامتصاص يكون قليلاً جداً عند الطاقات الفوتونية الأقل من قيمة فجوة الطاقة البصرية أما عند الطاقة المساوية تقريباً لقيمة فجوة الطاقة البصرية أو أكبر يزداد الامتصاص نتيجة للانتقالات الالكترونية بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل مما يسبب نقصاناً في قيم الانعكاسية لتظهر بذلك قمة لمنحني الانعكاسية تقابل تقريباً قيمة فجوة الطاقة البصرية لجميع الأغشية.

كذلك نلاحظ من منحنيات الانعكاسية تناقص قيمها عند التطعيم بالزركونيوم ويزداد انخفاضها بزيادة نسبة التطعيم وكذلك يؤدي التطعيم الى إزاحة قمم الانعكاسية باتجاه الطاقات الفوتونية العالية، وهذا ناتج من التغيير في التركيب البلوري للغشاء نتيجة التطعيم. ويوضح الشكل (4-24) سلوك الانعكاسية بعد التشعيع والذي يكون مشابهاً لسلوكها قبل التشعيع مع زيادة في قيم

الانعكاسية لجميع الأغشية عما كانت عليه قبل التشعيع. ونلاحظ أنه حصلنا على اعكاسية لا تتجاوز 21% وتقع ضمن الطول الموجي (450-500nm) قبل وبعد التشعيع وهذا دليل على أن الاغشية ذات نوعية جيدة .



الشكل (4-23): الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.

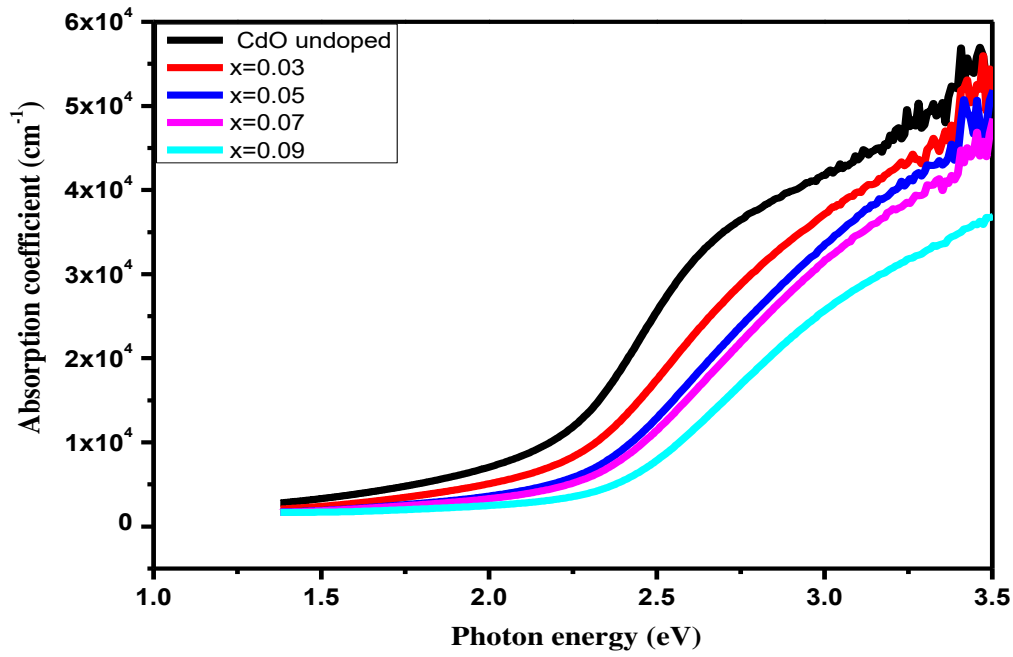


الشكل (4-24): الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

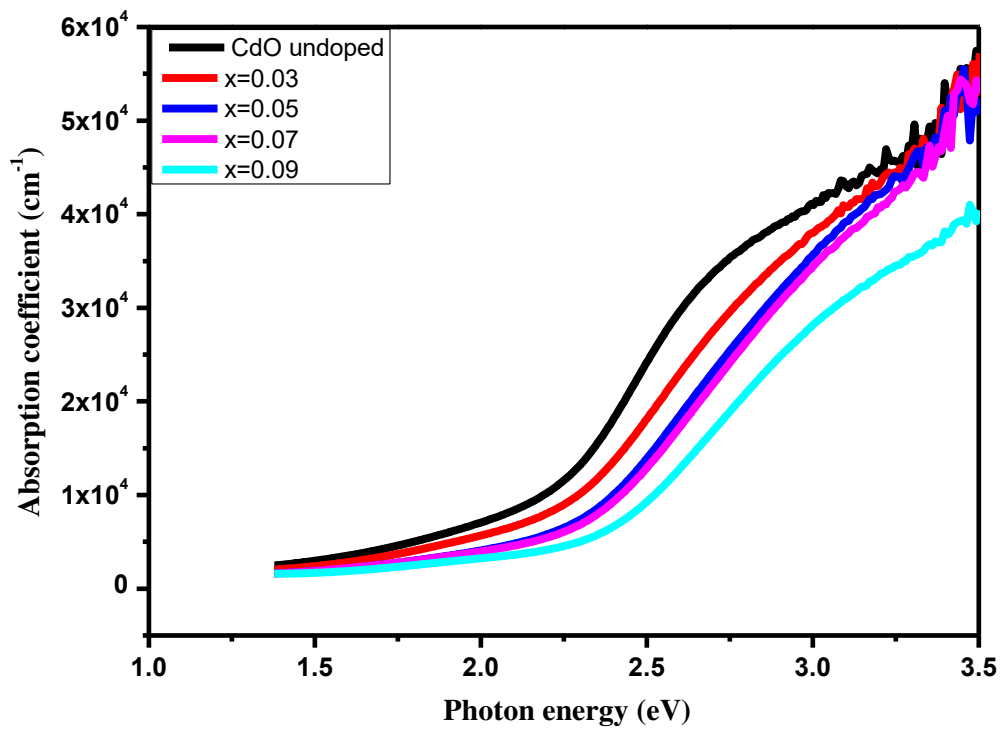
**Absorption coefficient ( $\alpha$ )****(4-3-4) معامل الامتصاص**

تم حساب معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم باستخدام العلاقة (2-19) قبل وبعد التشعيع، والشكل (4-25) يبين تغير معامل الامتصاص لكافة الأغشية بوصفه دالة لطاقة الفوتون قبل التشعيع، إذ يتضح من الشكل أن سلوك معامل الامتصاص مشابه لسلوك طيف الامتصاصية وهذا يرجع إلى طبيعة العلاقة بينهما (2-19)، أن معامل الامتصاص يبدأ بشكل عام بالزيادة التدريجية مع زيادة طاقة الفوتونات الضوئية الساقطة حتى تصبح قيمته أكبر من ( $10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) عند قيمة الطاقة ( $2.1831 \text{ eV}$ ) بالنسبة للأغشية غير المطعمة، ولمديات الطاقة الأكبر من ذلك بالنسبة لبقية نسب التطعيم المستعملة، ومن ثم تستمر قيمة معامل الامتصاص بالتزايد المستمر لمديات الطاقة التي تزيد عن قيمة فجوة الطاقة البصرية للأغشية المحضرة كافة، الأمر الذي يشير إلى احتمالية حدوث انتقالات الكترونية مباشرة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل عند تلك الطاقات، ذلك لأن القيم العالية لمعامل الامتصاص والتي تزيد عن ( $10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) تشير إلى احتمالية حدوث انتقالات الكترونية مباشرة، أما قيم معامل الامتصاص الأقل من ( $10^4 \text{ cm}^{-1}$ ) تدل على حدوث انتقالات الكترونية غير مباشرة [82]. كذلك نلاحظ ان قيم معامل الامتصاص تقل مع زيادة نسب التطعيم، وزحف حافة الامتصاص لمنحنياته ولجميع الاغشية المحضرة باتجاه الطاقات الفوتونية العالية مما يؤدي الى زيادة فجوة الطاقة البصرية. الشكل (4-26) يبين تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون بعد التشعيع، اذ نلاحظ أنّ معامل الامتصاص يسلك نفس سلوك الأغشية قبل التشعيع مع زيادة في قيمته لجميع الأغشية مقارنةً عما كان عليه قبل التشعيع بسبب زيادة امتصاصية الأغشية نتيجة تعرضها لأشعة كما لأنّ التشعيع يعمل على تقليل العيوب البلورية كما ذكرنا سابقا وبالتالي نقصان في قيم فجوة الطاقة البصرية.





الشكل (4-25): معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.



الشكل (4-26): معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

## Optical energy gap ( $E_g$ )

## (5-3-4) فجوة الطاقة البصرية

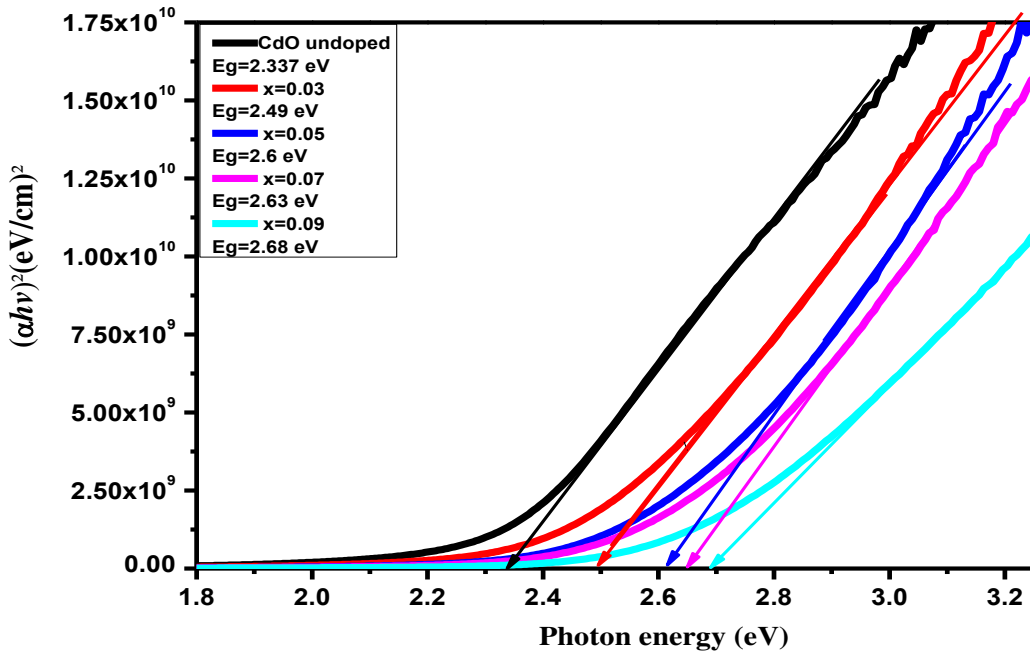
فجوة الطاقة البصرية لمادة الغشاء المحضر تعدُّ المقياس الذي يتم على أساسه تحديد طبيعة التطبيق الذي يمكن أستعمال مادة الغشاء المحضر فيه كالخلايا الشمسية والثنائيات الضوئية وكواشف الأشعة الكهرومغناطيسية وطلاءات المجمعات الشمسية بنوعها العاكس والنافذ. فالمواد التي يتم اختيارها لمثل هذه التطبيقات يجب أن تمتلك فجوة طاقة ذات مدى يتلاءم وطاقة الفوتونات الضوئية الساقطة عليها والمؤدية إلى تفعيل التطبيق المحدد. يتبين من الدراسة الحالية ومن خلال قيمة معامل الامتصاص حدوث نوعين من الانتقالات الالكترونية، وهي انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة، وغير مباشرة والتي على اساسها يمكن حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية وعلى النحو الآتي.

