



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى
كلية العلوم

تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية
لأنغشية $[Cd_{1-x}Cr_xO]$ الرقيقة

رسالة تقدم بها

رحيم احمد علي

إلى
مجلس كلية العلوم – جامعة ديالى
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

بإشراف

د.زياد طارق خضير

٢٠١٤م

١٤٣٥هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَنَفْسٍ وَمَا سَوَّاهَا (٧) فَأَلْهَمَهَا فُجُورَهَا
وَتَقْوَاهَا (٨) قَدْ أَفْلَحَ مَن زَكَّاهَا (٩) وَقَدْ
خَابَ مَن دَسَّاهَا (١٠)

سورة الشمس
الاية (٧-١٠)

اقرار الاستاذ المشرف

نشهد ان إعداد رسالة الماجستير للطالب (رحيم احمد علي) قد جرى تحت إشرافنا في قسم الفيزياء/ كلية العلوم/ جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في (علوم الفيزياء).

التوقيع:-

اسم المشرف:- د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية:- مدرس

العنوان:- جامعة ديالى- كلية العلوم

التاريخ:-

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناءا على التوصية المقدمة من قبل (د.زياد طارق خضير) احيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لبيان الراي فيها.

التوقيع:-

الاسم:- د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية:- مدرس

العنوان:- جامعة ديالى - كلية العلوم

التاريخ:-

اقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه ، نشهد بأننا اطلعنا على الرسالة الموسومة «تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية (Cd_{1-x}Cr_xO) الرقيقة»، للطالب (رحيم احمد علي) وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء، وبعد إجراء المناقشة وجدت اللجنة إن الرسالة مستوفية لمتطلبات نيل الشهادة المذكورة، وعليه توصي اللجنة بقبول الرسالة بتقدير (امتياز).

رئيس اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. نادر فاضل حيوبي

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: الجامعة المستنصرية / كلية التربية

التاريخ: ٢٠١٤ / /

عضو اللجنة

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. عبد الحميد رحيم مهدي الصراف

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة بغداد / كلية التربية

للعلوم الصرفة / ابن الهيثم

التاريخ: ٢٠١٤ / /

التوقيع:

الاسم: د. صباح انور سلمان

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم

التاريخ: ٢٠١٤ / /

عضو اللجنة (المشرف)

التوقيع:

الاسم: د. زياد طارق خضير

المرتبة العلمية: مدرس

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم

التاريخ: ٢٠١٤ / /

مصادقة عمادة كلية العلوم - جامعة ديالى

التوقيع:

الاسم: د. تحسين حسين مبارك

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى / كلية العلوم

التاريخ: ٢٠١٤ / /

شكر وتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم "وَالْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي هَدَانَا لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَكُونَنَّ لَهُ شُكْرًا" **والله اعلم**

صدق الله العظيم

لقمان (12)

من هذه الآية الكريمة انطلق بالشكر والثناء والحمد لله تعالى على جميع نعمه الذي وفقني لاكمال كتابة رسالتي هذه، فلك الحمد ربي كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك ان يحمد، والسلام على سيد المرسلين وشفيق يوم الدين وحبيب رب العالمين (محمد) صلى الله عليه وسلم وعلى اله وصحبه الميامين.

وانا اضع اللمسات الاخيرة لهذا البحث اتقدم باسمي ايات الشكر والتقدير الى جامعة ديالى -عمادة كلية العلوم- قسم الفيزياء لاتاحتهم الفرصة لي لاكمال دراستي والى السيد العميد (أ.م. د- تحسين حسين مبارك) لتذليله الصعوبات التي واجهتنا اثناء فترة البحث، كما اتقدم بوافر الشكر والتقدير الى أول الذي ادين له بالامتنان العميق مشرف رسالتي (د. زياد طارق خضير) لاقتراحه موضوع البحث وتوجيهاته العلمية القيمة طوال فترة البحث أسأل الله له دوام الصحة والعافية. كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير الى اساتذتي الافاضل (أ.م.د- كريم هنيكش أ. د- نبيل علي بكر أ.د- صباح انور سلمان) لتعاونها اللامحدود معي في الحصول على المستلزمات المختبرية والمعلومات النظرية والعملية الخاصة بالبحث. واسجل شكري واحترامي الى استاذي (أ.م. اسعد احمد ، أ.م. فيصل غازي ، أ.م. محمد حميد) جامعة ديالى - كلية العلوم - قسم الفيزياء، لدوام السؤال عني ومساعدتي لاسيما في الجانب العملي.

ولابد أن اسجل كلمة شكر وتقدير الى جامعة بغداد- كلية التربية-ابن الهيثم ولاسيما الدكتور طارق والدكتورة تغريد لتسهيل اجراء فحوصات (XRD) الخاصة ببحثي. كما اتقدم بخالص شكري الى جميع الاصدقاء والى زملائي في مهنة التدريس (احمد حسن، جاسم محمد) والى الزملاء والزميلات طلبة الدراسات العليا في قسم الفيزياء- كلية العلوم - جامعة ديالى.

وأود أن ازجي الشكر خالصاً الى "وزارة العلوم والتكنولوجيا" (مركز الطاقة الشمسية) لاجراءهم الفحوصات الكهربائية والى (د.فلاح) والاستاذ (اسماعيل- ابو زيد) لما قدماه لي من مساعدة لاتنسى. وفي الختام اقدم شكري وعرفاني بالجميل لجميع افراد أسرتي لما منحوني من رعاية وتشجيع طيلة فترة الدراسة والبحث وواكبوا معي خطوات هذا البحث بدعائهم وارواحهم الصافية. لهم جميعاً اكرر شكري داعياً العلي القدير ان يمدهم بالصحة ويوفقهم لما فيه خير الجميع.

الأهداء

الى من خلقني فسواني واعطاني فأرخاني الله ربي

الى تراجي بلدي الطبيب الطاهر نبج المحبة والصفاء بلادي العراق

الى التي احترقتني لكي تنير دربي وتمنني ان تواني في احسن حال ... والدتي

الى الذي انجني لكي استقيم فكان السند والوثد الذي وقفتم عليه والدي

الى روح اخي الذي ادمى قلبي الما بحلاء رحمه الله

الى من سهرته الليالي في سبيل راحتي ونجاحي زوجتي العزيزة

الى من تدفقت قلوبهم كالصافير لفرحتي محمدا ووفاء اخوتي

الى شموعي ونور عيني هم من ادخل الفرحه الى قلبي فلماذا كبتني

(ماهر، وصال، ياسر، مازن، جمال، اطياف)

رحيم

البحوث المقبولة للنشر

تم قبول البحث الموسوم:

((STUDY OF STRUCTURAL AND OPTICAL PROPERTIES OF
(Cd_{1-x}Cr_x O) THIN FILMS PREPARED BY CHEMICAL SPRAY
PYROLYSIS METHOD)) .

لنشر في مجلة International Journal of Current Research الهندية.

رقم التصنيف: ISSN 0975-833X

رقم المجلد: 6

رقم الإصدار: 9

الصفحات: 8384 - 8389

السنة: ٢٠١٤

الموقع الإلكتروني: www.ilcpa.pl

الخلاصة

تم في دراستنا الحالية تحضير اغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم وبنسب تطعيم حجمية % (2,4,6 and 8) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية وبدرجة حرارة (400°C) وبسمك $(300 \pm 5)\text{nm}$. وبينت الدراسة تأثير التطعيم بالكروم على الخواص التركيبية، والبصرية، والكهربائية.

بينت فحوصات الاشعة السينية ان الاغشية المحضرة غير المطعمة والمطعمة بالكروم ولكافة نسب التطعيم ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعبي (F.C.C)، والاتجاه السائد لكافة الاغشية المحضرة المطعمة وغير المطعمة هو (111)، ووجد كذلك ان زيادة التطعيم يؤدي الى نقص في شدة القمم، ونقصان في معدل الحجم الحبيبي ولكافة الاغشية المحضرة.

ولأجل دراسة الخواص البصرية تم تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية ضمن معدل الطول الموجي $(300-900)\text{nm}$ ، وتبين من الفحص ان النفاذية للاغشية تزداد عند زيادة نسب التطعيم حتى تصل الى (90%) عند النسبة (8%). وتم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح باستخدام معادلة (T_{auc}) ووجدت انها تساوي (2.4 eV) للاغشية غير المطعمة ثم تزداد مع زيادة نسب التطعيم حتى تصل الى (2.71eV) عند اعلى نسبة وهذه القيم لفجوة الطاقة تتفق تقريبا مع قيمها المحسوبة بطريقة المشتقة الاولى للامتصاصية بالنسبة لطاقة الفوتون، وحسبت كذلك قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر الممنوع ووجد انها تساوي (1.88eV) للاغشية غير المطعمة وتزداد مع زيادة نسب التطعيم لتصل الى (2.31eV) عند اعلى نسبة، وايضا تم حساب فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح.

حسبت طاقة ذبول اورباخ ووجد انها تساوي (553 meV) للاغشية غير المطعمة ثم تقل عند التطعيم وبزيادة التطعيم لتصل الى (315meV) عند اعلى نسبة. الثوابت البصرية كمعامل الامتصاص، والانعكاسية، ومعامل الخمود، ومعامل الانكسار، وثابت العزل بجزئيه الحقيقي والخيالي، والتوصيلية البصرية كدوال لطاقة الفوتون ايضا.

بينت فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM) لكافة الاغشية المحضرة ان معدل مربع خشونة السطح وخشونة السطح تقل عند زيادة التطعيم وهي تتفق مع قيم معدل الحجم الحبيبي لان بينهما علاقة طردية المستحصلة من قياسات (XRD).

اما الخواص الكهربائية المتضمنة حساب تأثير هول، والمقاومية، والتوصيلية، والتحركية، وتركيز حاملات الشحنة فقد تم حسابها كذلك ووجد ان هناك نقصان في قيم التوصيلية بزيادة نسب التطعيم.

المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
I	المحتويات	
V	قائمة الجداول	
VI	قائمة الاشكال	
X	قائمة الرموز	
XII	قائمة المختصرات	
1-17	المقدمة	الفصل الأول
1	المقدمة	(1-1)
2	طرائق تحضير الأغشية الرقيقة	(2-1)
3	تقنية التحلل الكيميائي الحراري	(3-1)
4	اللية تكوين الاغشية الرقيقة	(4-1)
6	خصائص مادة الاغشية	(5-1)
6	او كسيد الكاديوم	(1-5-1)
7	شبه الموصل (CdO) وبعض تطبيقاته	(2-5-1)
8	الكروم	(6-1)
10	الدراسات السابقة	(7-1)
17	هدف البحث	(8-1)
18-46	الجزء النظري	الفصل الثاني
18	المقدمة	(1-2)
18	البنية البلورية والاتجاهات	(2-2)
19	المواد البلورية	(3-2)

19	مواد احادية التبلور	(1-3-2)
20	مواد متعددة التبلور	(2-3-2)
20	المواد غير البلورية	(4-2)
21	العيوب البلورية	(5-2)
22	حزم الطاقة في المواد الصلبة	(6-2)
22	المواد الموصلة	(1-6-2)
22	المواد العازلة	(2-6-2)
22	المواد شبه الموصلة	(3-6-2)
24	المركبات شبه الموصلة	(7-2)
25	مركبات (II-IV) وبعض تطبيقاتها	(8-2)
25	اشباه الموصلات الذاتية	(9-2)
26	اشباه الموصلات غير الذاتية	(10-2)
28	الخصائص التركيبية	(11-2)
28	حيود الاشعة السينية	(1-11-2)
30	المعلومات التركيبية	(2-11-2)
30	ثابت الشبكة	1
30	عرض المنحنى لمنتصف القمة	2
30	معدل الحجم الحبيبي	3
32	عامل التشكيل	4
32	كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات	5
32	الخواص البصرية	(12-2)
32	تفاعل الضوء مع شبه الموصل	(1-12-2)
33	النفاذية	(2-12 -2)
34	الامتصاصية	(3-12-2)

34	حافة الامتصاص الاساسية	(1-3-12-2)
34	مناطق الامتصاص	(2-3-12-2)
35	معامل الامتصاص	(4-12 -2)
36	الانتقالات الالكترونية	(5-12 -2)
36	الانتقالات الالكترونية المباشرة	(1-5-12-2)
38	الانتقالات الالكترونية غير المباشرة	(2-5-12-2)
39	الانعكاسية	(6-12 -2)
40	الثوابت البصرية	(7-12 -2)
40	معامل الخمود	(1-7-12 -2)
41	معامل الانكسار	(2-7-12 -2)
42	ثابت العزل	(3-7-12 -2)
44	التوصيلية البصرية	(4-7-12 -2)
44	الخواص الكهربائية	(13-2)
45	تأثير هول	(1-13-2)
46-57	الجزء العملي	الفصل الثالث
47	المقدمة	(1-3)
48	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	(2-3)
50	العوامل المؤثرة على تحضير الأغشية	(3-3)
52	تحضير الأغشية الرقيقة	(4-3)
52	تحضير المحاليل	(1-4-3)
52	تحضير محلول خلاص الكاديوم	(1-1-4-3)
53	تحضير محلول التطعيم	(2-1-4-3)
54	تحضير المحلول المستخدم في ترسيب أغشية (Cd _{1-x} Cr _x O) الرقيقة	(3-1-4-3)
54	تهيئة القواعد الزجاجية	(2-4-3)

55	قياس سمك الاغشية	(5-3)
55	القياسات التركيبية	(6-3)
56	القياسات البصرية	(7-3)
56	قياسات مجهر القوة الذرية	(8-3)
57	القياسات الكهربائية	(9-3)
57	تأثير هول	(1-9-3)
58-95	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
58	المقدمة	(1-4)
58	نتائج الفحوصات التركيبية	(2-4)
65	نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية	(3-4)
68	القياسات البصرية	(4-4)
68	النفذية	(1-4-4)
69	الامتصاصية	(2-4-4)
70	معامل الامتصاص	(3-4-4)
71	فجوة الطاقة البصرية	(4-4-4)
78	طاقة اوريخ	(5-4-4)
80	الانعكاسية	(6-4-4)
80	معامل الخمود	(7-4-4)
81	معامل الانكسار	(8-4-4)
86	ثابت العزل	(9-4-4)
88	التوصيلية البصرية	(10-4-4)
88	القياسات الكهربائية	(5-4)
93	الاستنتاجات	(6-4)
94	مشاريع مستقبلية	(7-4)
95	المصادر	