### (1-5-3-4) فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية المباشرة

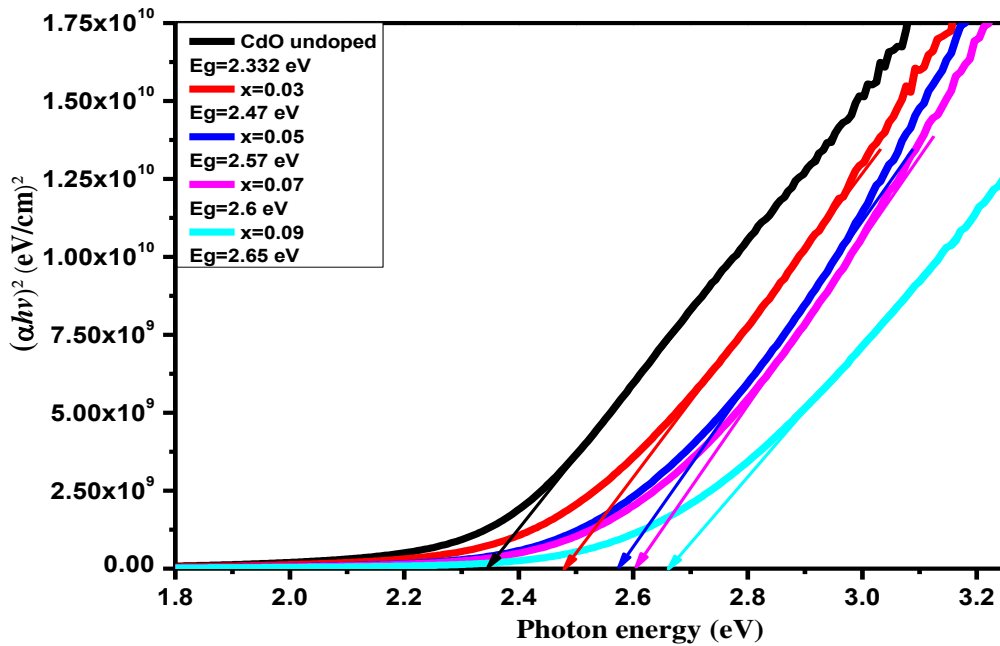
#### Energy Gap For Direct Electronic Transition

تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح (Allowed) لجميع أغشية اوكسيد الكادميوم المطعمة وغير المطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع باعتماد نموذج (Tauc) باستخدام العلاقة (2-15) وذلك بعد التعويض فيها عن  $(r = 1/2)$  للانتقال المباشر المسموح، وبرسم العلاقة بين  $(\alpha h\nu)^2$  وطاقة الفوتون الساقط  $(h\nu)$  وبمد خط مستقيم تمر به معظم النقاط الواقعة على خط مستقيم بعد حافة الامتصاص للمنحنى ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة  $[(\alpha h\nu)^2=0]$  ونقطة التقاطع هذه تمثل قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح والموضح في الشكل (4-27) لجميع الاغشية قبل التشعيع. نلاحظ أنّ قيمة فجوة الطاقة لأغشية اوكسيد الكادميوم غير المطعمة تساوي (2.337eV) والتي تقابل قيمة معامل الامتصاص  $(1.52 \times 10^4 \text{cm}^{-1})$  مما يؤكد أنّ فجوة الطاقة هي فجوة طاقة مباشرة مسموحة. كذلك نلاحظ أنّ قيمة فجوة الطاقة للأغشية تزداد مع زيادة نسب التطعيم بالزركونيوم وتتراوح قيمتها بين (2.337-2.68eV) ويمكن أن يعزى السبب في زيادة فجوة الطاقة الى تأثير ازاحة (Burstein-Moss) إذ أنّ التطعيم أدى الى تقليل المستويات الموضعية القريبة من حزمة التوصيل مما أدى الى ازاحة حافة الامتصاص الى الطاقات العالية وبالتالي تحتاج الالكترونات في حزمة التكافؤ الى طاقة اكبر لعبور هذه المستويات [54,111]. أما بعد تشعيع الأغشية فنلاحظ من الشكل (4-28) والجدول (4-4) سلوك فجوة الطاقة للأغشية مشابه لسلوكها قبل التشعيع من ناحية الزيادة في القيم بصورة عامة، لكن هناك تناقص في قيمة فجوة الطاقة بعد التشعيع لجميع الأغشية مقارنةً مع قيمها للأغشية قبل التشعيع

وذلك نتيجة زيادة معامل الامتصاص بسبب زيادة امتصاصية الأغشية بعد التشعيع [106]. بسبب الزيادة الحاصلة في قيم الحجم الحبيبي نتيجة التشعيع. وبصورة عامة فأنَّ زيادة الحجم الحبيبي يتسبب في تناقص فجوة الطاقة [112].



الشكل (4-27): قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و  $(\alpha h\nu)^2$  لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.



الشكل (4-28): قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و  $(\alpha h\nu)^2$  لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

### (2-5-3-4) فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية غير المباشرة

#### Energy Gap For Indirect Electronic Transition

بما أن معامل الامتصاص ظهرت جزء من قيمه أقل من  $(10^4 \text{ cm}^{-1})$  هذا يدل على وجود انتقالات الكترونية غير مباشرة وقد حُسبت فجوة الطاقة البصرية لها لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما، وذلك باتباع نفس الخطوات التي تم اتباعها لحساب فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة باستخدام نموذج (Tauc)، إلا أننا قمنا بالتعويض في العلاقة (2-23) عن  $(r=2)$  للانتقالات غير المباشرة المسموحة. ولحدوث الانتقالات غير المباشرة يجب أن يحدث امتصاص أو انبعاث فونون حسب العلاقة (2-23) لتوفير الزخم اللازم والمساعدة على الانتقالات الالكترونية غير المباشرة.

$$(\alpha hv)^{\frac{1}{2}} = p^{\frac{1}{2}}(hv - E_g \mp E_{ph}) \quad (1 - 4)$$

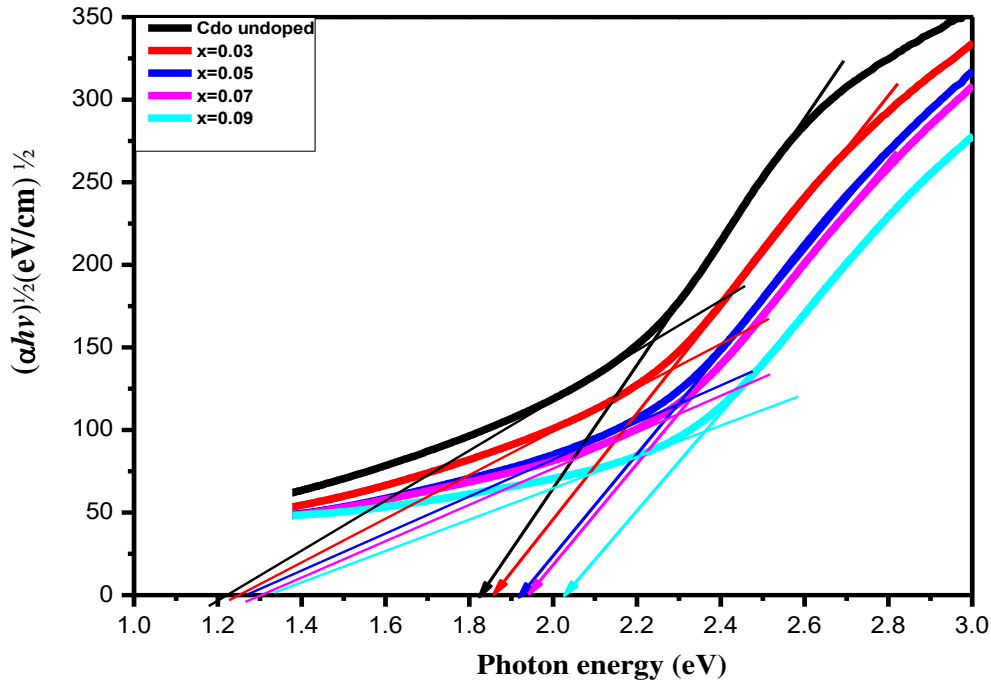
ومن رسم العلاقة بين طاقة الفوتون  $(hv)$  و  $(\alpha hv)^{1/2}$  للانتقالات المسموحة والموضحة في الشكلين (4-29) و (4-30) قبل التشعيع، وبعد التشعيع. نلاحظ رسم جزئين مستقيمين للمنحنيات، الجزء الأول مستقيم امتداده يقطع  $(hv)$  عند قيم واطئة للطاقة ويمثل الانتقالات التي يصاحبها امتصاص فونون، وعندما  $(\alpha hv)^{1/2}=0$  فالمعادلة (4-1) تكتب بالصيغة الآتية:

$$hv = E_g - E_{ph} \quad (2 - 4)$$

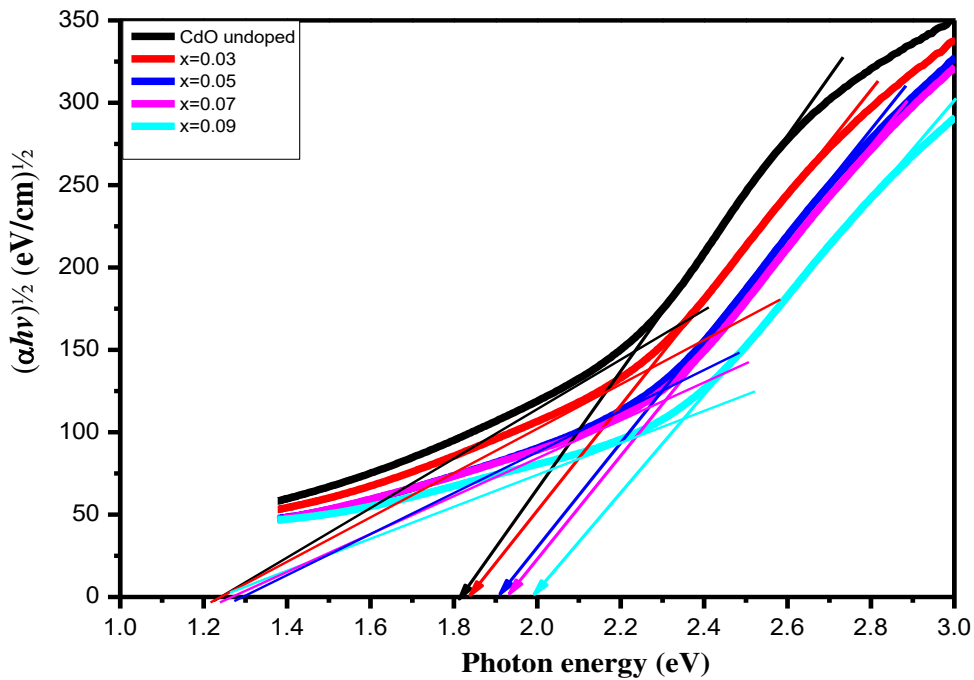
الجزء الثاني مستقيم امتداده يقطع  $(hv)$  عند قيم عالية للطاقة ويمثل الانتقالات التي يصاحبها انبعاث فونون وعندما  $(\alpha hv)^{1/2}=0$  فالمعادلة تكتب بالصيغة الآتية:

$$hv = E_g + E_{ph} \quad (3 - 4)$$

ويمكن حل المعادلتين (4-2) و (4-3) أنياً للحصول منهما على قيمة  $E_g$  ثم نعوض هذه القيمة في احدى المعادلتين للحصول على قيم طاقة الفونون  $E_{ph}$ . والجدول (4-5) يوضح قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح قبل وبعد التشعيع. حيث نلاحظ زيادة في قيم فجوة الطاقة البصرية مع زيادة نسب التطعيم للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع. ولكن هناك تناقص ملحوظ في قيمة فجوة الطاقة لجميع الأغشية عند مقارنتها بقيمها قبل التشعيع.



الشكل (4-29): قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات غير المباشرة المسموحة الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.



الشكل (4-30): قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات غير المباشرة المسموحة الناتجة من العلاقة بين طاقة الفوتون و  $(\alpha h\nu)^{1/2}$  لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

الجدول (4-5): قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة وغير المباشرة المسموحة.

Sample	Before Irradiation			After Irradiation		
	Direct transition	Indirect transition		Direct transition	Indirect transition	
	E <sub>g</sub> (eV)	E <sub>g</sub> (eV)	E <sub>ph</sub>	E <sub>g</sub> (eV)	E <sub>g</sub> (eV)	E <sub>ph</sub>
<b>CdO undoped</b>	2.337	1.52	0.29	2.332	1.53	0.28
<b>Cd<sub>0.97</sub>Zr<sub>0.03</sub>O</b>	2.49	1.55	0.30	2.47	1.54	0.29
<b>Cd<sub>0.95</sub>Zr<sub>0.05</sub>O</b>	2.6	1.59	0.31	2.57	1.58	0.33
<b>Cd<sub>0.93</sub>Zr<sub>0.07</sub>O</b>	2.63	1.62	0.31	2.60	1.60	0.33
<b>Cd<sub>0.91</sub>Zr<sub>0.09</sub>O</b>	2.68	1.67	0.35	2.65	1.62	0.37

### Urbach Energy (E<sub>u</sub>)

### (6-3-4) طاقة أورباخ

طاقة أورباخ (E<sub>u</sub>) أو عرض ذيول النطاق (Band tail width) هي عرض الحالات الموضعية المسموحة داخل فجوة الطاقة البصرية، والتي يمكن حسابها لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بأخذ مقلوب ميل الخط المستقيم لمنطقة الامتصاص الآسي بعد رسم العلاقة بين طاقة الفوتون و(Lnα) والمأخوذة من العلاقة (2-16) قبل وبعد التشعيع أذ :

$$\alpha = \alpha_0 e^{hv/E_u}$$

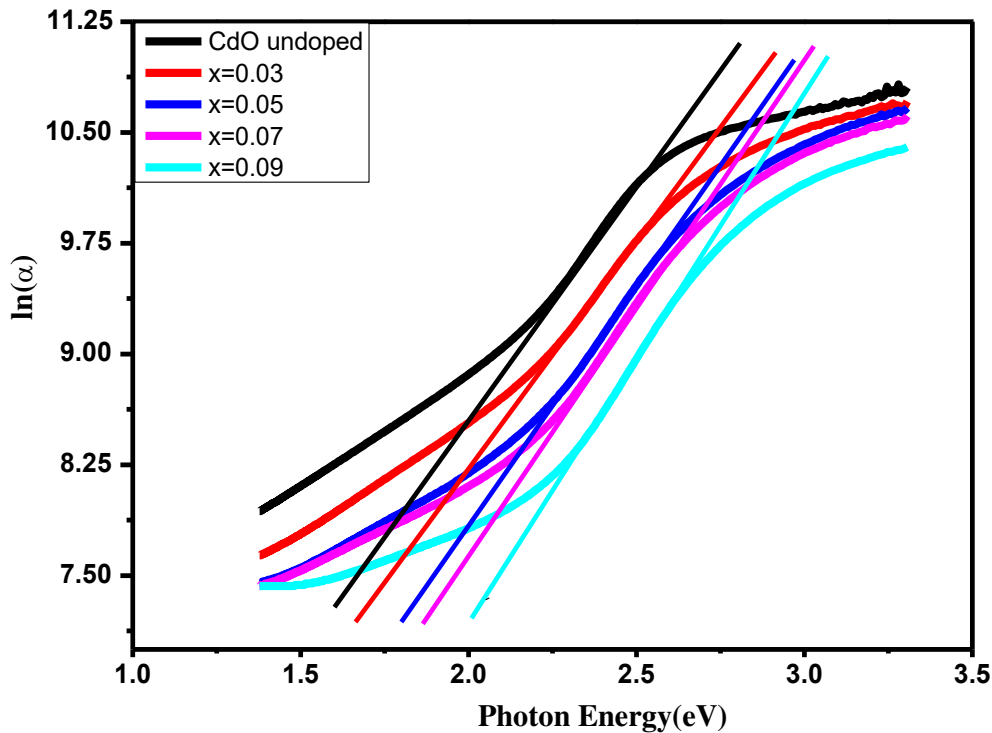
$$E_u = \frac{1}{\ln \alpha / hv} = \frac{1}{\Delta \ln \alpha / \Delta hv} = \frac{1}{\text{slope}} \quad (4 - 4)$$

ومن الشكل (4-31) الذي يبين العلاقة بين (hv) و (ln α) قبل التشعيع أذ نلاحظ أنّ قيمة طاقة ذيول أورباخ صغيرة جداً مقارنة بقيمة فجوة الطاقة لأغشية (CdO) غير المطعمة وتبدأ قيمتها بالانخفاض مع زيادة نسب التطعيم وذلك بسبب نقصان عدد مستويات الطاقة الموضعية والتي أدت كذلك الى زيادة قيمة فجوة الطاقة، وهذا يدل على أنّ السلوك البصري لطاقة أورباخ معاكس للسلوك البصري لفجوة الطاقة البصرية. أما بعد تشعيع الأغشية فنلاحظ من الشكل (4-32) ان طاقة أورباخ تسلك نفس سلوك الأغشية قبل التشعيع بصورة عامة، و تزداد قيمها لجميع الأغشية مقارنة مع قيمها قبل التشعيع مما يؤكد احتمال زيادة في عدد مستويات الطاقة

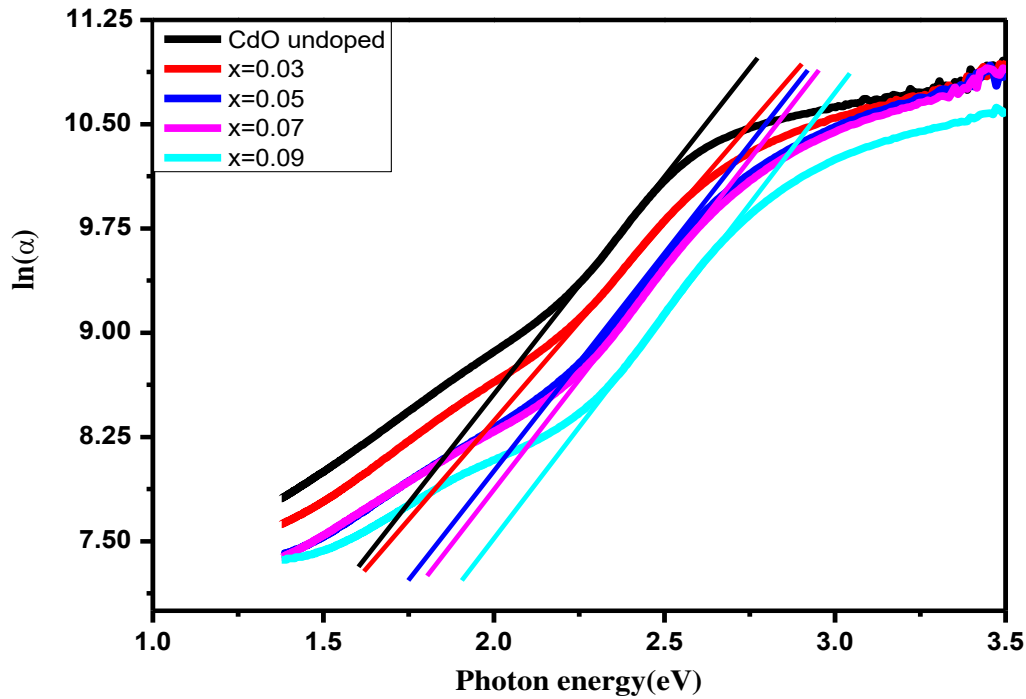
الموضعية وبالتالي نقصان قيمة فجوة الطاقة البصرية. والجدول(4-6) يبين قيم طاقة أورباخ لجميع الأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع.

الجدول (4-6): قيم طاقة أورباخ لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع

Sample	Eu (eV)	Eu (eV)
	Before Irradiation	After Irradiation
Cd O undoped	0.315	0.318
Cd <sub>0.97</sub> Zr <sub>0.03</sub> O	0.324	0.352
Cd <sub>0.95</sub> Zr <sub>0.05</sub> O	0.306	0.322
Cd <sub>0.93</sub> Zr <sub>0.07</sub> O	0.297	0.313
Cd <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O	0.291	0.311



الشكل (4-31): العلاقة بين طاقة الفوتون و  $\ln(\alpha)$  لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.



الشكل (4-32): العلاقة بين طاقة الفوتون و  $(Ln\alpha)$  لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

## Optical Constants

### (7-3-4) الثوابت البصرية

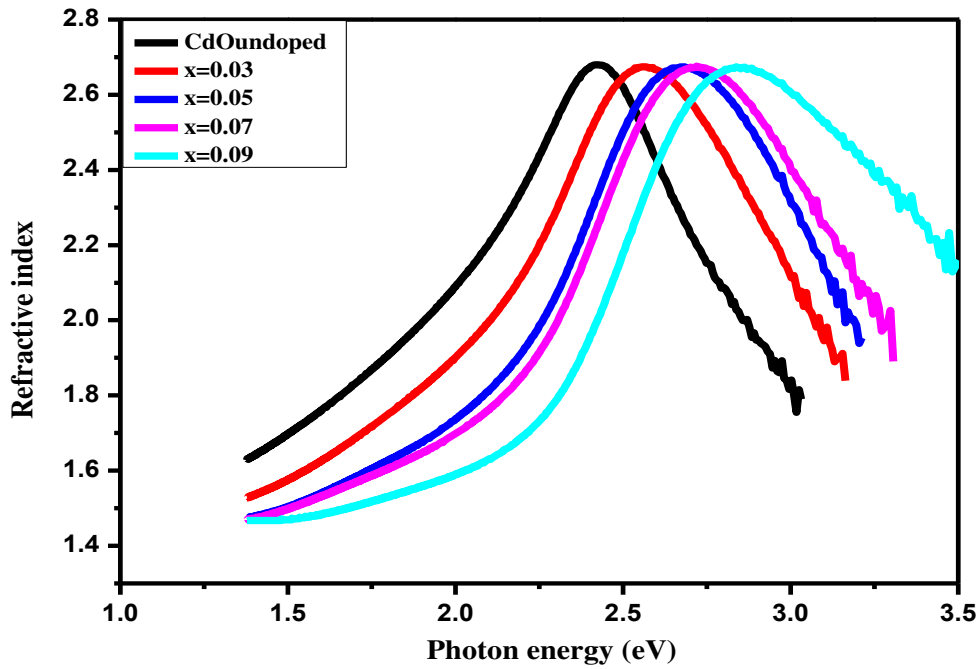
### Refractive Index ( $n_0$ )