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
	المقدمة	الفصل الاول
6	بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لأكسيد الكاديوم	(1-1)
9	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأكسيد الكروم الثلاثي	(2-1)
	الجزء النظري	الفصل الثاني
25	اشباه الموصلات المكونة من عناصر مفردة ومركبة	(1-2)
	الجزء العملي	الفصل الثالث
54	النسب الحجمية المستخدمة في تحضير أغشية أكسيد الكاديوم	(1-3)
	النتائج والمناقشة	الفصل الرابع
60	بعض النتائج التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(1-4)
64	المعلومات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) للاتجاه السائد ولجميع الأغشية المحضرة	(2-4)
78	مقارنة بين قيم فجوة الطاقة البصرية لجميع الانتقالات الالكترونية المحسوبة في هذا البحث	(3-4)
78	قيم طاقة أورباخ لأغشية (CdO) ولجميع الأغشية المحضرة	(4-4)
85	قيم الثوابت المحسوبة من علاقة (Cauchy)	(5-4)
85	قيم الثوابت المحسوبة من علاقة (Sellmeier)	(6-4)
92	النتائج التي تم الحصول عليها من قياس تأثير هول	(7-4)

قائمة الاشكال

الرقم	عنوان الشكل	رقم الصفحة
الفصل الأول	المقدمة	
(1-1)	طرائق تحضير الاغشية الرقيقة	2
(2-1)	المراحل الاساسية لتكوين الاغشية الرقيقة	5
(3-1)	حجم القطرات النازلة	5
(4-1)	التركيب البلوري لأكسيد الكاديوم	6
(5-1)	شبه الموصل (CdO)	7
(6-1)	مجموعة من اكاسيد التوصيل الشفاف	7
(7-1)	أكسيد الكروم	8
(8-1)	التركيب البلوري لأكسيد الكروم	9
الفصل الثاني	الجانب النظري	
(1-2)	نظام بلوري مجسم فيه وحدة خلية معينة	18
(2-2)	زوايا المجسم البلوري	18
(3-2)	عدد من المستويات البلورية لبلورة مكعبة	19
(4-2)	تركيب المواد تبعا لترتيب ذراتها	20
(5-2)	حيود الاشعة السينية (XRD) لأغشية رقيقة ، (a) متعددة التبلور، (b) احادية التبلور، (c) عشوائية	21
(6-2)	مديات التوصيلية والمقاومية للمواد العازلة والموصلة وشبه الموصلة	23
(7-2)	حزم الطاقة في المواد ، (a-عازل)، (b - شبه موصل) ، (c- موصل	24
(8-2)	تكون فجوة الطاقة المحصورة في المواد البلورية	24
(9-2)	شبه موصل نوع (n-type)	22
(10-2)	شبه موصل نوع (p-type)	27

28	المستويات البلورية لقانون براك	(11-2)
29	انماط حيود الاشعة السينية لأغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالحديد	(12-2)
33	النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) المطعمة بالفلور	(13-2)
35	مناطق الامتصاص	(14-2)
36	معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) المطعمة بالالومنيوم	(15-2)
39	الانتقالات الالكترونية	(16-2)
40	الانعكاسية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) المطعمة بالفلور	(17-2)
40	معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO:Al)	(18-2)
42	معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) المطعمة بالالومنيوم	(19-2)
43	تغير (ϵ_1) مع (λ) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالالومنيوم	(20-2)
44	تغير (ϵ_2) مع (λ) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالالومنيوم	(21-2)
46	التكوين الاساس لظاهرة هول	(22-2)
	الجانب العملي	الفصل الثالث
47	مخططاً للخطوات المتبعة في الجانب العملي	(1-3)
48	منظومة التحلل الكيميائي الحراري	(2-3)
49	جهاز التريذ	(3-3)
57	مجهر القوة الذرية من النوع (AAA3000) مع مخطط لآلية عمله.	(4-3)
57	صورة فوتوغرافية للجهاز المستخدم في قياس تأثير هول	(5-3)

الفصل الرابع	النتائج والمناقشة	
(1-4)	منحنيات حيود الاشعة السينية لاغشية CdO	59
(2-4)	قيم معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) كدالة لنسب التطعيم	61
(3-4)	قيم عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم	62
(4-4)	قيم كثافة الانخلاعات كدالة لنسب التطعيم	63
(5-4)	قيم عدد الحبيبات كدالة لنسب التطعيم	63
(6-4)	مربع معدل الخشونة و خشونة السطح كدالة لنسب التشويب	65
(7-4a,b,c,d,e)	صور ونتائج (AFM) لجميع الاغشية المحضرة	66
(8-4)	طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	69
(9-4)	الامتصاصية كدالة للطول الموجي	70
(10-4)	تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	71
(11-4a,b,c,d,e)	قيم فجوة الطاقة لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم طريقة (T_{auc}) كدالة لطاقة الفوتون	72
(12-4a,b,c,d,e)	قيم فجوة الطاقة لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم طريقة المشتقة كدالة لطاقة الفوتون	73
(13-4)	تغير فجوة الطاقة لجميع الانتقالات المحسوبة في هذا البحث كدوال لنسب التطعيم.	74
(14-4a,b,c,d,e)	فجوة الطاقة للانتقال المباشر الممنوع كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	75
(15-4a,b,c,d,e)	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح كدالة لطاقة	77

	الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	
79	قيم طاقة اورياخ لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة	(16-4a,b,c,d,e)
80	طيف الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(17-4)
81	تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(18-4)
82	تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(19-4)
83	العلاقة بين معامل الانكسار والطول الموجي (نموذج Cauchy) لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(20-4a,b,c,d,e)
84	العلاقة بين معامل الانكسار والطول الموجي لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم انموذج (Sellmeier)	(21-4a,b,c,d,e)
86	تغير معامل الانكسار كدالة لنسب التطعيم	(22-4)
87	تغير ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(23-4)
87	تغير ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(24-4)
88	العلاقة بين التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(25-4)
89	يبين تغير معامل هول كدالة لنسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(26-4)
90	تغير تركيز الحاملات مع نسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(27-4)
90	التوصيلية الكهربائية كدالة لنسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(28-4)
91	تغير التحركية كدالة لنسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم	(29-4)
91	نتائج قياس تأثير هول لنموذج اغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة	(30-4)

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
E_F	طاقة مستوى فيرمي	eV
E_c	طاقة مستوى التوصيل	eV
E_v	طاقة مستوى التكافؤ	eV
n	عدد صحيح يسمى رتبة الحيود	--
θ	زاوية براك	degree
λ	الطول الموجي	Å
d_{hkl}	المسافة بين مستويين بلوريين متجاورين	Å
a_o	ثابت الشبكة	Å
hkl	معاملات ميلر	--
D_{av}	معدل الحجم الحبيبي	nm
B	عرض المنحنى لمنتصف الشدة العظمى (FWHM)	Radian
β_s	العرض الناتج من الاجهاد	Radian
β_D	العرض الناتج من الحجم الحبيبي	Radian
T_c	عامل التشكيل	--
$I_{(hkl)}$	الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl)	--
$I_{o(hkl)}$	الشدة القياسية للمستوي (hkl) في بطاقة (JCPDS)	--
δ	كثافة الإنخلاعات	cm ⁻²
N_o	عدد البلوريات لوحدة المساحة	cm ⁻²
I_X	شدة الضوء النافذ	eV/m ² .s
I_o	شدة الضوء الساقط	eV/m ² .s
I_A	شدة الضوء الممتص	eV/m ² .s

eV	الطاقة الابتدائية للإلكترون	E_i
eV	الطاقة النهائية للإلكترون	E_f
meV	طاقة ذبول اورباخ	ΔE_U
eV	فجوة الطاقة للانتقال المباشر	E_g
cm^{-1}	المتجه الموجي الابتدائي للإلكترون في حزمة التكافؤ	$\vec{k}_i$
cm^{-1}	المتجه الموجي النهائي للإلكترون في حزمة التوصيل	$\vec{k}_f$
cm^{-1}	المتجه الموجي للفوتون الساقط	$\vec{q}$
eV	طاقة الفونون	E_p
eV	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر	E'_g
--	النفاذية	T
--	الانعكاسية	R
cm^3/C	معامل هول	R_H
T	شدة المجال المغناطيسي	B_Z
mV	فولتية هول	V_H
cm^{-3}	تركيز الحاملات	n_H
cm^2/Vs	تحركية هول	μ_H
$(\Omega.\text{cm})^{-1}$	التوصيلية الكهربائية	$\sigma_{d.c}$
eV	فجوة الطاقة للمادة المصمتة E_g^0	E_g^0
g	الكتلة المختزلة	m_r^*

قائمة المختصرات

FCC	Face Centered Cubic
hcp	Hexagonal closed packed
LCD	Liquid crystal displays
TCO	Transparent Conducting Oxide
XRD	X-Ray Diffraction
XRF	X-Ray fluorescence
AFM	Atomic Force Microscopy
SEM	Scanning Electron Microscopy
SILAR	Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction
TLD	ThermoLuminescence Dosimetry
FWHM	Full Width at Half Maximum
SPM	Scanning Probe Microscopy
STM	Scanning Tunneling Microscopy
JCPDS	Joint Committee of Powder Diffraction Standards
RMS	Root Mean Square
SR	Surface Roughness

الفصل الاول
حائى صر سى حائى صر سى

المقدمة
حائى صر سى

(1-1) المقدمة

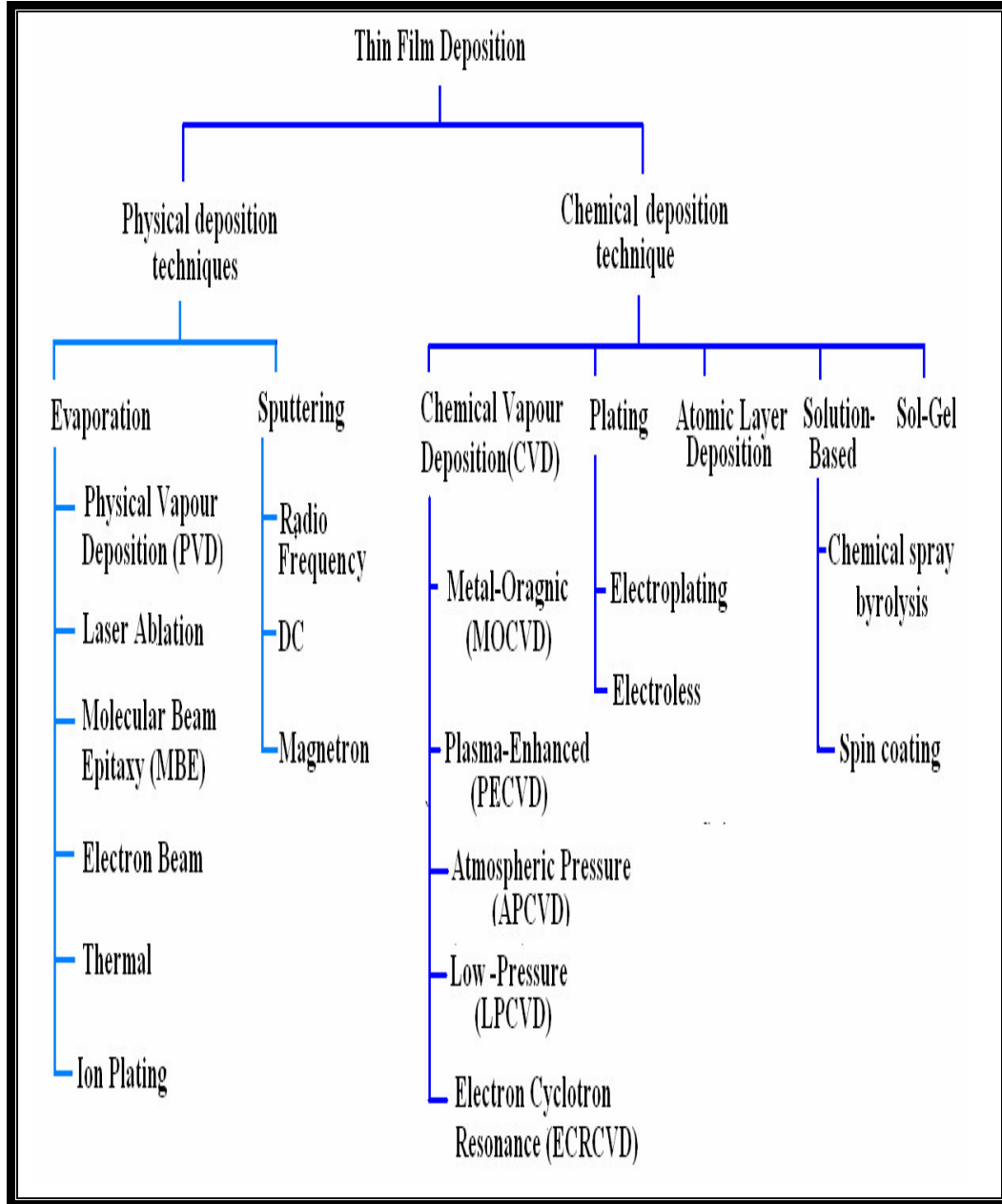
(Introduction)

إِعتنى الباحثون في اوائل القرن التاسع عشر بدراسة المواد شبه الموصلة نظراً لأهميتها ونظراً لما تمتاز به هذه المواد من إذ تَأثّر توصيليتها بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي، فقد جعل منها مواداً بالغة الأهمية في التطبيقات الصناعية [1]. يعد تصنيع المقوّمات (rectifiers) من قبل (smith,1886) [2]، أول التطبيقات المهمة لاشباه الموصلات ، ثم تلا ذلك صنع الدايود والثنائيات الضوئية. وفي عام (1946) توجّبت هذه الصناعات بتصنيع الترانزستورات ثم الدوائر الالكترونية المتكاملة (integrated circuit) ثم جاء تصنيع اول خلية شمسية (solar cell) في عام (1954) [3].

يستعمل مصطلح الغشاء الرقيق (thin film) لوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة معينة لا يتعدى سمكها مايكروناً واحداً [4]. بدأ العمل في مجال تحضير الاغشية الرقيقة في منتصف القرن التاسع عشر إذ قام كل من (Bunsen & Grove 1852) بتحضير اغشية معدنية رقيقة باستعمال تقنية التفاعل الكيميائي وتقنية التريز بالتفريغ التوهجي. وفي عام 1857 تمكن (Faraday) من الحصول على غشاء معدني رقيق بتقنية التبخير الحراري [5]. وعلى مر السنين تنوعت وتعددت طرائق تحضير الاغشية الرقيقة ولكل طريقة مميزاتها وصفاتها التي تميزها عن غيرها للحصول على اغشية ذات مواصفات جيدة ب إذ تتلائم والتطبيقات العملية المختلفة. تحظى الاغشية الرقيقة لمواد اشباه الموصلات في الوقت الحاضر باهمية كبيرة نظراً لاستعمالها في مجالات متعددة، اذ استعيز عن الكثير من اجزاء الدوائر الالكترونية كالمقاومات والمتسعات والمرشحات والكواشف والترانزستورات وغيرها لتحل الاغشية الرقيقة محلها، اما بالنسبة للتطبيقات البصرية فيستفاد من الاغشية الرقيقة في عمليات التصوير الفوتوغرافي واجهزة الاستنساخ كما تستعمل الاغشية الرقيقة في صناعة المرشحات البصرية والطلاءات العاكسة وغير العاكسة، وتتجلى اهمية الاغشية الرقيقة في صناعة الخلايا الشمسية والكواشف الضوئية [6] .