### (1-7-3-4) معامل الانكسار

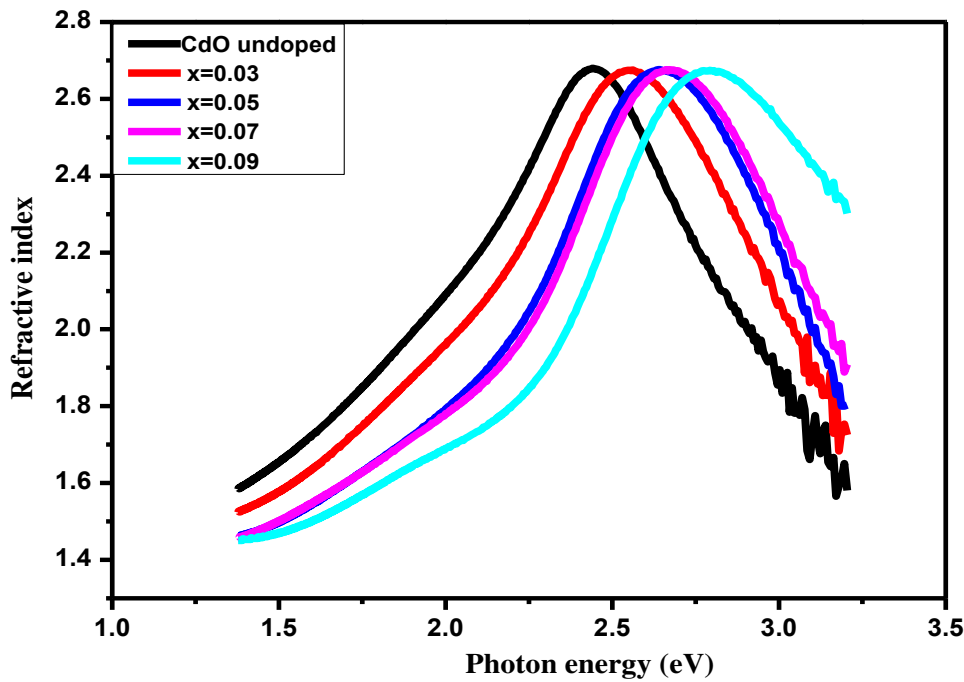
تم حساب معامل الانكسار لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم من العلاقة (2-25) قبل وبعد التشعيع بأشعة كاما. يبين الشكل (4-33) تغير معامل الانكسار مع طاقة الفوتون قبل التشعيع وهو مشابه لسلوك منحنيات طيف الانعكاسية، أذ نلاحظ أنّ معامل الانكسار لأغشية CdO غير المطعمة يزداد مع زيادة طاقة الفوتونات الساقطة حتى تصل الى أعلى قيمة لها وتكون مقابلة تقريبا لقيمة فجوة الطاقة البصرية، ثم بعدها يحدث التناقص السريع في قيم معامل الانكسار عند الطاقات الفوتونية العالية وهذا الانخفاض ناتج عن الزيادة الحاصلة في الامتصاصية بزيادة طاقة الفوتونات والذي يؤدي الى زيادة الانتقالات الإلكترونية [90]، أما عند الأغشية المطعمة ولكافة نسب التطعيم فأنها تكون مشابهة في سلوكها لسلوك CdO غير المطعمة مع نقصان قيم معامل الانكسار بزيادة نسب التطعيم وازاحة قمم منحنياتها باتجاه الطاقات الفوتونية العالية نتيجة لتناقص الامتصاصية مع زيادة نسب التطعيم مقارنة بالأغشية غير المطعمة. اما الشكل (4-34) فيبين سلوك معامل الانكسار للأغشية المحضرة بعد التشعيع والذي يشبه سلوكها



قبل التشعيع مع تزايد في قيم معامل الانكسار للأغشية المحضرة جميعها مقارنة مع قيمها قبل التشعيع وازاحة قمم المنحنيات نحو الطاقات الفوتونية الواطئة.



الشكل (4-33): معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.

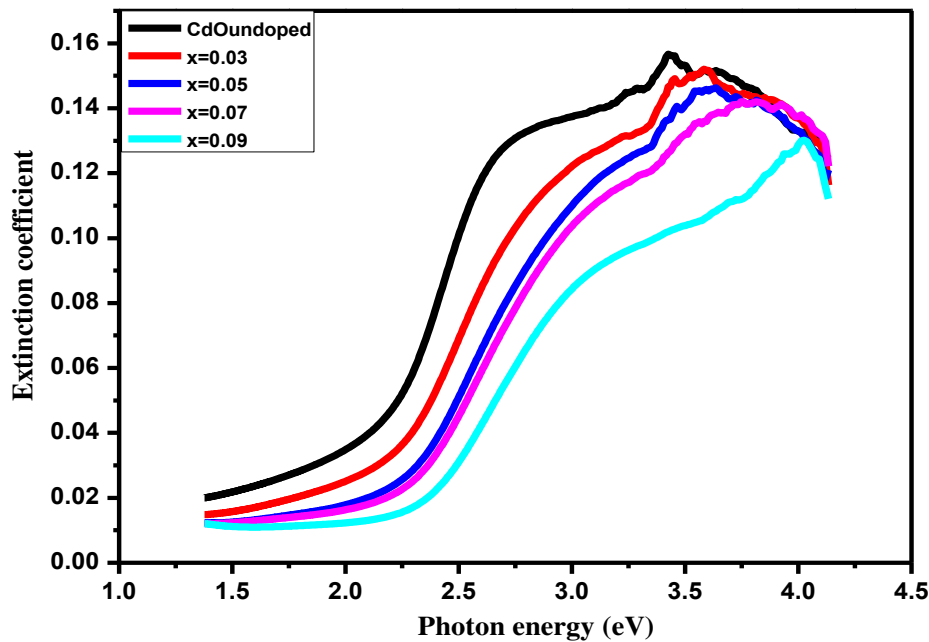


الشكل (4-34): معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

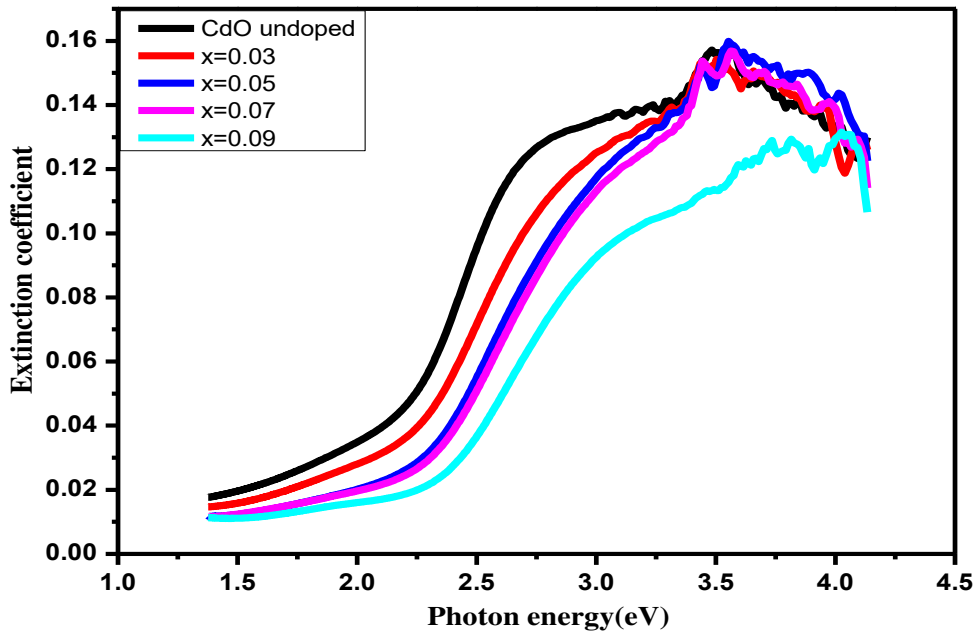
Extinction Coefficient ( $k_0$ )

## (2-7-3-4) معامل الخمود

تم حساب معامل الخمود لجميع الأغشية المحضرة من المعادلة (2-26) قبل وبعد التشعيع. الشكل (4-35) يوضح تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة قبل التشعيع، أذ يتبين من الشكل أنّ طبيعة منحنيات معامل الخمود مشابهة تقريباً لسلوك منحنيات معامل الامتصاص بسبب طبيعة الارتباط بينهما بالعلاقة أعلاه. ويلاحظ من الشكل أنّ معامل الخمود بالنسبة لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة يتزايد بصورة تدريجية بزيادة طاقة الفوتونات الضوئية الساقطة، وهذه الزيادة قد تكون بسبب زيادة الامتصاصية عندها، وما يترتب على ذلك من تزايد في قيم معامل الامتصاص وبالتالي حدوث زيادة مقابلة لها في قيم معامل الخمود، مع ملاحظة تناقص قيمته بزيادة نسب التطعيم، كذلك يلاحظ من الشكل أنّ قيم معامل الخمود تتناقص بشكل واضح لجميع الأغشية المحضرة عند الطاقات الفوتونية العالية جداً، ويمكن تفسير ذلك بأنّ معامل الامتصاص قيمته ثابتة تقريباً لمدى معين من الطاقات العالية بسبب ثبوت قيم الامتصاصية عندها ولاسيما بأنها طاقات فوتونية فعالة تؤدي إلى حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مما يؤدي بالتالي إلى تناقص واضح في قيم معامل الخمود وهذا يتفق مع الدراسة [90] أما بعد التشعيع فنلاحظ من الشكل (4-36) ان سلوك معامل الخمود لجميع الأغشية كان مشابهاً لسلوكه قبل التشعيع إلا أنّ هناك زيادة في معامل الخمود لجميع الأغشية مقارنة مع قيمته قبل التشعيع عند الطاقات الفوتونية الواطئة وزحف القمم نحو الطاقات الفوتونية الواطئة بسبب زيادة معامل الامتصاص عند هذه المنطقة.



الشكل (4-35): معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.

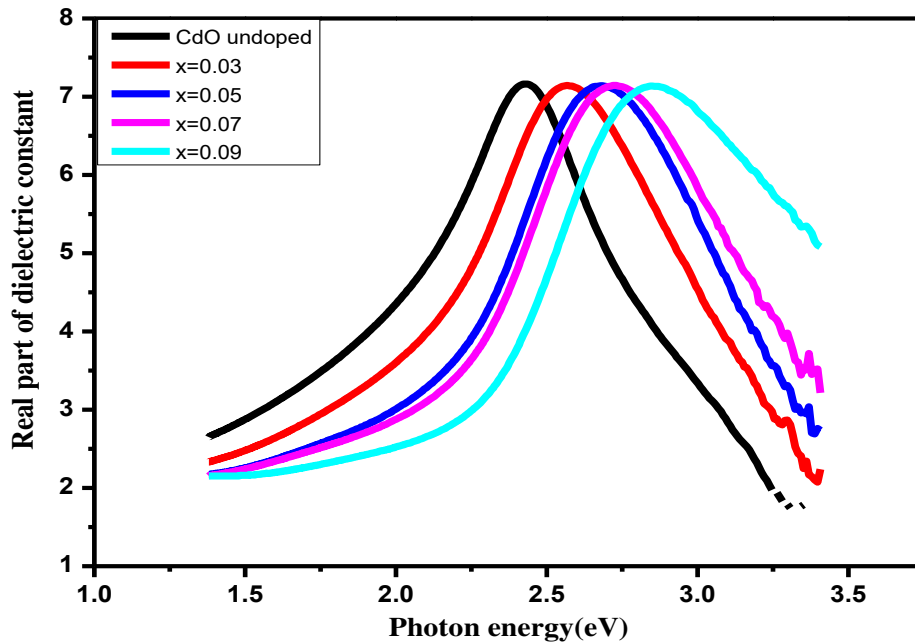


الشكل (4-36): معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتونات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

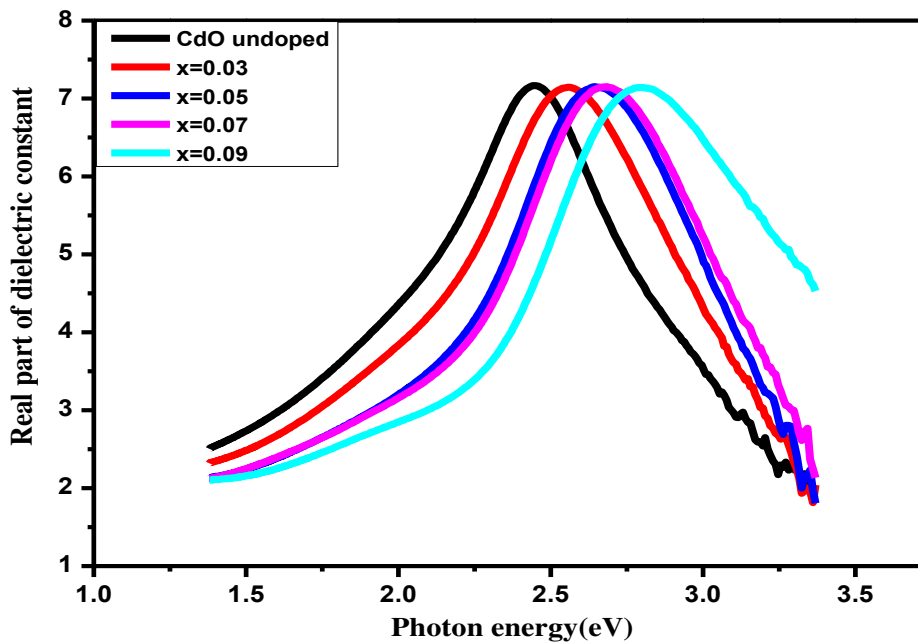
#### (3-7-3-4) ثابت العزل الكهربائي المعقد Complex Dielectric Constant ( $\epsilon$ )

تم حساب الجزء الحقيقي لثابت العزل ( $\epsilon_1$ ) لجميع الأغشية المحضرة من العلاقة (2-31) قبل وبعد التشعيع. الشكل (4-37) يبين العلاقة بين ( $\epsilon_1$ ) وطاقة الفوتون قبل التشعيع أذ نلاحظ ان ( $\epsilon_1$ ) للأغشية غير المطعمة يزداد تدريجياً مع زيادة طاقة الفوتونات ثم ينخفض في الطاقات العالية للفوتونات ونلاحظ نفس السلوك لمنحنيات (CdO) المطعمة بالزركونيوم إلا أنّ هناك إزاحة لقمة المنحنيات باتجاه الطاقات الفوتونية العالية يصاحبها نقصان قيم ( $\epsilon_1$ ) مع ازدياد نسب التطعيم ويعود السبب في ذلك لتناقص معامل الانكسار وذلك لارتباط ( $\epsilon_1$ ) مع ( $n_0$ ) بالعلاقة (2-31) وتشابه سلوكهما بعد إهمال قيمة معامل الخمود بالعلاقة أعلاه لقيمتها الصغيرة جداً مقارنةً مع قيم مربع معامل الانكسار أذ يعتمد ( $\epsilon_1$ ) على معامل الانكسار. أما الجزء الخيالي من ثابت العزل ( $\epsilon_2$ ) فقد تم حسابه من العلاقة (2-32) قبل وبعد التشعيع أذ يبين الشكل (4-39) أنّ قيم ( $\epsilon_2$ ) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة قبل التشعيع تزداد مع زيادة طاقة الفوتون وأنّ سلوك منحنى ( $\epsilon_2$ ) مشابه لسلوك منحنى معامل الخمود، ونلاحظ عند التطعيم بالزركونيوم أنّ قيم ( $\epsilon_2$ ) تقل بزيادة نسب التطعيم وإزاحة قيم منحنياتها باتجاه الطاقات الفوتونية العالية. أما بعد التشعيع فنلاحظ من الشكلين (4-38) و(4-40) ان سلوك ( $\epsilon_1$  و  $\epsilon_2$ ) بعد التشعيع كان مشابهاً لسلوكهما قبل التشعيع

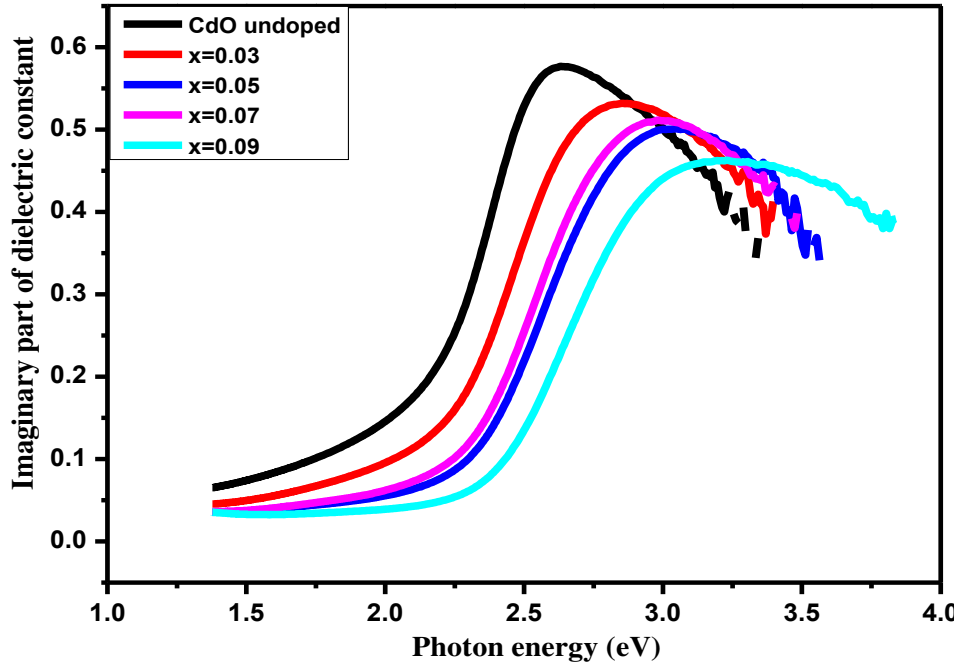
مع زيادة في قيمهما لجميع الأغشية مقارنةً مع قيمهما قبل التشعيع وازاحة قمم منحنياتها نحو الطاقات الفوتونية الواطئة بسبب الزيادة الحاصلة في معامل الانكسار والخمود.



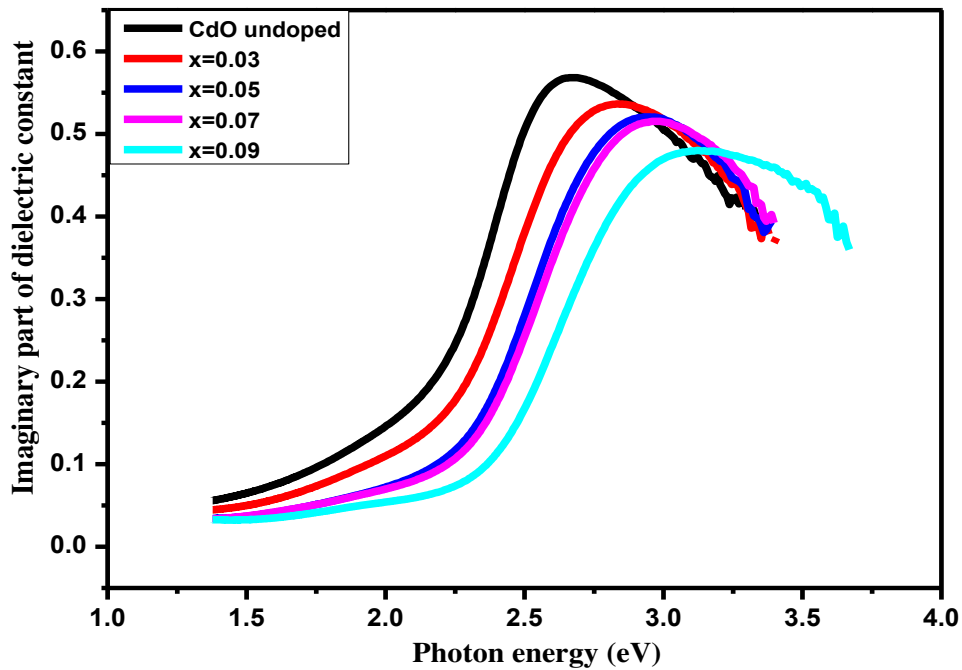
الشكل (4-37): ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.



الشكل (4-38): ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.



الشكل (4-39): ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل التشعيع.

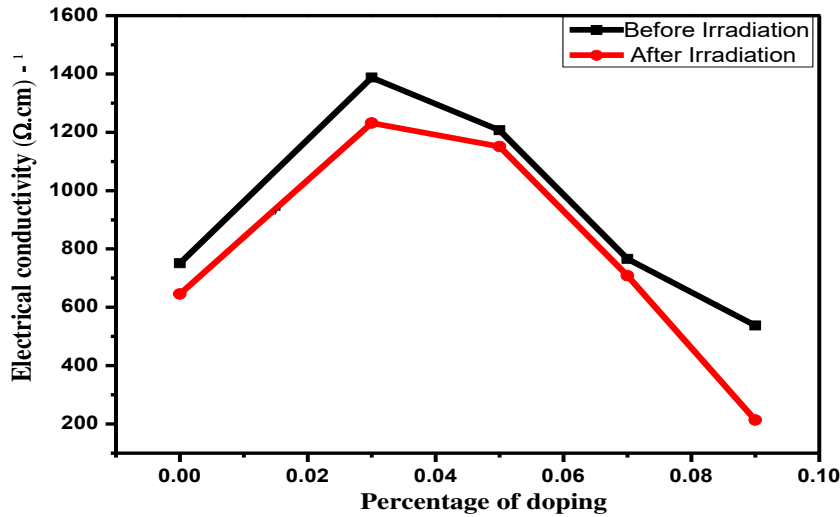


الشكل (4-40): ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم بعد التشعيع.

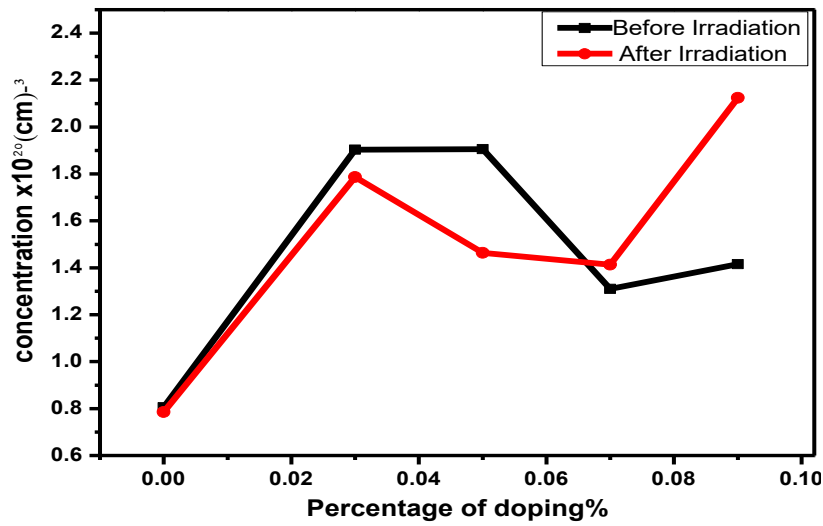
**(4-4) تأثير هول****Hall Effect**

تم اجراء قياس تأثير هول ضمن درجة الحرارة الاعتيادية (300K) وبمجال مغناطيسي منتظم شدته (0.550 Tesla) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بـ (Zr) وبنسب تطعيم (0.03, 0.05, 0.07 and 0.09) قبل وبعد التشعيع. وتم الحصول على قيم معامل هول وتركيز حاملات الشحنة الاغلبية ( $n_H$ ) وقيم كل من التوصيلية الكهربائية ( $\sigma$ ) (conductivity)، والتحركية (Mobility) ( $\mu_H$ ) وكما في الجدول (4-7). من الإشارة السالبة لمعامل هول يتبين أنّ نوع حاملات الشحنة من النوع السالب (n-type) ولجميع الأغشية أذ لم تتأثر نوعية حاملات الشحنة بالتطعيم. ونلاحظ من الجدول قيمة معامل هول تتناقص عند نسب التطعيم (0.03) و (0.05) ومن ثم تزداد عند نسب التطعيم (0.07, 0.09) قبل وبعد التشعيع بسبب ارتباطه مع تركيز حاملات الشحنة بعلاقة عكسية وحسب العلاقة (2-33). كذلك زيادة قيمة التوصيلية عند نسب التطعيم (0.03) و(0.05) بسبب زيادة تركيز ناقلات الشحنة عند هذه النسب والتحركية العالية وقد يكون السبب هو احلال ذرات (Zr) مواقع استبدالية للكاديوم مما يسبب اضطراب في الشبكة وبالتالي زيادة فراغات الأوكسجين التي تزيد من التوصيلية الكهربائية [102,107]، ومن ثم تتناقص قيمة التوصيلية بزيادة نسب التطعيم عند النسب (0.07, 0.09) بسبب تناقص تركيز حاملات الشحنة ايضا ونقصان التحركية حسب العلاقة الرياضية بينهما (2-34) وقد يكون السبب ايضا هو زيادة تركيز ذرات (Zr) يؤدي الى دخولها كمواقع تعويضية لفراغات الاوكسجين ايضا وتكوين اواصر مع الكاديوم والتي تسبب نقصان فراغات الاوكسجين وبالتالي يسبب نقصان التوصيلية وكما مبين في الشكل (4-41)،(4-42)، وهذه النتائج مقارنة لما حصل عليه الباحثون [100,102,110].