(2-1) طرائق تحضير الاغشية الرقيقة Thin Films Preparation Methods

تعددت طرائق تحضير الاغشية الرقيقة واصبحت لكل طريقة مميزات خاصة التي نشأت من اجلها ومن اهم الاسباب التي تؤدي الى نجاح طريقة التحضير هي قلة تكاليف عملية التحضير وبساطتها وتوفر أجهزتها محليا وجودة الغشاء المحضر هو الذي يحدد فعالية طريقة التحضير والشكل (1-1) يوضح طرائق تحضير الاغشية الرقيقة [7].



الشكل (1-1) طرائق تحضير الاغشية الرقيقة [7].

(3-1) تقنية التحلل الكيميائي الحراري

(Chemical Spray Pyrolysis Technique)

تعتمد بعض التقنيات على ترسيب المادة على قواعد معينة كما في تقنية الترسيب بالتحلل الكيميائي الحراري المعتمدة في هذا البحث وهي من أكثر الطرائق شيوعاً في تحضير الأغشية الرقيقة. وتتلخص هذه الطريقة بترسيب محلول المادة المراد تحضير الغشاء منها على قواعد زجاجية وبدرجة حرارية معينة تعتمد على مادة الغشاء المستخدمة في التحضير ويتم تكوّن الغشاء من خلال التفاعل بين المادة والقاعدة الساخنة. إن الأغشية المحضرة بهذه الطريقة ذات مواصفات جيدة، واول من استخدم هذه الطريقة في تحضير الأغشية الرقيقة هما الباحثان (Hottle and Hanger) [4] عام (1959) وتمتاز بما يأتي [8] :

- 1- بسيطة وغير معقدة عند الاستعمال .
- 2- قليلة التكاليف بسبب توفر أجهزتها محلياً.
- 3- تستخدم في الظروف الجوية الاعتيادية.
- 5 - يمكن تحضير أغشية ذات تجانس جيد وبمساحات كبيرة .
- 6- يمكن تحضير اغشية مواد ذات درجات انصهار عالية.
- 7- تعتبر طريقة ملائمة لتحضير اغشية اكاسيد وكبريتات المواد.
- 8- الاغشية المحضرة ذات التصاق جيد مع القاعدة.
- 9- لا تحتاج الى منظومة تفريغ.
- 10- سهولة التحكم بمستوى الأشابة.

ومن مساوئها :-

- 1- تحتاج الى وقت طويل وجهد كبير للحصول على اغشية جيدة.
- 2- لا يمكن تحضير اغشية بشكل مباشر من مادة صلبة.
- 3- يجب ان تكون المادة المراد تحضير الغشاء منها بهيئة سائل.
- 4- لا يمكن السيطرة على ثبات حجم القطرة لكل فترة ترديد لازمة لتحضير الغشاء.

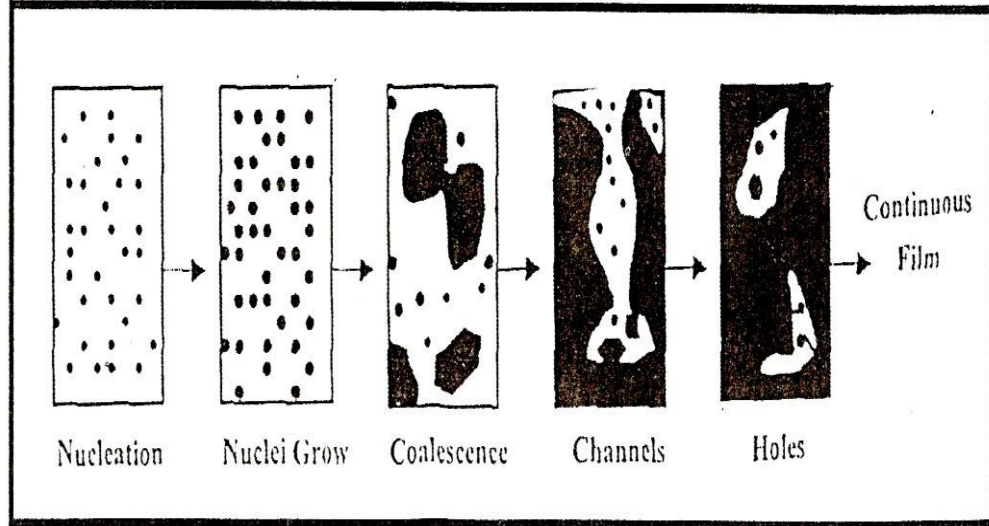
(4-1) آلية تكوين الاغشية الرقيقة

(Formation Mechanism of Thin Film)

تكون البنية البلورية للاغشية الرقيقة شديدة التعقيد بالمقارنة مع المواد المصمته (Bulk) الأخرى سواء كانت متعددة التبلور ام احادية التبلور. ان عملية تحضير الاغشية الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري تمر بمراحل اساسية هي:- [9]

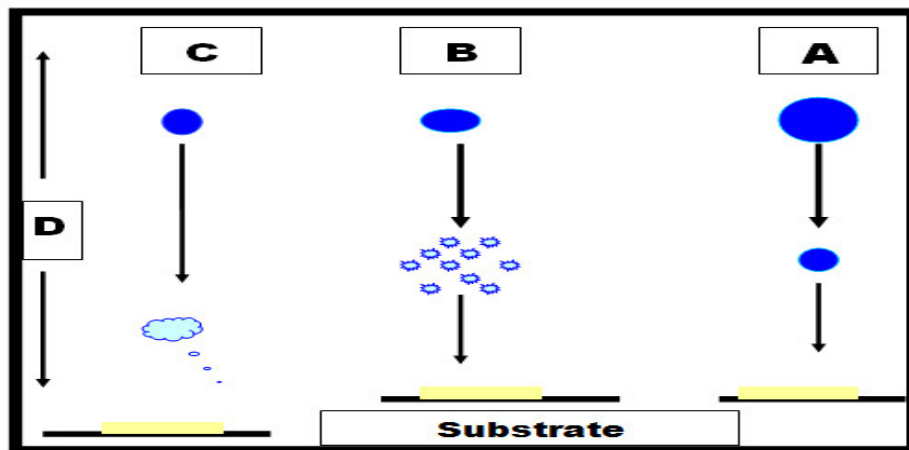
- 1- تحضير المحلول المستخدم في التحضير والذي بدوره ينتج الأيونات او الجزيئات او الذرات.
 - 2- أمرار المحلول خلال وسط ناقل الى القواعد الزجاجية او غيرها.
 - 3- ترسيب الغشاء على القاعدة الساخنة.
- وبعد ذلك تتم عملية نمو الأغشية التي تمر بعدة مراحل ايضا بعد وصولها الى القاعدة الساخنة وهذه المراحل هي:- [9]

- 1- مرحلة التتويج وهي ذات حجم صغير.
- 2- مرحلة نمو النويات بالأبعاد الثلاثة ويكون افقياً بسبب الانتشار السطحي.
- 3- تكون الجزر الناتجة عن التصاق النويات ببعضها البعض.
- 4- تكون الحدود الحبيبية الثابتة الناتج عن التحام الجزر ببعضها البعض.
- 5- تستمر هذه الجزر بالإلتحام والإمتداد والإستطالة إذ يبدأ شكلها بالتغير.
- 6- تكوين القنوات بين جزييرة واخرى.
- 7- مع استمرار الترسيب تستمر عملية تكون النويات والجزر والقنوات.
- 8- تكون الجسور بسبب الاندماج السريع عند ملاسة جدران القنوات.
- 9- تتلاشى هذه القنوات مكونة غشاء مستمراً كما في الشكل (1-2) [9].



الشكل (2-1) المراحل الاساسية لتكوين الأغشية الرقيقة [9].

ان مبدأ تكوين الأغشية الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري يعتمد على حجم قطرة المحلول النازلة من جهاز التريذ (Nozzle) لأن حجم القطرة اذا كان كبيراً فإن الحرارة تكون غير كافية لتحويله الى بخار وهذا يؤدي الى تكوين راسب صلب غير متجانس، اما اذا كانت القطرة صغيرة جداً فإن القطرة تجف قبل وصولها الى قاعدة الترسيب، اما إذا كان حجم القطرة متوسطاً وهي الحالة المثالية (الشكل (3-1B)) للترسيب إذ يتبخّر المذيب قبل الوصول الى القاعدة بقليل وبالتالي تصل الى القاعدة الساخنة على هيئة بخار وبذلك يحصل التفاعل على القاعدة وتكوين الغشاء [10] والشكل (3-1) يبين حجم القطرات الموضحة سابقاً.

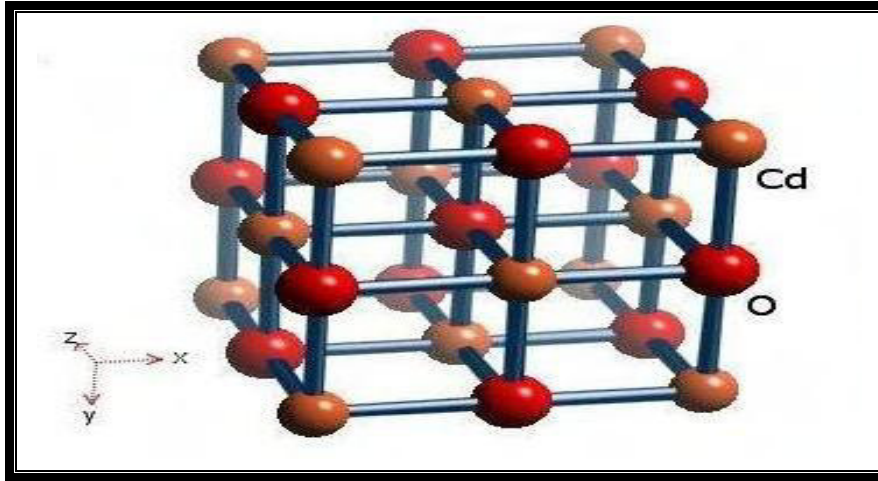


الشكل (3-1) حجم القطرات (A) كبيرة، (B) متوسطة (الحالة المثالية)، (C) صغيرة [10].

(5-1) خصائص مادة الأغشية (Properties Of Material Films)

(1-5-1) أكسيد الكاديوم (Cadmium Oxide)

أكسيد الكاديوم مركب كيميائي له الصيغة (CdO) ويبين الشكل (4-1) أكسيد الكاديوم بهيأته الكيميائية ذات اللون الأحمر الغامق [11]، ويمكن الحصول عليه بالتسخين الشديد لعنصر الكاديوم، وأكسيد الكاديوم لا يذوب في الماء والقواعد لكنه يذوب في الأحماض وأملاح النشادر [12]، والبنية البلورية له هي مكعبية (Cubic) ومركزة الوجوه (FCC) يشبه تركيب بلورة كلوريد الصوديوم (NaCl) [13] وكما مبين في الشكل (4-1)، والجدول (1-1) يبين بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لأوكسيد الكاديوم.



الشكل (4-1) التركيب البلوري لأوكسيد الكاديوم [14].

جدول (1-1) بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لأوكسيد الكاديوم [15].

Apearance	Colour	Melting Point (°C)	Density g/cm ³	Formula Weight gm/mol	Lattice Constant (Å)
Solid	Brown	1500	8.115	128.41	4.695

(2-5-1) شبه الموصل (CdO) وبعض تطبيقاته

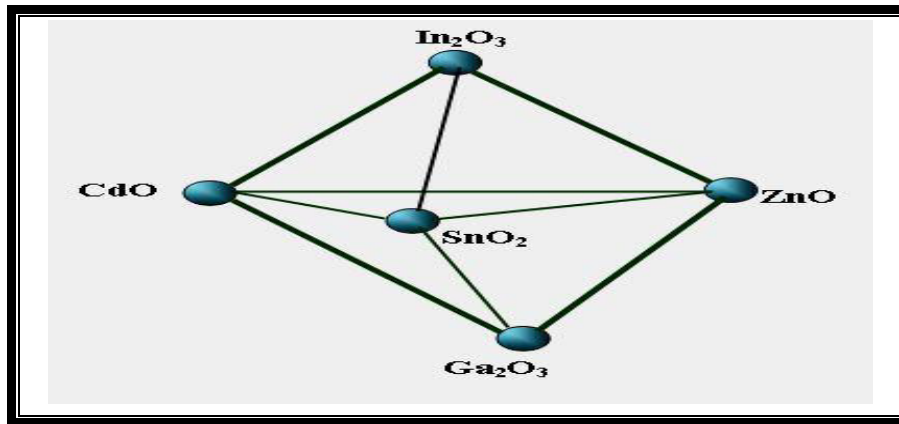
(CdO Semiconductor and Some of its Applications)

اوكسيد الكاديوم شبه موصل ينتمي الى المجاميع (II-VI) في الجدول الدوري ومن النوع السالب (n-type)، له توصيلية عالية ناتجة عن وجود ذرات الكاديوم في مواقع تعويضية (interstitial) أو بسبب فراغات الاوكسجين (oxygen vacancies) [16].



الشكل رقم (5-1) شبه الموصل (CdO)

ونظرا لنفاذية (CdO) العالية فقد صنف ضمن اكاسيد التوصيل الشفاف (TCOs) والمبين بعضها في الشكل (6-1)، ولهذه الأكاسيد تطبيقات واسعة خاصة في النبائط الكهروبصرية (opto-electronic devices) والخلايا الشمسية (solar cells) واجهزة العرض (LCD) [17].



الشكل (6-1) مجموعة من اكاسيد التوصيل الشفاف (TCOs) [18].