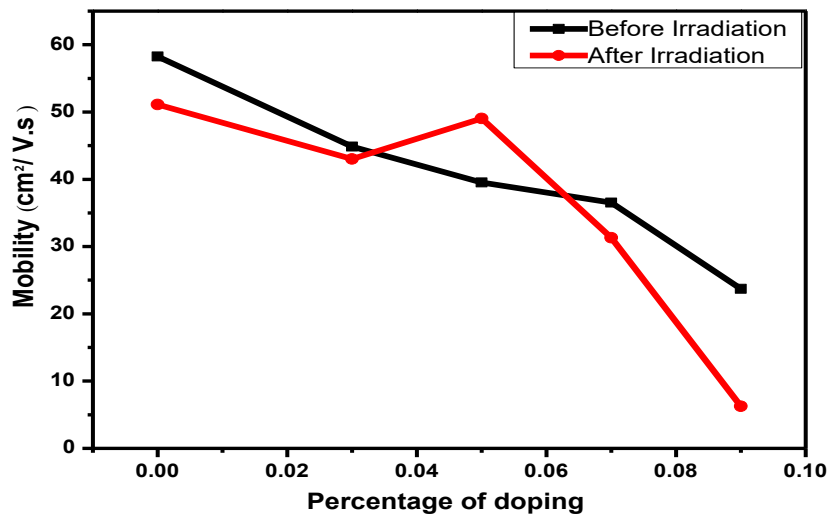
اما بعد التشعيع فنلاحظ أنّ سلوك الأغشية كان مشابها لما قبل التشعيع من ناحية الزيادة او النقصان في القياسات، ولم تتأثر نوعية حاملات الشحنة (n-type)، وهناك تناقص في قيمة التوصيلية لجميع الأغشية بصورة عامة مقارنةً مع توصيلية كل غشاء على حدة عما كانت عليه قبل التشعيع. وتسلك المقاومة (المقاومة النوعية) سلوكا معاكسا لسلوك التوصيلية بسبب العلاقة التي تربط بينهما. ونلاحظ أنّ التحركية للالكترونات تتناقص مع زيادة التطعيم قبل التشعيع بسبب الزيادة الحاصلة في حدود الحبيبات وكثافة الانخلاعات نتيجة نقصان الحجم الحبيبي والتي أظهرتها قياسات (XRD) والتي تعمل على أعاقه حركة الالكترونات وبالتالي زيادة المقاومة ونقصان التوصيلية [45] وكما في الشكل (4-43)، اما التحركية بعد التشعيع فتنخفض قيمتها بصورة عامة لجميع الأغشية المحضرة. ومن النتائج يتبين أنّ أفضل توصيلية كهربائية للأغشية كانت عند نسبة التطعيم (0.03) قبل التشعيع.



الشكل (41-4): التوصيلية الكهربائية كدالة لنسب التطعيم للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع.



الشكل (42-4): تركيز حاملات الشحنة كدالة لنسب التطعيم للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع.



الشكل (43-4): التحركية كدالة لنسب التطعيم للأغشية المحضرة قبل وبعد التشعيع.

الجدول (7-4): القياسات الكهربائية المحسوبة من قياس تأثير هول لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالزركونيوم قبل وبعد التشعيع.

Samples		$n \times 10^{20}$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$R_H$ ( $\text{cm}^3/\text{C}$ )	$\sigma \times 10^2$ ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) <sup>-1</sup>	$\rho \times 10^3$ ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	$\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{V s}$ )
CdO-undoped	Before Irradiation	0.805	-0.0775	7.511	1.332	58.23
	After Irradiation	0.785	-0.0794	6.453	1.543	51.12
Cd <sub>0.97</sub> Zr <sub>0.03</sub> O	Before Irradiation	1.903	-0.0328	13.869	0.731	44.85
	After Irradiation	1.787	-0.0349	12.312	0.812	43.01
Cd <sub>0.95</sub> Zr <sub>0.05</sub> O	Before Irradiation	1.906	-0.0327	12.071	0.828	39.53
	After Irradiation	1.464	-0.0426	11.510	0.869	49.05
Cd <sub>0.93</sub> Zr <sub>0.07</sub> O	Before Irradiation	1.310	-0.0476	7.662	1.340	36.52
	After Irradiation	1.413	-0.0441	7.084	1.412	31.30
Cd <sub>0.91</sub> Zr <sub>0.09</sub> O	Before Irradiation	1.415	-0.0439	5.372	1.862	23.70
	After Irradiation	2.124	-0.0293	2.135	4.683	6.27

## Conclusions

## (5-4) الاستنتاجات

- 1- بينت قياسات XRD أنّ التطعيم بالزركونيوم والتشعيع بأشعة كما لم يؤثر على نوعية النظام البلوري إذ بينت أنّ جميع الأغشية كانت متعددة التبلور ومن الطور المكعب.
- 2- ان خشونة السطح ومربع متوسط الخشونة (RMS) والحجم الحبيبي يمكن السيطرة عليه من خلال التحكم بنسب التطعيم كما بينتها تحليلات (AFM)، وأن التطعيم بالزركونيوم أدى الى تناقص خشونة السطح
- 3- يمكن التحكم بقيم الامتصاصية والنفاذية وفجوة الطاقة البصرية من خلال التحكم بنسب التطعيم.



- 4- أن زيادة قيم النفاذية للأغشية بزيادة نسب التطعيم يجعلها ضمن أكاسيد التوصيل الشفافة (TCO) ومناسبة للاستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية كنافذة شفافة موصلة.
- 5- يتبين من قياسات تأثير هول أنّ نوع حاملات الشحنة هو من النوع السالب (n-type) ولجميع الأغشية أذ لم تتأثر نوعية حاملات الشحنة بالتطعيم قبل وبعد التشعيع.
- 6- بينت قياسات تأثير هول أن التطعيم بالزركونيوم يزيد من التوصيلية الكهربائية بصورة عامة وأنّ أفضل توصيلية كهربائية للأغشية كانت عند التطعيم بالزركونيوم بنسبة (0.03) قبل التشعيع، وأنّ التشعيع يؤدي الى تناقص التوصيلية الكهربائية لجميع نسب التطعيم.
- 7- اظهرت نتائج التشعيع بأشعة كاما للأغشية تحسين بعض الخصائص الفيزيائية.

## Future Works

## (6-4) المشاريع المستقبلية

- 1- دراسة تأثير السمك على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أكسيد الكاديوم المطعمة بالزركونيوم والمحضرة بطريقة التحلل الحراري الكيميائي بالرش.
- 2- تأثير الجرعة الإشعاعية المختلفة من أشعة كاما على الخصائص البصرية والكهربائية لأغشية (Cd<sub>0.97</sub>Zr<sub>0.03</sub>O) المحضرة كيميائياً.
- 3- دراسة تأثير التطعيم والتشعيع بأشعة كاما على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (Cd<sub>1-x</sub>Zr<sub>x</sub>O) الرقيقة والمحضرة بطريقة الطلاء البرمي (Spin Coating).

## References

- [1] B. G. Svensson, S. J. Pearton, and C. Jagadish, “Semiconductors and Semimetals 88” *Ser. Ed. USA*, 2013.
- [2] S. Franssila, “Introduction to Microfabrication” *John Wiley Sons Inc*, 2004.
- [3] S. B. Ogale, “Thin Fiims and Heterostructures for Oxide Electronics” *Springer Science and Business Media NewYork*, 2005.
- [4] A. Piegari and F. Flory, “Optical Thin Films and Coatings from Materials To Applications” *2<sup>ed</sup> Ed, Woodhead, United Kingdom*, 2018.
- [5] H. Frey and H. R. Khan, “Handbook Of Thin-Film Technology” *Springer-Verlag Berlin Heidelb.*, 2015.
- [6] O. Stenzel, “The physics of Thin Film Optical Spectra” *2<sup>ed</sup> Ed, Journal Chem. Inf. Model.*, 2016.
- [7] L. Eckertova, “Physics of Thin Film” *Plenum Publ. Corp. New York*, 1977.
- [8] D. Perednisa, “Thin Film Deposition By Spray Pyrolysis and The Application in Solid Oxide Fuel Cells” *PhD Thesis, Institute of Technology Zurich for Swiss*, 2003.
- [9] ميادة كريم حسن، “تحضير ودراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لاغشية (Ni<sub>1-x</sub>Cu<sub>x</sub>O) الرقيقة نانوية التركيب المتلونة كهربائياً، رسالة ماجستير جامعة ديالى، 2019.
- [10] M. Ohring, “Materials Science of Thin Films” *2<sup>ed</sup> Ed, Mater. Sci.*, 2001.
- [11] U. D. Khachar, “Investigations on Nanostructured Mixed Oxide Systems” *PhD Thesis, Saurashtra University, Rajkot, India*, 2011.
- [12] B. Chapman, “Glow Discharge Processes” *John-Wiley and Sons Company, New York*, 1980.

- [13] K. Seshan, "Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques" *William Andrew Publ. Norwich, New York, U.S.A*, 2001.
- [14] L. Filipovic, S. Selberherr and G. Cataldo, "Modeling the Growth of Thin  $\text{SnO}_2$  Films Using Spray Pyrolysis Deposition" *Int. Conf. Simul. Semicond. Process. Devices*, pp. 208–211, 2013.
- [15] ايمان صفاء نوري، "دراسة تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة المحضرة كيميائياً" رسالة ماجستير جامعة ديالى، 2017.
- [16] Z. H. Jawad, L. B. Yaqo, and Z. T. Khodyar, "Effect of Thickness on Some Optical Properties of Spray Pyrolysed CdO Thin Films" *Diyala Journal For Pure Science.*, vol. 6, no. 1, pp. 79–88, 2013.
- [17] انس اسعد حمدي و صبري جاسم محمد، "دراسة تأثير التشويب بالنحاس على الخصائص البصرية لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة" مجلة تكريت للعلوم الصرفة، المجلد 5، العدد 18، الصفحة 3-7، 2013.
- [18] Z. M. Jarzberzki, "Oxide Semiconductors" *Pergamon Press*, 1973.
- [19] A. F. Wells, "Structural Inorganic Chemistry" *Oxford Univ., Clarendon Press*, 1984.
- [20] P. G. Nelson, "Introduction to Inorganic Chemistry" *Ventus Publ. APS*, 2011.
- [21] M. Tang, J. Shang, and Y. Zhang, "Oxygen Vacancy and Doping Atom Effect on Electronic Structure and Optical Properties of  $\text{Cd}_2\text{SnO}_4$ " *Royal Society of Chemistry (RSC) Adv.*, vol. 8, no. 2, pp. 640–646, 2018.
- [22] R. Nallendran, G. Selvan, and A. R. Balu, "NiO Coupled CdO Nanoparticles with Enhanced Magnetic and Antifungal Properties" *Surfaces and Interfaces*, vol. 15, pp. 11–18, 2019.
- [23] I. M. Further, "Titanium and Zirconium in Organic Synthesis" *Wiley-VCH Verlag GmbH and Company.KGaA*, Germany, 2002.

- [24] O. Mangla and S. Roy, "Monoclinic Zirconium Oxide Nanostructures Having Tunable Band Gap Synthesized under Extremely Non-Equilibrium Plasma Conditions" *MDPI Proceedings Journals*, vol. 3, no. 10, pp. 1–7, 2018.
- [25] V. Sunke and U. Suda, "Structural and Optical Properties of Thermally Oxidized Zirconium Dioxide Films" *Int. Lett. Chem. Phys. Astron.*, vol. 77, pp. 15–25, 2018.
- [26] M. A. Rajab, S. A. Salman, and M. N. Abdullah, "Effect of Nanoparticles and Fibers Types on Hybrid Blend Composite Materials Behavior of Epoxy and Phenol-Formaldehyde" *Int. J. Nanoelectron. Mater.*, vol. 13, no. 1, pp. 91–100, 2020.
- [27] R. Kumaravel, K. Ramamurthi, and V. Krishnakumar, "Effect of Indium Doping in CdO Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Technique" *J. of Phys. and Chem. of Solids*, vol. 71, no. 11, pp. 1545–1549, 2010.
- [28] R. S. Khaleel, "Optical Characterization of Iron Doped Cadmium Oxide Thin Films Prepared by the Spray-Pyrolysis Method" *J. Coll. Basic Educ.*, vol. 73, pp. 37–44, 2012.
- [29] F. Dagdelen, Z. Serbetci, R. K. Gupta, and F. Yakuphanoglu, "Preparation of Nanostructured Bi-Doped CdO Thin Films by Sol–Gel Spin Coating Method" *Mater. Lett.*, vol. 80, pp. 127–130, 2012.
- [30] M. Azizar and M. K. R. Khan, "Effect of Annealing Temperature on Structural, Electrical and Optical Properties of Spray Pyrolytic Nanocrystalline CdO Thin Films" *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 24, no. 1, pp. 26–33, 2014.
- [31] G. H. Mohammed, "Characterization of  $(\text{CdO})_{1-x}(\text{ZnO})_x$  Thin Films Prepared by Pulsed-Laser Deposition for Solar Cell Applications" *Iraqi J. Appl. Phys.*, vol. 11, no. 3, pp. 3–7, 2015.

- [32] عواطف صابر وزينب سمين وحسين صالح، "تأثير أشعة الليزر YAG:Nd على الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية CdO الرقيقة المحضرة بتقنية الرش الكيميائي الحراري، مجلة جامعة كركوك للعلوم الصرفة، المجلد. 10، العدد. 2، الصفحة. 213-226، 2015.
- [33] S. H. S. Ajar, E. Y. A. Ahmad, E. A. A. Hussein, and 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. Pure Appl. Sci*, vol. 28, no. 2, pp. 41–51, 2015.
- [34] Z. Muhammad, A. Hassan, and Y. Dawood, "Studying The Optical Properties of CdO and CdO: Bi Thin Films" *Baghdad Sci. J.*, vol. 13, no. 3, pp. 593–598, 2016.
- [35] N. F. Habubi, B. A. Abraham, and E. S. Noore, "Influence of Irradiation on Some Optical Properties of (CdO) Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis" *Int. Lett. Chem. Phys. Astron.*, vol. 74, no. 30, pp. 15–21, 2017.
- [36] A. H. O. Alkhayatt, "Structure, Surface Topography and Optical Characterization Of Ag co-Doped  $Cd_{1-x}Cu_xO$  Nanostructure Thin Films" *J. Kufa-Physics*, vol. 9, no. 2, pp. 41–55, 2017.
- [37] N. B. Hasan and M. A. Mohammed, "XRD Investigation of  $(PbO)_{1-x}(CdO)_x$  Thin Films Deposited By Spray Pyrolysis Technique" *J. Babylon Univ. Appl. Sci.*, vol. 25, no. 2, 2017.
- [38] A. M. E. Ibrahim, K. A. Adim, and Jassim M. Marie, "Effect of Annealing Temperature on Structural and Optical Properties of CdO Thin Films Prepared by Pulsed Laser Deposited (PLD) Technique" *KUJSS*, vol. 13, no. 1, pp. 17–33, 2018.
- [39] D. Aldin, S. Mustafa, and R. I. M. Al-rawi, "Structural and Optical Properties for Zn Doped CdO Thin Films Prepared by Pulse Laser deposition" *Iraqi J. Sci.*, vol. 59, no. 2B, pp. 839–846, 2018.

- [40] A. Z. K. Al-janaby, M. H. Mayoof, S. F. Hasan, and A. S. Mohammed, "Influence of Substrates on the Properties of Cerium Doped Cdo Nanocrystalline Thin Films" *Iraqi J. Phys.*, vol. 16, no. 38, pp. 112–123, 2018.
- [41] A. S. Mohammed, D. K. Kafi, A. Ramizy, O. O. Abdulhadi, and S. F. Hasan, "Nanocrystalline Ce-Doped CdO Thin Films Synthesis By Spray Pyrolysis Method For Solar Cells Applications" *J. Ovonic Res.*, vol. 15, no. 1, pp. 37–42, 2019.
- [42] M. K. Mahmood, H. R. A. Ali, and K. A. Mishjil, "Effect of Indium Doping on the Structural and Optical Properties of CdO Thin Films" *Tikrit J. Pure Sci.*, vol. 24, no. 3, pp. 84–90, 2019.
- [43] M. Anitha, K. Saravanakumar, N. Anitha, and L. Amalraj, "Influence of Fluorine Doped CdO Thin Films By an Simplified Spray Pyrolysis Technique Using Nebulizer" *Opt. and Quantum Electronics*, vol. 51, no. 187, pp. 1–22, 2019.
- [44] M. Rajini, M. Karunakaran, K. Kasirajan, S. Maheswari, and R. Chandramohan, "An Investigation of SILAR Grown CdO Thin Films" *Iran. J. of Chem. and Chem. Eng.*, vol. 38, no. 4, pp. 11–17, 2019.
- [45] يحيى نوري الجمال، "فيزياء الحالة الصلبة" جامعة الموصل، 1990.
- [46] S. M. Sze and M. K. LEE, "Semiconductor Devices, Physics and Technology" *John Wiley Sons, Inc*, 2012.
- [47] H. Fujiwara and R. W. Collins., "Spectroscopic Ellipsometry for Photovoltaics: Volume 2: Applications and Optical Data of Solar Cell Materials" *Springer Int. Publ. AG, part Springer of Nature*, 2019.
- [48] J. Patterson and B. Bailey, "Solid-State Physics Introduction to the Theory" 2<sup>ed</sup> Ed, *Springer-Verlag Berlin Heidelb.*, 2010.

- [49] R. Henriquez, P. Grez, E. Munoz, H. Gomez, J.A. Badan, R. E. Marotti and E.A. Dalchiele, “Optical Properties of CdSe and CdO Thin Films Electrochemically Prepared” *Thin Solid Films*, vol. 518, no. 7, pp. 1774–1778, 2010.
- [50] احمد فؤاد باشا وشريف احمد خيرى ومجد امين سليمان، “فيزياء الجوامد، مطبعة الفكر العربي 2000.
- [51] L. L. Kazmerski, “Polycrystalline and Amorphous Thin Films and Devices” *Acad. Press, Inc, USA*, 1980.
- [52] J. S. Blakmore, “Solid State physics” ,2<sup>nd</sup> Ed. *Cambridge Press*, 1986.
- [53] J. William and D. Callister, “Materials Science and Engineering, An Introduction” 6<sup>th</sup> Ed. *John Wiley and Sons, Inc*, 2003.
- [54] M. Grundmann, “The Physics of Semiconductors” *Springer-Verlag Berlin Heidelb.*, 2006.
- [55] S. C. Kashyap, “Giant Magnetoresistance in Electro Desposited Nanogranular Thin Films” *Proc. Int. Work. Phys. Technol. Thin Film. World Sci. Publ. Co.Pte. Ltd*, 2004.
- [56] H. Fujiwara and R. W. Collins, “Spectroscopic Ellipsometry for Photovoltaics Volume 1: Fundamental Principles and Solar Cell Characterization” *Springer Int. Publ. AG, part Springer of Nat.*, 2018.
- [57] J. Lutz, H. Schlangenotto, U. Scheuermann, and R. De Doncker, “Semiconductor Power Devices” *Power Electron. Convert. Syst. Front. Appl.*, 2018.
- [58] B. Streetman and S. Banerjee, “Solid State Electronic Device” 6<sup>th</sup> Ed, *Hall Int. Inc, USA*, 2009.
- [59] M. K. Jayaraj, A. Antony, and M. Ramachandran, “Transparent Conducting Zinc Oxide Thin Film Prepared By off-Axis rf Magnetron Sputtering” *Bull. Mater. Sci.*, vol. 25, no. 3, pp. 227–230, 2002.

- [60] E. Rosencher and B. Vinter, "Optoelectronics" *Transl. by Dr Paul G. Piva, Cambridge Univ. Press, 2004.*
- [61] معن محمد شاكر. محمود شكر مجيد، "اساسيات الالكترونيات". المعهد الفني الموصل 1987.
- [62] C. Jacoboni, "Theory of Electron Transport in Semiconductors" *Springer-Verlag Berlin Heidelb., 2010.*
- [63] زياد طارق خضير "دراسة الخواص البصرية وبعض الخواص الكهربائية لأغشية أكسيد الكادميوم المشوبة بأوكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري" رسالة ماجستير الجامعة المستنصرية 2003.
- [64] M. Rudan, "Physics of Semiconductor Devices" *Springer Science and Business Media NewYork, 2015.*
- [65] عدنان علي محمد، "تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية  $(\text{Sn}_{1-x}\text{V}_x\text{O}_2)$  الرقيقة ومسحوقه النانوي" رسالة ماجستير جامعة ديالى، 2015.
- [66] B. D. Cullty, "Elements of X-RAY Diffraction" *2<sup>ed</sup> Ed, Addison-Wesley Publ. Company, Inc, 1978.*
- [67] N. A. Bakr, A. A. Kamil, M. S. Jabbar, and H. Zeki, "Deposition of CuS, ZnS and their Stacked layers Thin Films by Chemical Spray Pyrolysis Technique" *Sci.Int.(Lahore)*, vol. 30, no. 2, pp. 259–266, 2018.
- [68] S. J. Ling, J. Sanny, and W. Moebs, "University Physics Volume 3" *Rice Univ., 2016.*
- [69] C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics" *8<sup>th</sup> Ed, John willy Inc, 2005.*
- [70] K. Alexander, "X-ray Diffraction Procedures for Polycrystalline and Amorphous Material" *John Willy and Sons, 1974.*
- [71] K. L. Chopra and I. Kaur, "Thin Film Device Applications" *Plenum Press, New York, 1983.*



- [72] R. Thangarasu, E. Thangavel, J. Chandrasekaran, and O. N. Balasundaram, "Synthesis, Characterization and Gas Sensing Performance of  $V_2O_5$  Nano-Structure on PET Substrate" *J. of Mater. Sci. in Mater. Electron.*, vol. 30, pp. 4238–4249, 2019.
- [73] Y. Wang, W. Tang, and L. Zhang, "Crystalline Size Effects on Texture Coefficient, Electrical and Optical Properties of Sputter-deposited Ga-doped ZnO Thin Films" *J. Mater. Sci. Technol.*, vol. 31, no. 2, pp. 175–181, 2015.
- [74] P. Rana, R. Chaudhary, and R. P. Chauhan, "Texture Coefficient Analysis of Ion Beam Irradiated Copper Nanowires" *AIP Conf. Proc.*, vol. 1731, no. 1, pp. 1–2, 2016.
- [75] R. Barir, B. Benhaoua, S. Benhamida, A. Rahal, T. Sahraoui, and R. Gheriani, "Effect of Precursor Concentration on Structural Optical and Electrical Properties of NiO Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis" *J. Nanomater.*, vol. 1, pp. 1–10, 2017.
- [76] حازم فلاح سكيك "الميكروسكوبات الالكترونية" شبكة الفيزياء التعليمية، غزة، 2013.
- [77] K. M. Lang, D. A. Hite, R. W. Simmonds, R. McDermott, D. P. Pappas, and J. M. Martinis, "Conducting Atomic Force Microscopy for Nanoscale Tunnel Barrier Characterization" *Rev. Sci. Instrum.*, vol. 75, no. 8, pp. 2726–2731, 2004.
- [78] B. S. Majumdar, "FE-SEM Principle" *New Mex. Tech-Materials Dep.*, 2009.
- [79] K. K. Singh, "Field Emission Scanning Electron Microscopy" *Inc. Mater. Charact. Lab*, 2012.
- [80] S. O. Kasap, "Principles of Electronic Materials and Devices" 2<sup>ed</sup> Ed, *Mc Graw-Hill, New York*, 2002.