(Cromium)

(6-1) الكروم (Cr)

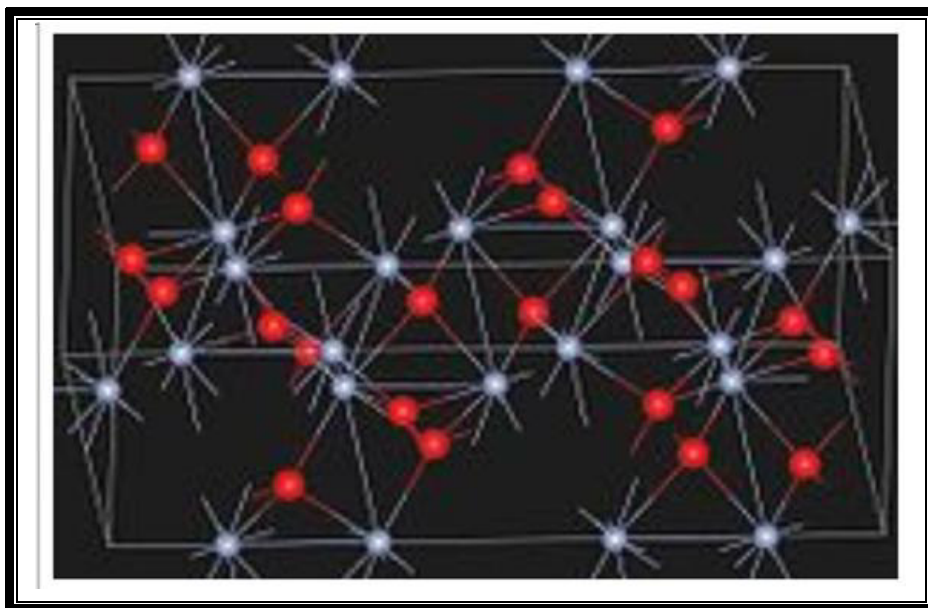
عنصر الكروم من عناصر السلسلة الانتقالية الاولى (1^{st} transition series) ذات الغلاف الثانوي (3d) وان عدم امتلاء الغلاف الثانوي (d) كلياً للمجموعة الاولى من العناصر الانتقالية له تأثير على خواصها وتمتاز بما يأتي [19]:-

- 1- لها القدرة على الاتحاد وتكوين سبائك مع بعضها ومع الفلزات الاخرى.
- 2- ذات درجات انصهار وغليان عالية.
- 3- لها قابلية توصيل حراري عالي.

لعنصر الكروم حالات تأكسد عديدة تختلف في استقراريتها مع تغير درجات الحرارة وحالات التأكسد هذه (+2,+3,+4,+6) وحالة التأكسد الثلاثية (Cr^{+3}) في (Cr_2O_3) اكثر استقراراً من حالات التأكسد الاخرى اما حالة التأكسد الثنائية (Cr^{+2}) فتكون اقل استقراراً لذلك تكون مركبات الكروم في هذه الحالة عوامل اختزال قوية تتأكسد بسرعة الى حالة التأكسد الثلاثية الاكثر استقراراً [19]، واوكسيد الكروم لونه اخضر ويتغير لونه بين الاخضر البني والاخضر الزيتوني تبعاً لحالة التبلور وكما مبين بالشكل (7-1)، التركيب البلوري له سداسي محكم (hcp) [20] وكما مبين بالشكل (8-1)، وهو من العناصر الانتقالية ذات التطبيقات الواسعة [21] والجدول رقم (2-1) يبين بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لأوكسيد الكروم الثلاثي [20].



الشكل (7-1) شكل أوكسيد الكروم .



الشكل (1-8) التركيب البلوري لأكسيد الكروم [20].

جدول رقم (1-2) بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لأكسيد الكروم الثلاثي [20].

Molecular formula	Cr_2O_3
Molar mass	151.99 gm/mol
Density	5.22gm/cm^3
Melting point	2708 k
Boiling point	4273 k
Solubility in H_2O	Insoluble
Solubility in alcohol	Insoluble
Refractive index(n_o)	2.5

(Studies Survey)

(7-1) الدراسات السابقة

1- حضر (Yan et al.) سنة (2001) [22] أغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالقصدير على قواعد من أكسيد المنغنيسوم (MgO) باستخدام طريقة الترسيب بالليزر، وقد بينت الدراسة أن فجوة الطاقة البصرية للأغشية غير المطعمة تساوي (2.4 eV) وتزداد مع زيادة التطعيم بالقصدير (Sn) حتى تصل إلى (2.7 eV).

2- قام الباحثان (Ferro and Rodriguez) سنة (2002) [23] بتحضير أغشية أكسيد الكاديوم المطعمة بالفلور باستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري من محلول خلات الكاديوم وقد طعمت الأغشية بإضافة (NH₄F) للمحلول الابتدائي، قيس طيف النفاذية للأغشية المرسبة بتركيزات مختلفة من (NH₄F) ودرجات حرارة ترسيب مختلفة، وحسبت فجوة الطاقة المباشرة وكانت قيمتها تتراوح بين (2.4-2.75) eV، ووجد بأن حافة الامتصاص تتحرف مع زيادة التطعيم ودرجة حرارة الترسيب، وسجل أيضاً اعتماد فجوة الطاقة والكتل المؤثرة لحزمتي التوصيل والتكافؤ على تركيز (NH₄F) في محلول الرش.

3- قام الباحث (حيدر غازي) سنة (2003) [24] بدراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) المحضرة على قواعد ساخنة من الزجاج وبدرجة حرارة (773 °K)، وذلك باستخدام طريقة الترسيب الكيميائي الحراري. وبين البحث تأثير إضافة أكسيد الخارصين كشائبة لأوكسيد الكاديوم وبنسب وزنية مختلفة (1% , 3% , 5% and 7%) في الخواص التركيبية والبصرية. وبين الباحث من خلال دراسة حيود الأشعة السينية أن أغشية أكسيد الكاديوم المطعمة منها وغير المطعمة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب. إن الخواص البصرية التي تم دراستها تضمنت حساب معامل الامتصاص وفجوة الطاقة الممنوعة، وقد أظهرت نتائج الدراسة أن التشويب أدى إلى زيادة قيمة فجوة الطاقة، وكذلك إلى تغير موقع قمة منحنيات كل من الأنعكاسية، ومعامل الانكسار، ومعامل الخمود، وثابت العزل الكهربائي بجزأيه الحقيقي والخيالي باتجاه الطاقات العالية، ونقصان قيم هذه الثوابت بعد هذه القمة.

4- استطاع الباحث (Leon- Gutierrez, et al.) سنة (2006) [25] من تحضير أغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالقصدير والمحضرة بتقنية الترسيب بالحمام المائي. إذ كانت جميع الأغشية المحضرة متبلورة وبتكوين مكعب لمادة (CdO₂) والتي تتحول إلى

(CdO) بتركيب مكعب من خلال عملية التلدين. كانت الأغشية المحضرة تمتلك مقاومة عالية ($>10^6 \Omega.cm$) وفجوة طاقة بصرية بحدود (3.6eV)، اما عن الأغشية غير المطعمة فقد كانت فجوة الطاقة تتراوح بين (2.32-2.54) eV ولها توصيلية كهربائية $(8 \times 10^{-4}) (\Omega.cm)^{-1}$.

5- بين الباحث (علي و جماعته) سنة (2007) [26] إن الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأكاسيد التوصيل الشفافة تعتمد بشكل كبير على طريقة التحضير، والمعاملة الحرارية، ونوع التطعيم ومستواه. حضرت أغشية رقيقة من $(CdO)_{1-x} (In_2O_3)_x$ بتقنية التبخير بالحزمة الالكترونية لتراكيز مختلفة من (In_2O_3) . وقد اظهرت النتائج ان زيادة نسبة التطعيم ادى الى زيادة الحاملات وبذلك ازدادت التوصيلية الكهربائية. بينت الدراسة ايضا ان التلدين ادى الى تحسين الخصائص الكهربائية والبصرية لهذا المركب، وكانت قيمة المقاومة تساوي $(7 \times 10^{-5} \Omega.cm)$ والنفاذية % (92) في مدى المنطقة تحت الحمراء القريبة و (%82) في المدى المنطقة المرئية، وهذه النتائج كانت بعد التلدين بدرجة حرارة مقدارها $(300^\circ C)$ لمدة (90min) في الهواء.

6- حضر (R.S. Ali) سنة (2008) [27] أغشية أكسيد الكاديوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة بأوكسيد الأنثيمون (Sb_2O_3) بنسب حجمية مختلفة % (2,4,6 and 8) على قواعد ساخنة من الزجاج بدرجة حرارة $(350^\circ C)$ باستعمال طريقة التحلل الكيميائي الحراري إذ بينت نتائج حيود الأشعة السينية أن جميع الأغشية المحضرة كانت ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المكعب، كما درس أثر التلدين عند درجة حرارة $(450^\circ C)$ ولمدة ساعة واحدة على الخواص البصرية للأغشية المحضرة، وقد وجد أن التلدين أدى الى نقصان في فجوة الطاقة الممنوعة لجميع الأغشية، كذلك شملت الدراسة حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقالات المباشرة وغير المباشرة المسموحة وحساب الثوابت البصرية.

7- درس الباحث (حيدر غازي مع جماعته) سنة (2009) [28] بعض الثوابت البصرية لأغشية (CdO) الرقيقة كدالة لتغير السمك إذ حضرت الأغشية باستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري بعد ترسيبها على قواعد زجاجية وبدرجة حرارة اساس $(773^0 K)$. فحصت الأغشية المحضرة باستخدام تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) ووجد أنها ذات طبيعة متعددة التبلور. وحلت المخططات وتم التحري على معامل الامتصاص وفجوة الطاقة البصرية ومعامل

الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي بوصفها دوال لطاقة الفوتون وكذلك تم التحقق من الانعكاس الحاصل على سطح الاغشية المحضرة.

8- درس الباحث (Dakhel) سنة (2010) [29] الخصائص الكهربائية والبصرية لأغشية (CdO) المطعمة بالحديد وبنسب تطعيم مختلفة تراوحت بين (1.3-5.7%) باستعمال طريقة التبخير الحراري بالفراغ والمرسبة على قواعد من الزجاج والسليكون، بينت نتائج قياسات (XRD) و (XRF) تأثير نسب التطعيم، وبينت أن الاتجاه السائد هو (111) مع إزاحة لزاوية الحيود عند زيادة قيم التطعيم وبينت الدراسة أيضا وبالا اعتماد على قياس الطيف أن قيمة فجوة الطاقة تعتمد على نسب التطعيم وأن التطعيم نفسه يحسن من قيمة التوصيلية المستمرة للغشاء فقد وجد أنه عند النسبة (1.3%) تزداد التكرارية (Mobility) بمقدار (6) مرات والتوصيلية (24) مرة وتركيز الحاملات (4) مرات مقارنة بأغشية (CdO) غير المطعمة.

9- درس الباحث (Khan, et al.) سنة (2010) [30] تأثير التطعيم بالالومنيوم على الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية (CdO) البلورية النانوية المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري. بينت الدراسة أن الأغشية ذات تبلور عالي مع حجم حبيبي يبلغ (18.32)nm وذو شبكة مكعبية الشكل وثابتها تقريبا يساوي (0.46877nm). بينت الدراسة أيضا أن التطعيم يزيد النفاذية البصرية وأن فجوة الطاقة المباشرة لأغشية (CdO) هي (2.49eV) وتقل مع زيادة التطعيم بـ (Al) وبينت الدراسة كذلك أن معامل الانكسار وثابت العزل يتغيران مع طاقة الفوتون وتركيز (Al). أما القياسات الكهربائية فقد أظهرت أن التوصيلية في حالة الاغشية غير المطعمة تتصرف معدنيا في منطقة الحرارة المنخفضة وهذا السلوك ينتهي مع التطعيم بـ (Al). أما نتائج القياسات الكهربائية الأخرى فقد أظهرت أيضا أن الاغشية المطعمة وغير المطعمة تمتلك حاملات الشحنة نوع (n-type) وتركيز هذه الحاملات يقترب من $(10^{21} \text{ cm}^{-3})$.

10- قام الباحث (Kumaravel, et al.) سنة (2010) [31] بتحضير اغشية (CdO) المطعمة بالالومنيوم وبنسب (1-5%) باستعمال طريقة التحلل الكيميائي الحراري إذ تم استعمال

تقنية كل من (XRD) و (AFM) و (UV-VIS) وتأثير هول (Hall effect) لتشخيص ودراسة خواص هذه الاغشية وقد اظهرت تحليلات الاشعة السينية أن غشاء (CdO) ذو تركيب مكعب مع اتجاه سائد (200) أما القياسات الكهربائية فقد بينت أيضا أن أقل قيمة للمقاومية الكهربائية هي ($3.4 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$) مع تركيز للحاملات مقداره ($4.12 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$) عند نسبة التطعيم (3%)، وكذلك اظهرت القياسات البصرية أن قيمة فجوة الطاقة تصبح ذات قيمة عظمى مقدارها 2.53 eV عند النسبة (3%) وتقل بزيادة تركيز الشوائب الاخرى.

11- درس الباحث (Deokte, et al.) سنة (2010) [32] الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية (CdO) المطعمة بالكاليوم (Ga) والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري. إذ بينت الدراسة تأثير النسبة (Ga/Cd) على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية على أغشية (CdO) المطعمة بالكاليوم. وان القياسات التركيبية قد اظهرت أن الاتجاه البلوري السائد هو (200) مع تركيب مكعب الشكل وأن أيون الكاليوم اعاد ترتيب نفسه في الشبكة ضمن التركيز الواطئ واحتل مواقع بينية في التركيز العالي وهناك زيادة في عرض اتجاه (200) وانحراف في زاوية براك بالاعتماد على نسبة (Ga/Cd) وبينت الدراسة أيضا أن نوع حاملات الشحنة (n-type) لشبة الموصل CdO المطعم بـ (Ga) مع مقاومية تبلغ ($3.7 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$) وفجوة الطاقة تتغير من (2.27eV) الى (2.4eV) بسبب تأثير ازاحة (Burstein- Moss) .

12- حضر الباحث (B.G.Jeyaprakash, et al.) سنة (2011) [33] أغشية (CdO) الرقيقة باستعمال طريقة التحلل الكيميائي الحراري وعلى قواعد ساخنة من الزجاج وبدرجات حرارة مختلفة إذ تم تحضير المحلول باضافة خلات الكاديوم $\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ إلى الماء المقطر وبينت نتائج تحليل (XRD) أن الأغشية متعددة التبلور ومن النوع المكعب وباتجاهية (111) وان هذه التحليلات قد استعملت لحساب حجم الحبيبة والاجهاد الناتج من تأثير اختلاف درجة الحرارة، أما قياسات (SEM) فقد اظهرت أن الاغشية المحضرة عند (250°C) ذات حبيبات دائرية الشكل وباحجام نانوية والتي قورنت مع نتائج (XRD).