- [81] P. Samarasekara and U. Wijesinghe, "Optical Properties Of Spin Coated Cu Doped ZnO Nanocomposite Films" *Georgian Electronic Sci. Journals, Physics*, vol. 2, no. 14, pp. 41–50, 2017.
- [82] J. Mullerova and P. Sutta, "On Some Ambiguities of the Absorption Edge and Optical Band Gaps of Amorphous and Polycrystalline Semiconductors" *Commun.- Sci. Lett of the. Univ. Zilina*, vol. 19, no. 3, pp. 9–15, 2017.
- [83] A. M. Saleh, N. A. Bakr, and Z. T. Khodair, "Effect of Oxygen Flow Rate on Structural and Optical Properties of SnO<sub>2</sub> Thin Films Prepared By APCVD Technique" *Dig. J. Nanomater. Biostructures*, vol. 13, no. 3, pp. 603–608, 2018.
- [84] V. D. Mote, Y. Purushotham, R. S. Shinde, S. D. Salunke, and B. N. Dole, "Structural, Optical and Antibacterial Properties of Yttrium Doped ZnO Nanoparticles" *Ceramica*, vol. 61, pp. 457–461, 2015.
- [85] A. Boukhachem, B. Ouni, A. Bouzidi, A. Amlouk, K. Boubaker, M. Bouhafs, and M. Amlouk, "Quantum Effects of Indium/Ytterbium Doping on ZnO-Like Nano-Condensed Matter in Terms of Urbach-Martienssen and Wemple-DiDomenico Single-Oscillator Models Parameters" *ISRN Condens. Matter Phys.*, pp. 1–10, 2012.
- [86] J. Kvietkova, L. Siozade, P. Disseix, A. Vasson, J. Leymarie, B. Damilano, N. Grandjean and J. Massies, "Optical Investigations and Absorption Coefficient Determination of InGaN/GaN Quantum Wells" *Phys. Stat.Solid*, vol. 190, no. 1, pp. 135–140, 2012.
- [87] Z. T. Khodair, N. A. Bakr, A. M. Hassan, and A. A. Kamil, "Influence of Substrate Temperature and Thickness on Structural and Optical Properties of CZTS Nanostructures Thin Films" *J. Ovonic Res.*, vol. 15, no. 6, pp. 377–385, 2019.

- [88] N. F. Mott and E. A. Davis, “Electronic Processes in Non-Crystalline Materials” 2<sup>ed</sup> Ed, Clarendon Press. Oxford Univ., 2012.
- [89] H. G. Tompkins and J. N. Hilfiker, “Spectroscopic Ellipsometry: Practical Application to Thin Film Characterization” Momentum Press. LLC, New Yourk, 2016.
- [90] طاهر حمد محمود “دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية CdO المشوبة بـ Sn والمحضرة بتقنية التبخير الحراري في الفراغ”، رسالة ماجستير جامعة بغداد، 2011.
- [91] N. F. Habubi, N. A. Bakr, and S. A. Salman, “Optical Parameters of Amorphous Selenium Deposited by Thermal Evaporation Technique” *Phys. Chem. An Indian J.*, vol. 8, no. 2, pp. 54–58, 2013.
- [92] يوريس “المغناطيسية والتيار المتردد”، ترجمة الدكتور حازم فلاح سكيك. المركز العلمي للترجمة. جامعة الازهر، 2014.
- [93] N. S. C. E. H. Center, “Understanding Radiation in Our World” A Publ. Natl. Saf. Counc. Environ. Heal. Cente, 2008.
- [94] G. R. Gilmore, “Practical Gamma-Ray Spectrometry” 2<sup>ed</sup> Ed, John Wiley and Sons, 2008.
- [95] M. S. Al- Arif, “Biophysics Radiation” Usama Publ. Jordan, 1999.
- [96] S. Celli, “Gamma-Ray and Neutrino Signatures of Galactic Cosmic Ray Accelerators” PhD Thesis, Gran Sasso Science Institute, Italy, 2019
- [97] ماير هوف “مبادئ الفيزياء النووية”، ترجمة الدكتور عاصم عبد الكريم عزوز، جامعة الموصل، 1982.
- [98] Y. Waseda, E. Matsubara, and K. Shinoda, “X-Ray Diffraction Crystallography” Springer-Verlag Berlin Heidelb., 2011.
- [99] L. S. do Carmo, “High-Dose Thermoluminescent Dosimetry of Gamma Rays, Beta Rays, Proton Beams and Epithermal Neutrons Using Natural Silicate Minerals and LiF : Mg , Cu , P Detectors” Master Thesis, São Paulo, 2015.

- [100] N. Wongcharoen, T. Gaewdang, and T. Wongcharoen, “Electrical Properties of Al-doped CdO Thin Films Prepared By Thermal Evaporation In Vacuum” *Energy Procedia*, vol. 15, pp. 361–370, 2012.
- [101] A. A. Ojo and I. M. Dharmadasa, “Effect of Gallium Doping On The Characteristic Properties Of Polycrystalline Cadmium Telluride Thin Film” *J. of Electron. Mater.*, vol. 46, no. 8, pp. 5127–5135, 2017.
- [102] K. Usharan and A. R Balu, “Structural, Optical, and Electrical Properties of Zn-Doped CdO Thin Films Fabricated by a Simplified Spray Pyrolysis Technique” *Acta Metall. Sinica*, vol. 28, no. 1, pp. 64–71, 2015.
- [103] S. A. Kakil, B. N. Sabr, L. S. Hana, T. A. H. Abbas, and S. Y. Hussin, “Effects of a Low Dose of Gamma Radiation on the Morphology, and the Optical and the Electrical Properties of an ITO Thin Film as an Electrode for Solar Cell Applications” *J. Korean Phys. Soc.*, vol. 72, no. 5, pp. 561–569, 2018.
- [104] B. S. Al Farhan, “Characterization of ZrO<sub>2</sub> Nano Particles Prepared by Glycothermal and their Efficiency as Adsorbent of As(III) and As (V) from Waste Water” *J. Environ. Anal. Toxicol.*, vol. 07, no. 6, 2017.
- [105] A. Rahman and M. Halima, “Structural, Optical And Electrical Properties of (Al) Doped CdO Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis Method” *IOSR Journal of Applied Physics*, vol. 11, no. 6, pp. 9–14, 2019.
- [106] S. Ahmad, S. Islam, M. Nasir, K..Asokan and M. Zulfequara, “Effects of Gamma-Ray Irradiation on the Optical Properties of Amorphous Se<sub>100-x</sub>Hg<sub>x</sub> Thin Films” *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 117, pp. 122–130, 2018.

- [107] M. Duinong, F. P. Chee, S. Salleh, A. Alias, K. A. Mohd Salleh, and S. Ibrahim, "Structural and Optical Properties of Gamma Irradiated CuGaO<sub>2</sub> Thin Film deposited by Radio Frequency (RF) Sputtering" *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1358, no. 1, 2019.
- [108] K. Usharani, A. Balu, G. Shanmugavel, M. Suganya and V. Nagarethinam, "Transparent Conducting CdO Thin Films Fabricated by Low Cost Simplified Spray Technique Using Perfume Atomizer" *Int. J. Sci. Res. Rev. (JSRR)*, vol. 2, no. 3, pp. 53–68, 2013.
- [109] M. Ravikumar, R. Chandramohan, K. Deva, S. Valanarasu, A. Kathalingam, V. Ganesh, M. Shkir and S. Alfaify, "Effect of Gd<sup>+3</sup> Doping on Key Structural, Morphological, Optical, and Electrical Properties of CdO Thin Films Fabricated By Spray Pyrolysis Using Perfume Atomizer" *J. Sol-Gel Sci. and Technol.*, vol. 85, no. 1, pp. 31–40, 2018.
- [110] E. Makori, I. Amatalo, P. Karimi, and W. Njoroge, "Optical and Electrical Properties of CdO:Sn Thin Films for Solar Cell Applications" *Int. J. Optoelectron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 11–15, 2014.
- [111] A. Hassan, Y. Jin, M. Irfan, and Y. Jiang, "Acceptor-Modulated Optical Enhancements and Band Gap Narrowing In ZnO Thin Films" *AIP Adv.*, vol. 8, no. 3, 2018.
- [112] C. S. Schnohr and M. C. Ridgway, "X-Ray Absorption Spectroscopy of Semiconductors" *Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New york*, 2015.

## Abstract

In this work, thin films of undoped and Zr-doped cadmium oxide ( $\text{Cd}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}$ ) were deposited on glass substrates with different doping concentrations ( $x= 0.03, 0.05, 0.07$  and  $0.09$ ) using spray pyrolysis technique at a temperature of ( $450^\circ\text{C}$ ) with thickness ( $420\pm 20$  nm). The study of doping effects on the structural, optical and electrical properties of prepared films. Also study of effect irradiation by gamma rays on the structural XRD, optical, and electrical properties (Hall effect) for thin films prepared .

X-ray diffraction (XRD) analysis showed that all prepared thin films were polycrystalline and cubic structure with preferred orientation along (200) plane and the preferred orientation not change with increasing concentration doping., and decrease in the intensity of the peaks and crystallite size, while dislocation density and number of crystallite increase with increase Zr doping. After irradiation, no change in the type of structural and preferred orientation of all prepared thin films were observed. Also, it was observed increase in the intensity of the diffraction peaks and crystalline size, while density of the dislocations and the number of crystals were decreased after irradiation.

Atomic force microscopy (AFM) results showed that the increasing of doping concentration have an effect on the growth of the films, where the surface roughness and root mean square were decreases, as well as the decrease in the average of grain diameter by increasing the percentage of doping. FESEM images result showed that the all prepared thin films have good growth and almost uniform distribution of particles with similar shapes as small stones, and a difference in the grain size. Also, it noticed that the grain size of particle was decreases with increasing rates of doping, and begin to take almost spherical shape. The constituent elements of the films were verified by EDAX.

The optical properties of films were studied before and after the gamma-ray irradiation. Absorption and transmittance spectrum were recorded

within the wavelength range (340-900nm). Noticed that the absorption of light was decreased and transmittance increases with increased wavelength. Also the reflectivity increases and then immediately begins to decrease in the range of the high photon energies. The optical energy gap for allowed direct electronic transition were increased when the doping increased. The energy band gap values were in the range between (2.337-2.68 eV). The energy band gap for indirect transition allowed increases with the increase in doping rates. The values of optical constants (refractive index, extinction coefficient and dielectric constant both real and imaginary) were decreased with increasing doping rates. After irradiation, we observed an increase in the values of absorbance, decreased transmittance and reflectivity than were before irradiation. The energy band gap values for direct and indirect electron transitions were decreased, As well as increasing in the values of optical constants than were before irradiation.

The study of electrical properties represented of the Hall effect measurement were showed that the type of charge carriers was (n-type) for all prepared films, and the type of the charge carriers was not affected after doping and irradiation. The conductivity value was increased at 0.03 and 0.05 of doping concentrations and its decreased with increasing doping rates at 0.07 and 0.09 before irradiation. After irradiation the conductivity was decreased for all prepared films compared with initial value before irradiation. Mobility of electrons was decreased with increasing doping rates before and after irradiation.

Republic of Iraq  
Ministry of Higher Education  
And Scientific Research  
University of Diyala  
College of Science



# **Study of Irradiation Effect on Some Physical Properties of $(\text{Cd}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O})$ Thin Films Prepared Chemically**

**A Thesis  
Submitted to the Council of College of Science  
University of Diyala in Partial Fulfillment  
of the Degree of M.Sc. in Physics**

**By  
Mohammed Mahmoud Abdelrahman  
(B. Sc. in Physics 1998)**

**Supervised By**

**Assist Prof. Dr. Jasim Mohammed Mansoor  
Professor. Firas Mahmoud Hady**

**2021 A.D.**

**1442 A.H.**