13- حضر الباحث (Aydin, et al.) سنة (2011) [34] مسحوق (CdO) غير المطعم و (CdO:Al) المطعم بالالومنيوم ذي التركيب النانوي باستعمال تقنية (Sol-gel). بينت تحليلات (XRD) أن المساحيق المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب (cubic) ذي الشبكة (FCC) وإن حجم الحبيبة للمساحيق المحضرة للحالة غير المطعمة والمطعمة بالنسب (5,10,15,20)% كانت بحدود (17.2,15.9,16.1,16.3 and 16.8)nm على التوالي. أما القياسات البصرية فقد بينت أن فجوة الطاقة البصرية تزداد مع زيادة نسب التطعيم وبمقدار (1.89-2.12)eV وكذلك اظهرت القياسات الكهربائية وضمن درجات الحرارة (290-420)k وبالاتتماد على علاقة (Arrhenious) أن هناك نقصاناً في قيمة التوصيلية الكهربائية الى حد النسبة (15%) ثم تبدأ بالزيادة عند النسبة (20%).

14- قام الباحث (هاني خلف و جماعته) سنة (2011) [35] بتحضير أغشية (CdO) بطريقة الترسيب بالحماء الكيميائي باستخدام ثلاثة مركبات معقدة هي الامونيا والايتانول والميثانول. بينت الدراسة ان الاغشية المحضرة كانت ذات تركيب مكعب (CdO₂)، وقد لدنت الاغشية في درجة حرارة (400°C) في الهواء لمدة ساعة إذ تحوّل الغشاء الى (CdO) ذو تركيب مكعبي. وبينت الدراسة كذلك أن الأغشية الملدّنة كانت ذات فجوة طاقة بصرية مقدارها (2.53) eV، وكثافة ناقلات الشحنة كانت بحدو $1.89 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$. وان المقاومة قد انخفضت وكانت قيمتها $(1.04 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm})$.

15- درس الباحث (Vigneshwaran, et al.) سنة (2012) [36] الخصائص الفيزيائية لأغشية (CdO:Mg) باستعمال طريقة التحلل الكيميائي الحراري، إذ تم دراسة الخواص الكهربائية والتركيبية لهذه الاغشية فقد وجد أن حجم الحبيبة وخشونة السطح يتناقصان مع زيادة نسب التطعيم بالاتتماد على تحليل كل من (XRD) و (AFM) على التوالي. أما القياسات الكهربائية والمتمثلة بـ (I-V) اعتمادا على طريقة المجسات الاربعة فقد أظهرت أن جميع اغشية (CdO) المطعمة بـ (Mg) ينطبق عليها قانون اوم، وفي النسبة (2%) من التطعيم تقل المقاومة عند زيادة درجة الحرارة، أما عند نسبة التطعيم (6%) فإن المقاومة تزداد مع زيادة درجة الحرارة، واظهرت الدراسة ايضا ان الاغشية المحضرة هي متعددة التبلور ومن النوع (FCC) وأن الحجم الحبيبي يزداد مع زيادة نسب التطعيم وباتجاه سائد هو (111).

16- درس الباحث (Reddy, et al.) سنة (2012) [37] تأثير التطعيم على الخواص الحرارية لأغشية (CdO) النانوية التركيب والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري. بينت الدراسة أولا: ان الأكاسيد المعدنية النانوية التركيب تمثل افضل اغشية للتطبيقات الحرارية بسبب انخفاض التوصيلية الحرارية من الاشكال الحجمية الاعتيادية. وبينت الدراسة ثانيا: أن أغشية (CdO) في الشكل الحجمي لها توصيلية حرارية منخفضة والعمل على هذه الاغشية لم يظهر توصيلية كهروحرارية وقد تم التطعيم بـ (Mn) و (Zn) في هذه الدراسة للأغشية المحضرة وسجلت كل من خواصها التركيبية والكهربائية والكهروحرارية والهيكل السطحي وتم تحليلها.

17- درس الباحث (مهدي سهيل وجماعته) سنة (2012) [38] خصائص اغشية (CdO) للغاز المرسبة على قواعد زجاجية بدرجات حرارة مختلفة وبطريقة التحلل الكيميائي الحراري وحساسيتها. بينت تحليلات (XRD) ان اغشية (CdO) المحضرة غير متبلورة وتتحول الى متبلورة بعد التلدين بدرجة حرارة (300°C) وبينت الدراسة ايضا أن فجوة الطاقة المباشرة لغشاء (CdO) تقل مع زيادة درجة القواعد الزجاجية وتزداد في حالة التلدين ضمن درجة حرارة (300°C) وظهرت النتائج تأثير عامل التشكيل (Tc) على هيكلية الاغشية المحضرة، ودرست استجابة الأغشية المحضرة ايضا لحساسية غاز (H_2) وكانت اقصى حساسية هي (6%) وحُسب زمن الاستجابة ايضا.

18- درس الباحث (Gokul, et al.) سنة (2013) [39] تأثير التلدين على الخواص الفيزيائية لأغشية (CdO) المحضرة بطريقة (SILAR)، بينت الدراسة أولا: أن اغشية (CdO) المحضرة متعددة التبلور ومن النوع المكعب، وإن التبلور يزداد مع زيادة درجة حرارة التلدين. وبينت الدراسة ايضا عدم وجود شوائب مع (O) و (Cd) في الاغشية المحضرة، وإن اقصى نفاذية للأغشية كانت بحدود (82%) و(86%) في المنطقة تحت الحمراء، وتقل مع زيادة درجة حرارة التلدين اما فجوة الطاقة فقد كانت ضمن المدى eV (2.24-2.44). القياسات الكهربائية اظهرت أن تأثير هول يزداد مع زيادة تركيز الحاملات ونقصان المقاومة في حال زيادة درجة حرارة التلدين.

19 - قام الباحث (Faizullah, et al.) سنة (2013) [40] بتحضير أغشية رقيقة من مادة (CdO) غير المطعمة والمطعمة بـ (Al,N) كتطعيم مزدوج باستخدام طريقة التحلل الكيميائي

الحراري وعلى قواعد زجاجية ساخنة وبدرجة حرارة اساس (350°C) إذ درست خواص الاغشية باستعمال تقنيات (XRD,AFM) وكذلك تم دراسة خواصها البصرية والكهربائية. بينت النتائج ان الاغشية كانت على درجة عالية من التبلور ومن النوع المكعب وأن خواص سطحها كانت تزداد مع زيادة التطعيم. اما نتائج دراسة الخواص البصرية فقد اظهرت أن مقدار فجوة الطاقة المباشرة كانت بحدود 2.58 eV للحالة غير المطعمة و 2.52 eV عند التطعيم.

20- قام الباحث (Sahin, et al.) سنة (2014) [41] بتحضير أغشية اوكسيد الكاديوم CdO غير المطعمة والمطعمة بالقصدير (Sn) بتقنية (SILAR) وعلى قواعد زجاجية، ودرس خصائصها التركيبية بواسطة فحص (XRD) وبين الفحص أن كافة الاغشية المحضرة هي اغشية متعددة التبلور ومن النوع المكعبي وأن الاتجاه السائد لنمو الاغشية المحضرة هو (111) ودرس الخواص البصرية من خلال فحص (UV-VIS) وبين الفحص ايضا أن فجوة الطاقة البصرية تزداد مع زيادة نسب التطعيم كما بين الفحص كذلك ان النفاذية تزداد مع زيادة نسب التطعيم.

21- حضر الباحثان (Dakhel & Hamad) سنة (2013) [42] اغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالكروم والملدنة بوجود الهيدروجين الجوي وبتراكيز للكروم $(1.2, 1.5, 2.5, 3.6)\%$ والمحضرة بطريقة الترسيب البخار الفيزيائي (CVD). قيست الخواص التركيبية والكهربائية والبصرية للاغشية المحضرة. بينت الفحوصات التركيبية ان التطعيم بالكروم أدى بأيون الكروم ان يحتل مواقع بينية في شبكة اوكسيد الكاديوم. كذلك تم قياس فجوة الطاقة البصرية والاختلاف في الخواص الكهربائية لاغشية اوكسيد الكاديوم المطعمة بالكروم والملدنة بوجود الهيدروجين الجوي وبينت هذه الدراسة ايضا ان الاغشية المحضرة لها تطبيقات مختلفة في المنطقة تحت الحمراء القريبة وفي اكاسيد التوصيل الشفافة.

(8-1) هدف البحث

Objective Of The Study

تهدف الدراسة الحالية الى تحضير أغشية رقيقة من مادة أوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم وبنسب حجمية مختلفة % (2,4,6 and 8) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري والمرسبة على قواعد من الزجاج وبدرجة حرارة منتخبة بحدود (400°C). من خلال الشروط اعلاه تم دراسة الخواص التركيبية التي تشمل حساب المسافة البينية، وثابت الشبكة، ومعدل الحجم الحبيبي، وعامل التشكيل، وكثافة الانتخلعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة، وخشونة السطح ودراسة تأثير التطعيم بالكروم على هذه الخواص وللأغشية المحضرة كافة. ويهدف البحث ايضا الى دراسة الخواص البصرية وتشمل قياس النفاذية والامتصاصية والانعكاسية للأغشية المحضرة وحساب كل من معامل الامتصاص، وفجوة الطاقة البصرية، وطاقة اورياخ، وحساب الثوابت البصرية كافة، وذلك سعيا للحصول على غشاء بمواصفات جيدة وتحسين صفاته الفيزيائية في منطقة الطيف المرئي لما تمتاز به من تطبيقات عملية في مجال تصنيع الخلايا الشمسية وغيرها. كما يهدف البحث الى دراسة الخواص الكهربائية المتمثلة بالمقاومية، والتوصيلية، والتحريرية، ونوعية حاملات الشحنة وعددها من خلال حساب تأثير هول ومعرفة تأثير التطعيم بالكروم على هذه الخواص لما لهذه الخواص من تأثير على النبائط التي تستعمل في التطبيقات العملية.

الفصل الثاني
في بيان ما هو

الكتاب الثاني
في بيان ما هو

(Introduction)

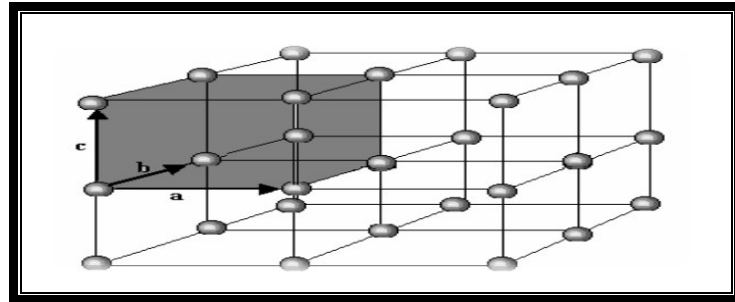
(1-2) المقدمة

يتضمن هذا الفصل وصفا عاما للجانب النظري لموضوع البحث الحالي من حيث الافكار والمفاهيم الفيزيائية والعلاقات الرياضية التي من خلالها نستطيع تفسير نتائج البحث.

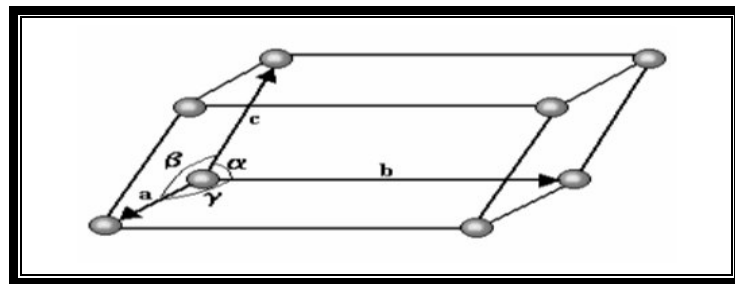
(2-2) البنية البلورية والاتجاهات

(The Crystalline Structural and Orientation)

قبل الدخول في توضيح البنية البلورية لابد من تعريف البلورة وهي عبارة عن (جسم صلب يحتوي على عدد من الذرات وله شكل هندسي معين ويتكون من وحدات غاية في الصغر تتكرر بانتظام في الابعاد الثلاثة) [43]. هذه الوحدات ذات اشكال هندسية منتظمة يمكن أن تبنى منها البلورة بشكل كامل برص متكرر للوحدة البنائية التي تسمى بالخلية البدائية (primitive cell) وكما موضح بالشكل (1-2)، وتعطي هذه الوحدة جميع المعلومات المطلوبة لاعادة بناء مواقع الذرات في البلورة، ولهذه الخلايا اشكال معينة خاصة بكل مادة وتحافظ على نفس تماثل الخلية البدائية لكل مادة وب تكرارها تنتج بلورة كبيرة للمادة الصلبة [44]، وتمثل وحدة الخلية في المواد الصلبة البلورية بمتوازي الاضلاع المجسم ذي المحاور الثلاثة وبالزوايا المقابلة لها (α, β, γ) وكما موضح بالشكل (2-2) .



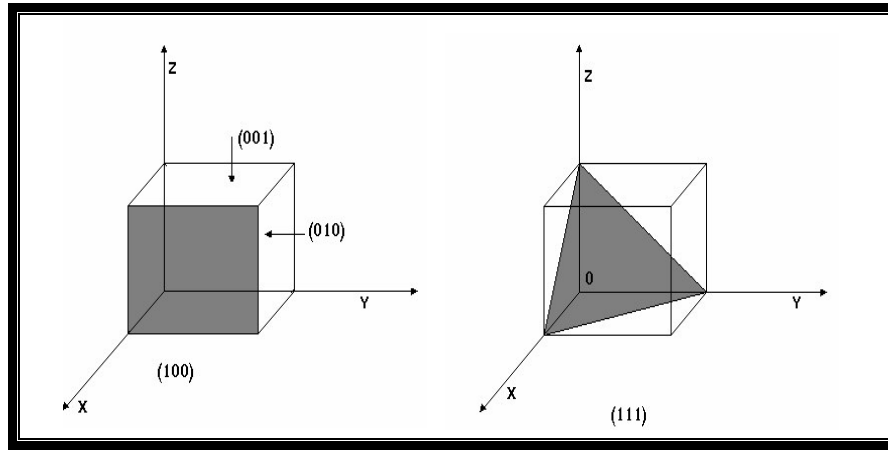
الشكل (1-2) نظام بلوري مجسم فيه وحدة خلية معينة [44].



الشكل (2-2) زوايا المجسم البلوري [44].

هذا وصنفت البلوريات الى اربع عشرة شبيكة بلورية موزعة على سبعة انظمة بلورية (crystal systems) اعتمادا على شروط تماثلها والاشكال المحتملة لوحدة الخلية والتي تحقق شروط الشبيكة البلورية [43].

تمتلك المستويات البلورية داخل البلورة اتجاهات يمكن حسابها بواسطة معاملات ميلر (miller indices) وابتاع خطوات رياضية معينة [44] والشكل (3-2) يمثل بعض المستويات المهمة في بلورة مكعبية.



الشكل (3-2) عدد من المستويات البلورية لبلورة مكعبة [45].

تصنف المواد الصلبة على اساس التركيب البلوري الى صنفين اساسيين هما:-

(3-2) المواد البلورية (Crystalline Material)

وتقسم الى:-

(1-3-2) مواد احادية التبلور (Single Crystalline Materials)

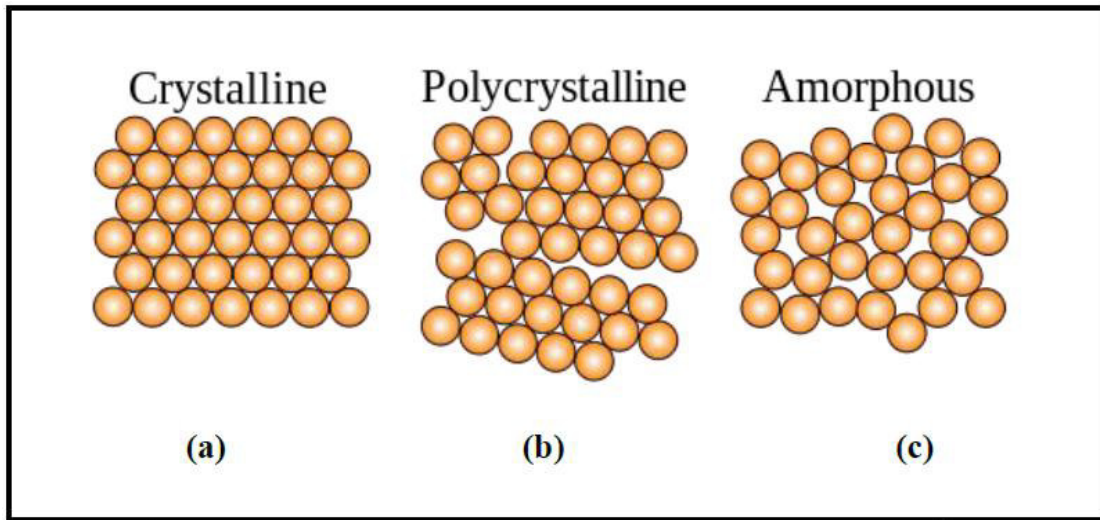
في هذه المواد ينتظم ترتيب الذرات في الفراغ بإذ تشكل نمطا هندسيا دوريا يستمر هذا الانتظام في الفراغ على كل المادة فتدعى المادة احادية التبلور (single crystal)، وتمتلك هذه المواد نظام المدى البعيد (long-range order) ويحقق هذا النظام اقل طاقة داخلية حرة للبلورة ككل [46] ، ولاشباه الموصلات التي من هذا النوع ذات اهمية كبيرة في الصناعة ولاسيما صناعة النبائط الالكترونية مثل صناعة الحاسبات والترانزستور وغيرها والشكل (4-2a) يبين مواد احادية التبلور.

(2-3-2) مواد متعددة التبلور (Polycrystalline Materials)

هي المواد التي لايمتد فيها الترتيب الهندسي ليشمل كل اجزاء المادة بل يتوقف عند حدود داخل البلورة تدعى حدود الحبيبات (grain-boundary) وتتكون من العديد من البلوريات الصغيرة تدعى الحبيبات (grains) والحبيبة الواحدة تتكون من العديد من وحدات الخلايا (unit cells) ووحدة الخلية لها الاتجاه نفسه والترتيب البعيد المدى [47,48] والشكل (4-2b) يبين مواد متعددة التبلور.

(4-2) المواد غير البلورية (Amorphous Materials)

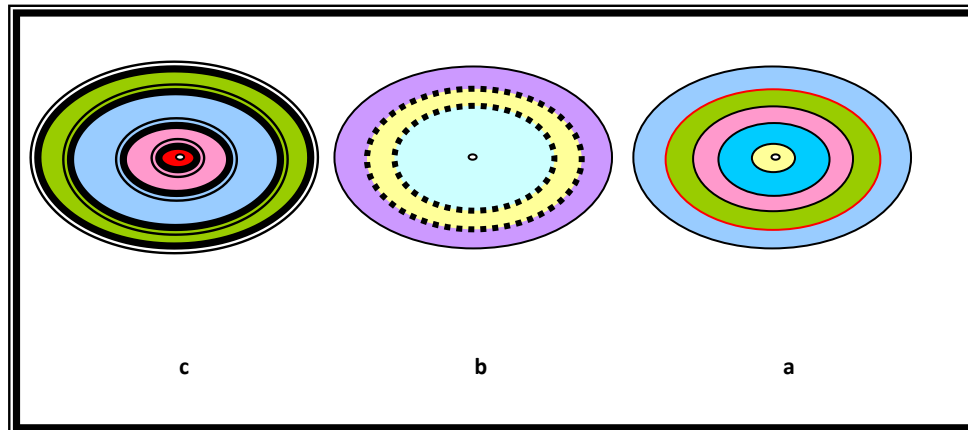
في هذه المواد لايمكن اعتبار تركيب ذرات المادة تكرارا لأي شكل معين وبذلك يكون تجمع ذراتها عشوائيا (randomly) والترتيب الذري في أي مقطع من المادة لايشبه الترتيب الذي يليه وحالة هذا النوع من المواد غير مستقرة ثرموديناميكيا أي تتحول الى مادة متبلورة عند زوال العوامل التي تجعل تركيبها عشوائيا [49,50] والشكل (4-2c) يبين المواد غير البلورية.



الشكل (4-2) تركيب المواد تبعا لترتيب ذراتها [51].

وتوصف المواد غير البلورية بانها زجاجية ناتجة عن سرعة تبريد الصهير إذ لا يتاح الوقت الكافي لذراتها لترتيب نفسها مثل الكربون الزجاجي [46]. ان دراسة نمط حيود الاشعة السينية بينت ان المواد غير المتبلورة تكون بشكل حلقة او حلقات عريضة ضعيفة الاضاءة متداخلة ومتحدة المركز وتخف وتختفي اضائتها عند زيادة زاوية الحيود الشكل (5-2c). بينما تكون أنماط الحيود في المواد احادية التبلور على شكل نقاط مضيئة (spots) الشكل (5-2b)،

وعلى شكل حلقات رفيعة في المواد متعددة التبلور الشكل (5-2a) [52]، وفي كل الاحوال لاتوجد مادة تامة التبلور [46, 53].



الشكل (5-2) حيود الاشعة السينية (XRD) لأغشية رقيقة ، (a) متعددة التبلور ، (b) احادية التبلور ، (c) عشوائية [52].

(Crystal Defects)

(5-2) العيوب البلورية

العيوب البلوري هو خلل في البنية البلورية للمادة يسبب تغير في خواص المادة البلورية لذلك تدل كلمة عيب او خلل في بلورة ما على كسر الانتظام في التركيب البلوري [45,54] وتتكون العيوب البلورية اثناء عملية النمو البلوري. ويعد التخلص من العيوب امرا مستحيلا ويسعى العلماء الى تقليص هذه العيوب وأصبح ذلك ممكنا باستعمال طرق فعالة في الأنماء والتنقية ولايعتبر العيب البلوري سلبيا بل يكون في اغلب الاحيان امرا مرغوبا به بشكل كبير كما في عملية التطعيم (doping) بذرات غريبة وقد تكون هذه الشوائب واهبة للإلكترون (doner) أو قابلة له (acceptor) وكلتا الحالتين مفيدتين في صناعة النبايط الالكترونية خاصة الدايد والترانزستور وغيرهما. فضلا عن هذا تمت الاستفادة من العيوب البلورية كثيرا ولاسيما في الوقت الحاضر في مجال الصناعات المختلفة [21].

ونستطيع التحكم بالكثير من الخواص الفيزيائية للمواد من خلال التحكم بالعيوب البلورية ومن اهم هذه الخواص هي [53] :-

- 1- التحكم بالتوصيلية الكهربائية الحرارية من خلال التحكم بتركيز الشوائب .
- 2- يتم التحكم بالخواص الميكانيكية للمواد الصلبة من خلال اضافة الشوائب اليها.

- 3- يتم التحكم في درجتي الانصهار والانجماد في المواد الصلبة من خلال التحكم بالشوائب.
- 4- تمييز البلوريات بعضها عن بعض بواسطة لونها بسبب عيوبها البلورية.
- 5- أن التألق او الضيائية (Luminescence) لبلورة ما مرتبط بوجود شوائب فيها.

(6-2) حزم الطاقة في المواد الصلبة (Energy Band in Solid Materials)

تقسم المواد الصلبة في الطبيعة من إذ توصيليتها الكهربائية الى ثلاثة انواع هي:-

(1-6-2) المواد الموصلة (Conductor Materials)

ان التوصيل الكهربائي في المواد الصلبة يتم عن طريق انتقال الالكترونات في المادة والالكترونون في هذه الحالة لا بد له أن يحتل مستوى معين من الطاقة لذلك فإن حركة الالكترونون في المادة تعني انتقال الالكترونون الى مستوى اخر معين من الطاقة [55]. ان التوصيل الجيد في الفلزات كالألومنيوم والنحاس يعود إلى أن حزمة التوصيل مليئة جزئياً بالالكترونات وفجوة الطاقة تكون صغيرة نسبياً يستطيع الالكترونون اجتيازها عند اكتسابه طاقة مساوية أو اكبر من قيمة فجوة الطاقة او ان حزمة التكافؤ والتوصيل متداخلتان مع بعضهما البعض بإذ تختفي فجوة الطاقة [56] وكما مبين بالشكل (7-2c).

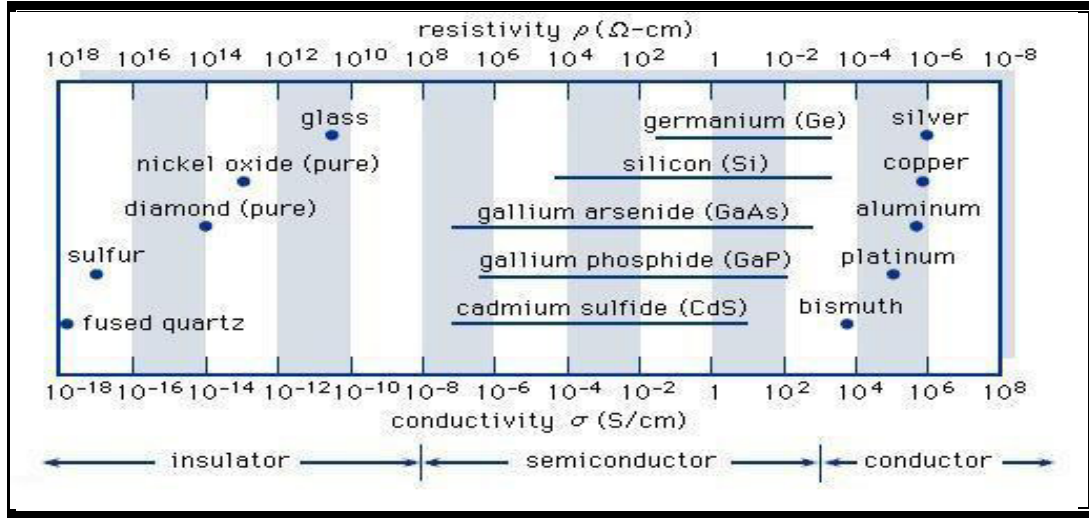
(2-6-2) المواد العازلة (Insulator Materials)

تتكون حزم الطاقة في المواد العازلة كثنائي اوكسيد السليكون (SiO_2) من حزمة التوصيل التي تكون فارغة تماماً من الالكترونات و حزمة التكافؤ والتي تكون مملوءة بالالكترونات و فجوة الطاقة التي تكون كبيرة جداً مقارنة مع نظيرتها في الفلزات والمواد شبه الموصلة [57,58] وكما موضح بالشكل (7-2a).

(3-6-2) المواد شبه الموصلة (Semiconductor Materials)

يعتمد التوصيل الكهربائي في المواد شبه الموصلة على كمية الطاقة التي تكتسبها الالكترونات الموجودة في حزمة التكافؤ ومدى استطاعة هذه الالكترونات اجتياز فجوة الطاقة المحصورة ووصله الى حزمة التوصيل ولذلك تكون هذه المواد موصلة عند اكتسابها طاقة (مجال كهربائي، حرارة) وتكون عازلة في درجة الصفر المطلق (0°K) وتتراوح توصيليتها

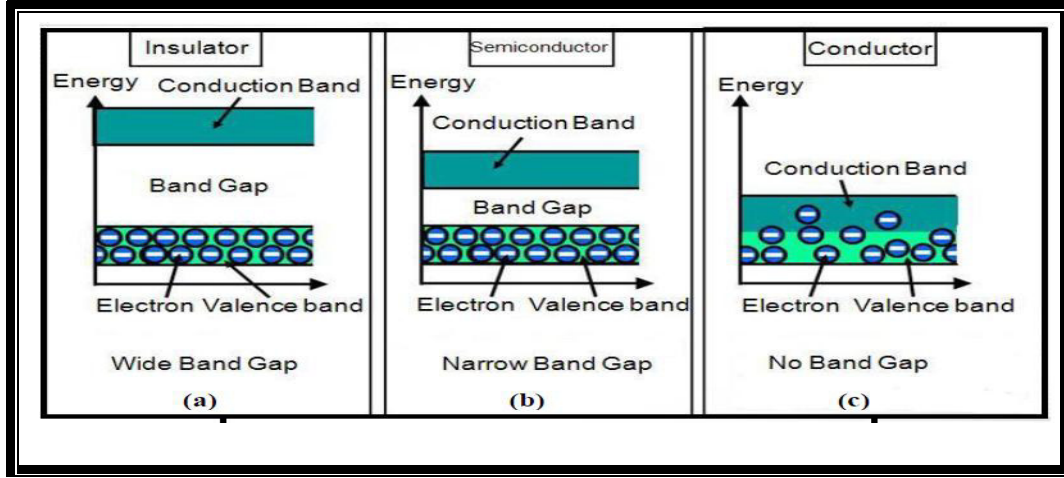
الكهربائية بين $(10^{-8}-10^3(\Omega.cm)^{-1})$ وتزداد توصيليتها بزيادة درجة الحرارة [56,44]، والشكل (7-2b) يبين حزم الطاقة في المواد شبه الموصلة، وتتأثر توصيليتها بعوامل عديدة كالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي والشوائب ، وتأثر اشباه الموصلات بهذه العوامل جعلته مهما في كثير من التطبيقات المهمة في الصناعة ولا سيما التطبيقات الالكترونية منها. والشكل (6-2) عبارة عن مخطط موضح فيه مدى التوصيلية والمقاومية للمواد الموصلة والعازلة وشبه الموصلة.



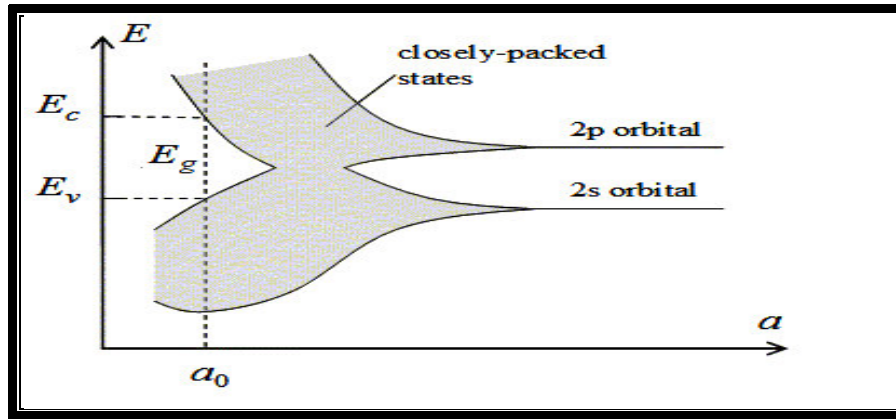
الشكل (6-2) مدى التوصيلية والمقاومية للمواد العازلة والموصلة وشبه الموصلة [59].

ان الخواص البصرية والكهربائية للمواد الصلبة تعتمد على تركيب حزم الطاقة ومدى اشغالها بالالكترونات [60,61]. واستنادا الى نظرية الحزم في المواد الصلبة فإنه إذا التقى (N) من الذرات في مادة فإن كل مستوى طاقة ينشطر الى (N) من المستويات. فمثلا عند التقاء 10^{23} من الذرات (عدد الذرات N في المواد الصلبة كبير جدا حوالي 10^{23} ذرة لكل مول) فإن كل مستوى طاقة سينشطر الى (10^{23}) من المستويات وهذا يعني أن المستوى الواحد يمتلك طاقة قدرها 10^{-23} eV وهذه الطاقة من الصغر بإذ يجعل التمييز بين المستويات صعبا جدا ويجعل المستويات تبدو وكأنها مستمرة، وبهذا لانستطيع التمييز بين الالكترونين الملتقيين أي يفقد كل الكترون هويته ويصبح مستوى الطاقة للالكترونين واحداً [21]. وفي حالة اقتراب الذرات من المسافة المساوية لثابت الشبكة (lattice constant) فالحزمة الواحدة المتصلة ستنشطر مرة ثانية الى حزمتين يفصلها فاصل لا يمكن للالكترونات أن تمتلك طاقة تقع ضمنها فتتكون عندئذ منطقة الفجوة المحظورة (forbidden gap) (E_g) والتي تقع بين حزمة

التوصيل التي تعلوها وحزمة التكافؤ التي تكون اسفلها [62]. الشكل (8-2) يبين تكون منطقة الفجوة المحظورة في المواد البلورية .



الشكل (7-2) حزم الطاقة في المواد ، (a-عازل)، (b - شبه موصل)، (c - موصل) [57].



الشكل (8-2) تكون فجوة الطاقة المحظورة في المواد البلورية [62].

(7-2) المركبات شبه الموصلة (Compounds Semiconductor)

من المعروف إن اشباه الموصلات إما أن تكون مفردة أو أن تكون على شكل مركبات مكونة من عنصرين أو أكثر تسمى المركبات شبه الموصلة وتصنف هذه المركبات اعتماداً على عملية التأين الحراري (thermal ionization) وتعريفها إلى مركبات متكافئة ومركبات غير متكافئة [63,44] والجدول (1-2) يبين اشباه الموصلات المكونة من عناصر مفردة ومركبة . وتركيب الاغشية المحضرة في هذا البحث يعتبر من المركبات شبه الموصلة المركبة.

جدول (1-2) يبين اشباه الموصلات المكونة من عناصر مفردة ومركبة [63].

Element	IV-IV	III-V	II-VI	IV-VI	Ternary	Quaternary
C Si Ge Sn Pb	SiC GeSi	Al P Ga N AlAs GaP AlSb GaAs AlSb GaSb InAs InSb	ZnO CdO ZnS ZnSe CdS ZnTe CdSe HgS CdTe HgSe HgTe	PbS PbTe	Al _x Ga _{1-x} As	Al _x Ga _{1-x} As _y Sb _{1-y}

(8-2) مركبات (II-VI) وبعض تطبيقاتها

(II-VI Compounds and Some Applications)

هذه المركبات تتكوّن من عنصرين احدهما من عناصر المجموعة السادسة والآخر من عناصر المجموعة الثانية من الجدول الدوري والآصرة التي تربط ذراتها آصرة تساهمية على الأكثر واستخداماتها واسعة في كثير من التطبيقات العملية ومنها [2,64,65]:-

- 1- انبوبة الاشعة الكاثودية وفلورة شاشة التلفزيون .
- 2- المجهر ألكتروني ومتحسسات الغاز .
- 3 - شاشة جهاز الاشعة السينية .
- 4- استخدامها في صناعة الخلايا الشمسية.
- 5- النبائط ذات التهيج الحاراري.

(9-2) أشباه الموصلات الذاتية (Intrinsic Semiconductor)

هي المواد التي تكون عازلة عند درجة حرارة الصفر المطلق ولكنها تمتلك قدرا من التوصيلية الكهربائية عند ارتفاع درجة حرارتها او بإضافة شوائب او إحداث عيوب في تركيبها البلوري [66]، وتبعا لنظرية الحزم في المواد الصلبة فإن هذه المواد تمتلك حزمتين من الطاقة احدهما حزمة التكافؤ (valance band) وتكون مملوءة بالالكترونات والحزمة الاخرى تسمى حزمة التوصيل (conduction band) وتكون فارغة من الالكترونات وتفصل بينهما فجوة

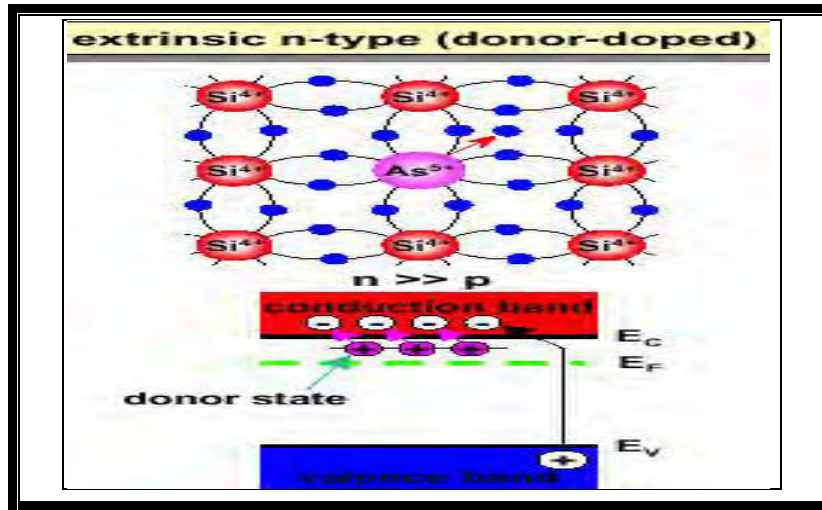
الطاقة الممنوعة (energy gap) وعند رفع درجة حرارة هذه المواد فإن بعض الإلكترونات حزمة التكافؤ تكتسب طاقة وتنتقل إلى حزمة التوصيل مخترقة فجوة الطاقة الممنوعة تاركة خلفها فجوات في حزمة التكافؤ مساوية إلى عدد الإلكترونات المغادرة [67,68] مثل هذه المواد تسمى بأشباه الموصلات الذاتية. يقع مستوى فيرمي (fermi level) فيها في منتصف فجوة الطاقة المحصورة (forbidden gap) عند درجة حرارة الصفر المطلق وكما في المعادلة الآتية [60]:

$$E_F = (E_C + E_V) / 2 \quad (1-2)$$

إذ أن : E_F : طاقة مستوى فيرمي ، E_C : طاقة مستوى التوصيل ، E_V : طاقة مستوى التكافؤ

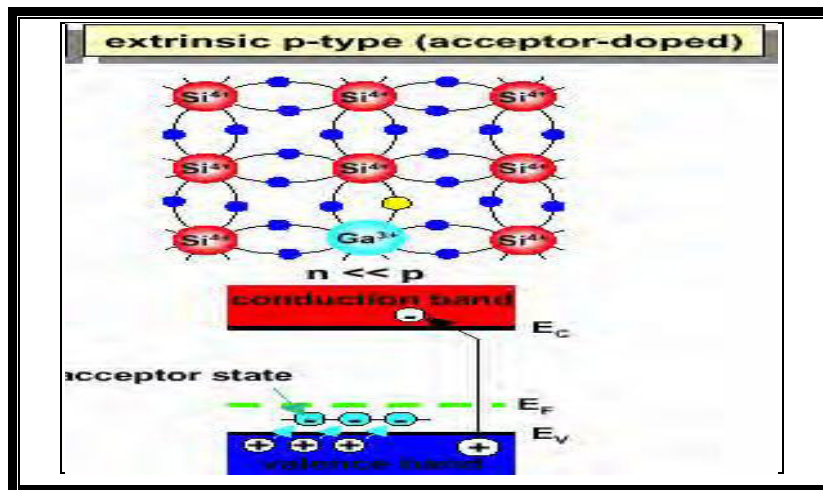
(10-2) أشباه الموصلات غير الذاتية (Extrinsic semiconductor)

إن إضافة شوائب إلى المادة شبه الموصلة النقية يؤدي إلى زيادة نوع واحد من حاملات الشحنة (الكترن، فجوة) على حساب النوع الآخر ويؤدي ذلك إلى تغيير مباشر في خواص شبه الموصل لهذه المواد، ويمكن الاستفادة من هذه العملية في التطبيقات التي تحتاج إلى نوع واحد من حاملات الشحنة مثل (الترانزستور) وتسمى هذه العملية بالتطعيم وتسمى المادة شبه الموصلة بالمادة المطعمة. وهناك نوعين من التطعيم هما التطعيم الواهب (n-type)، والتطعيم المانح (p-type). ففي التطعيم الواهب يكون تركيز حاملات الشحنة نوع (n) الإلكترونات أكبر بكثير من تركيز حاملات الشحنة نوع (p) الفجوات أي أن $n > p$ وتكون مستويات الشائبة قريبة من حزمة التوصيل لأن مستوى فيرمي يزحف مقتربا من حزمة التوصيل في هذا النوع من التطعيم وتسمى هذه المستويات بالمستويات الواهبة (doner level) مثل (إضافة الزرنيخ (As) خماسي التكافؤ كشائبة إلى السليكون (Si) رباعي التكافؤ) [21] كما مبين بالشكل (2-9).



الشكل (9-2) يبين شبه موصل نوع (n-type) [63].

وفي التطعيم المانح يكون تركيز حاملات الشحنة نوع (p) اكبر بكثير من تركيز حاملات الشحنة نوع (n) أي ان ($p > n$) وتكون مستويات الشائبة قريبة من حزمة التكافؤ لأن مستوى فيرمي يزحف مقترباً من حزمة التكافؤ في هذا النوع من التطعيم وتسمى هذه المستويات بالمستويات المتقبلة (acceptor levels) مثل اضافة الكاليوم (Ga) ثلاثي التكافؤ كشائبة الى السليكون رباعي التكافؤ وكما موضح بالشكل (10-2) [69].



الشكل (10-2) يبين شبه موصل من النوع (p-type) [63].

(Structure Properties) (X-Ray Diffraction)

(11-2) الخصائص التركيبية (1-11-2) حيود الاشعة السينية

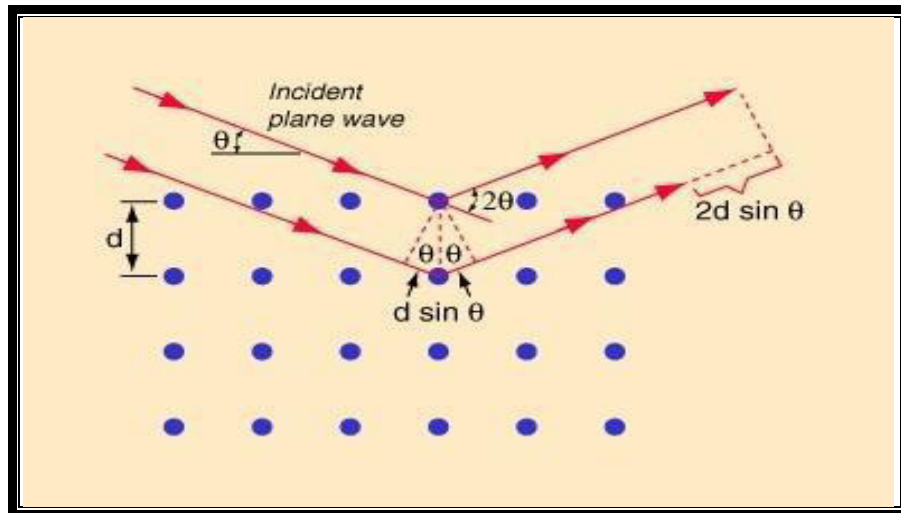
تعد تقنية حيود فوتونات الاشعة السينية مصدرا مهما في الحصول على معلومات دقيقة ومفصلة عن البنية البلورية للمواد الصلبة، ولقد استطاع العالم الانكليزي براك (W.L.Bragg) في عام (1913) من ايجاد علاقة رياضية مهمة لتعيين المسافة البينية بين المستويات البلورية باستخدام الاشعة السينية والصيغة الرياضية لقانون براك للحيود هي [2,46] :-

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2-2)$$

إذ أن:

n : مرتبة الحيود، θ : زاوية حيود براك، d : المسافة بين مستويين بلوريين متعاقبين (hkl)
 λ : الطول الموجي (nm).

وانعكاس براك يحدث فقط عندما يكون الطول الموجي في المعادلة (2-2) المستخدم للحصول على انعكاس من مستوى لها احداثيات (hkl) اصغر او مساوي لضعف المسافة البينية بين مستويين بلوريين متعاقبين، وكما موضح بالشكل (11-2)، ولهذا السبب لا يمكن استخدام الضوء المرئي لدراسة البنية البلورية. اي ان شرط براك للانعكاس هو $\lambda \leq 2d_{hkl}$ [21].

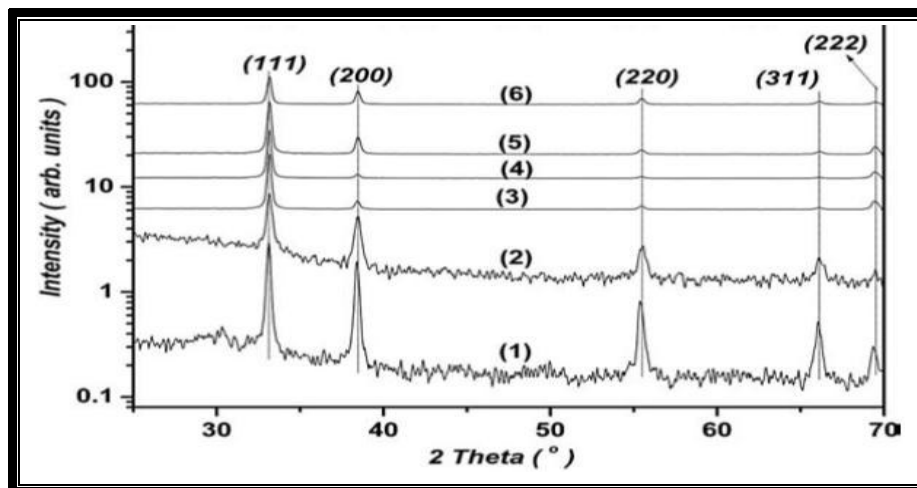


الشكل (11-2) المستويات البلورية لقانون براك [70] .

ولغرض الحصول على نمط حيود للأشعة السينية الذي ينطبق على شرط براك للانعكاس صممت بعض الطرق التجريبية مثل طريقة [45] :-

- 1- تذبذب البلورة (Oscillation-Crystal)
- 2- طريقة المسحوق (Powder-Method)
- 3- طريقة تدوير البلورة (Rotating Method)
- 4- طريقة لاوي (Laue Method)

وفي جميع الطرق اعلاه اما يتم تغيير (θ) او يتم تغيير (λ) اثناء عملية الفحص. فعند دوران العينة بزاوية (θ) في طريقة تدوير البلورة فإن الكاشف يكون قد دار بزاوية (2θ)، وبذلك تكون الزوايا المسجلة هي ضعف الزاوية في قانون براك بشرط ان تكون الاشعة السينية أحادية الطول الموجي، وبذلك نستطيع حساب (d_{hkl}) من العلاقة (2-2). الشكل (2-12) يوضح انماط حيود الاشعة السينية لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالحديد وبنسب تطعيم [29]. (1) CdO-undoped, (2) 1.33%, (3) 2%, (4) 2.3%, (5) 3%, (6) 5.7%



الشكل (2-12) انماط حيود الاشعة السينية لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالحديد [29].

(2-11-2) المعلمات التركيبية (Structure Parameters)

ان المعلمات التركيبية الخاصة بأية مادة والتي تعتمد على طيف حيود الاشعة السينية يعد امراً مهماً في تفسير الكثير من الخصائص الفيزيائية للمادة .

1- ثابت الشبكة (Lattice Constant)

في حالة التركيب (cubic) الذي يمثل النمط السائد في تراكيب (CdO) يتم حساب ثابت الشبكة (a_0) للتركيب باستخدام العلاقة الاتية [21] :-

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

إذ ان :

hkl : معاملات ميلر. d_{hk} : البعد بين مستويين بلوريين متعاقبين .

2- عرض المنحني لمنتصف القمة (Full Width at Half Maximum)

يمكن قياس عرض المنحني لمنتصف القمة للاتجاه التفضيلي إذ أن عرض الخط الجانبي (بالدرجات) عند منتصف اعظم شدة ويحول الى المقياس نصف القطري عند تطبيقه في قانون الحجم الحبيبي ويرمز له اختصاراً (FWHM) ويعتمد على [71] :-

a- طريقة تحضير الاغشية.

b- نوع القاعدة المرسب عليها الغشاء ودرجة حرارتها.

c- نوع المادة الشائبة.

3- معدل الحجم الحبيبي (Average of grain size)

يحسب معدل الحجم الحبيبي للبلورة (Grain Size) من فحص (XRD) باستخدام معادلة شيرر (Scherr 's formula) [72] :-

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

إذ ان :

β : عرض المنحني عند منتصف القمة وتقاس بالوحدات نصف القطرية، K : ثابت = 0.9 .

D_{av} : الحجم الحبيبي للبلورات، λ : الطول الموجي للهدف المستخدم في فحص (XRD).

كما يمكن حساب معدل الحجم الحبيبي باستخدام طريقة (Williamson –Hall) التي لا تعتمد فقط على عرض منتصف القمة كما في طريقة شيرر بل تعتمد اضافة لذلك على الاجهاد المسلط على البلورة بمعنى ان (FWHM) ناتج من الحجم الحبيبي زائدا الاجهاد (S)(Strain) وكما في المعادلة الاتية [73] :-

$$\beta_{hkl} = \beta_s + \beta_D \quad (5-2)$$

إذ أن :

β_{hkl} : عرض منتصف القمة الكلي ، β_s : العرض الناتج من الاجهاد .

β_D : العرض الناتج من الحجم الحبيبي.

وبملاحظة علاقة شيرر نلاحظ أنها تعتمد على $(1/\cos\theta)$ اما علاقة (Williamson-Hall) فتعتمد على $(4 S \tan\theta)$ وبعد تعويض هذه العلاقات في المعادلة (5-2) نحصل على المعادلة الاتية:-

$$\beta_{hkl} = K\lambda/D\cos\theta + 4 S \tan\theta \quad (6-2)$$

نضرب طرفي المعادلة بـ $(\cos\theta)$ نحصل على

$$\beta_{hkl} \cos\theta = K\lambda/D + 4 S \sin\theta \quad (7-2)$$

وبرسم العلاقة بين $(4 S \sin\theta)$ و $(\beta_{hkl} \cos\theta)$ ولجميع القيم لكل نموذج وبمقارنة المعادلة (7-2) مع المعادلة الحاسوبية $(y=a+b*x)$ والحصول على نقطة القطع (intercept) (a) أي ان :

$$a = K\lambda/D_{av} \quad (8-2)$$

$$D_{av} = K\lambda/a \quad (9-2)$$

و كذلك نحصل على قيمة (b) (slope) التي تمثل قيمة (S) الاجهاد .

4- عامل التشكيل (Texture Coefficient) (Tc)

مصطلح يستخدم لوصف الاتجاه السائد لنمو الاغشية الرقيقة. ويمكن حساب عامل التشكيل وفق علاقة (Joseph and manoj) [74] :-

$$T_{C(hkl)} = \frac{I_{(hkl)} / I_{o(hkl)}}{N_r^{-1} \sum I_{(hkl)} / I_{o(hkl)}} \quad (10-2)$$

إذ ان:

N: عدد القمم الظاهرة في حيود (XRD)، I_{hkl} : الشدة النسبية المقاسة للمستوى (hkl).

$I_{0(hkl)}$: الشدة القياسية للمستوى (hkl) (المأخوذ من بطاقة (JCPDS).

5- كثافة الانخلاعات (δ) وعدد البلوريات (N_0)

(Dislocation Density And number of Crystal)

تمثل كثافة الانخلاعات عدد خطوط الانخلاعات التي تقطع وحدة المساحة في تلك البلورة وهي تمثل النسبة بين الطول الكلي لخطوط الانخلاعات جميعها وحجم البلورة ، وتحسب كثافة الانخلاعات باستخدام علاقة (Williamson and Smallmans) [75] :-

$$\delta = 1/D^2 \quad (11-2)$$

أما عدد البلوريات (N_0) لوحدة المساحة فيتم حسابها وفق العلاقة الآتية [72] :-

$$N_0 = t/D^3 \quad (12-2)$$

(12-2) الخواص البصرية (Optical Properties)

(1-12-2) تفاعل الضوء مع شبه الموصل

عند سقوط شعاع من ضوء احادي اللون عمودي على مقطع من شبه موصل فإن جزءا منه ينعكس والجزء الاخر ينفذ وأن الضوء الذي ينفذ يُمتص جزء منه داخل شبه الموصل وذلك لأن طاقته تكون كافية لآثاره الالكترونيات وتحفيزها الى مراتب طاقة عالية غير مشغولة وبما أن مراتب الطاقة غير المشغولة في شبه الموصل يكون عددها كبير في حزمة التوصيل ومراتب

الطاقة المشغولة في حزمة التكافؤ يكون عددها كبير ايضا لذلك فإن احتمالية الامتصاص تكون كبيرة جدا عندما تكون طاقة فوتونات الضوء الساقط اكبر من طاقة الفجوة المحصورة (E_g) لشبه الموصل. إن نسبة امتصاص الضوء الداخل الى بلورة شبه الموصل تتناسب طرديا مع شدة الضوء عند طول موجي معين [53,76] وذلك يؤدي في شدة الضوء احادي اللون إلى أن يضمحل اسيا عند مروره خلال البلورة ويعبر عن ذلك بعلاقة لامبرت الاتية [44]:-

$$I_x = I_0 \exp(-\alpha x) \quad (13-2)$$

إذ (α) هي دالة للطول الموجي للاشعاع الساقط وتعرف بمعامل الامتصاص.

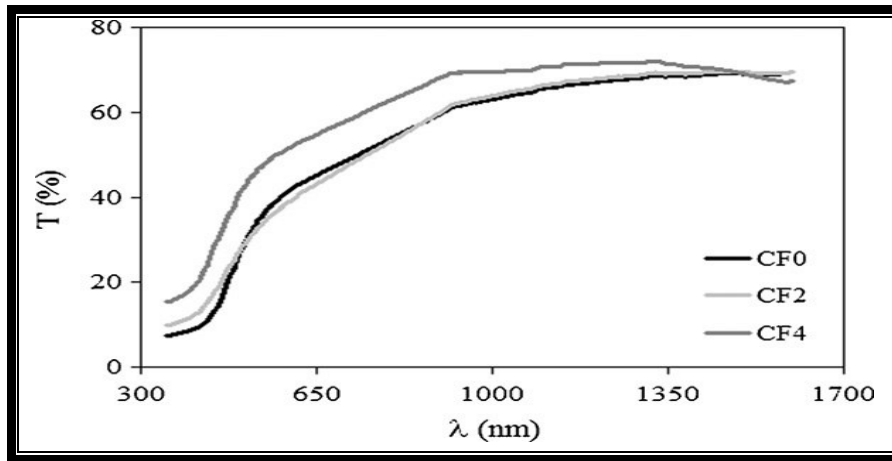
I_x/I_0 : نسبة شدة الضوء النافذ الى الضوء الساقط وهي تتناسب مع سمك المادة (x).

(Transmittance) (2-12-2) النفاذية

هي النسبة بين شدة الاشعاع النافذ وشدة الاشعاع الساقط على السطح ويرمز لها بالرمز (T)، ولها علاقة مع الامتصاصية والانعكاسية وفقا لقانون حفظ الزخم وهي [77].

$$R + A + T = 1 \quad (14-2)$$

الشكل (13-2) يبين تغير النفاذية مع الطول الموجي لأغشية (CdO) المطعمة بالفلور ولنسب تطعيم مختلفة [78].



الشكل (13-2) النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) المطعمة بالفلور [78].

(Absorbance)

(3-12-2) الامتصاصية

الامتصاصية هي النسبة بين شدة الاشعاع الممتص من قبل الغشاء (I_A) الى شدة الاشعاع الساقط عليه (I_0) ويرمز لها بالرمز (A) وكما في المعادلة الاتية [79] :-

$$A = I_A / I_0 \quad (15-2)$$

إذ تمثل الامتصاصية النقصان الحاصل في شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي عند دخوله وسط معين.

(1-3-12-2) حافة الامتصاص الاساسية (The Fundamental Absorption Edge)

وتعرف على انها الزيادة السريعة الحاصلة في الامتصاص عندما تكون طاقة الاشعاع الممتصة مساوية تقريبا لفجوة الطاقة، وعلى ذلك فهي تمثل اقل فرق في الطاقة بين اعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل [21,80].

(2-3-12-2) مناطق الامتصاص (Absorption Region) وتنقسم الى ثلاث مناطق هي:-

1- منطقة الامتصاص العالي

يكون مقدار معامل الامتصاص (α) في هذه المنطقة اكبر او يساوي (10^4 cm^{-1}) والشكل (14-2A) يبين منطقة الامتصاص هذه [21]. إن منطقة الامتصاص العالي ناتجة عن الانتقالات الالكترونية من الحالات الممتدة في حزمة التكافؤ الى الحالات الممتدة في حزمة التوصيل ويمكن من خلال هذه المنطقة التعرف على فجوة الطاقة البصرية المحصورة.

2- المنطقة الاسية

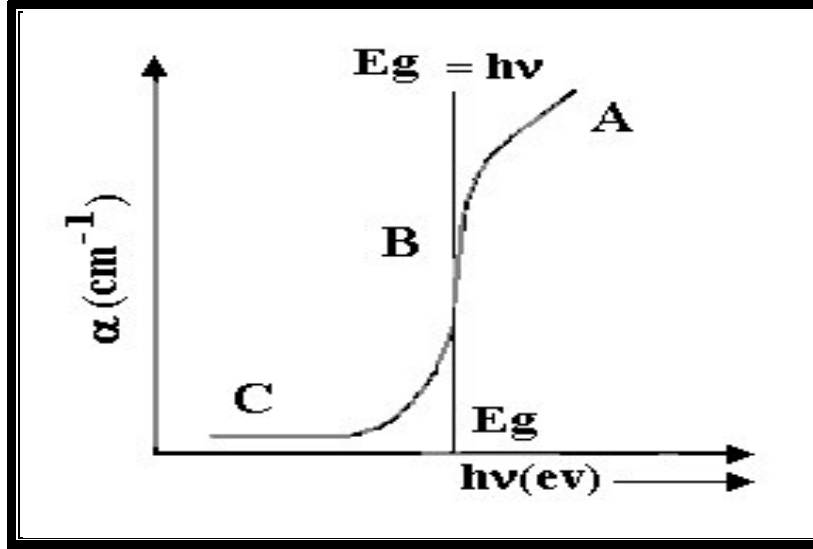
قيمة معامل الامتصاص في هذه المنطقة تتراوح بين ($1 < \alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$)، وهذه المنطقة موضحة بالشكل (14-2B). ويمكن التعبير عن معامل الامتصاص في هذه المنطقة بعلاقة اورباخ (Urbach) [79] :-

$$\alpha = \alpha_0 \exp(h\nu/E_u) \quad (16-2)$$

إذ ان: $h\nu$: طاقة الفوتون (eV)، α_0 : ثابت التناسب، α : معامل الامتصاص (cm^{-1}).
 E_u : عرض الذيل للمستويات الموضعية في منطقة الفجوة المحصورة، وهي مساوية الى مقلوب

3- منطقة الامتصاص الضعيف

يكون معامل الامتصاص في هذه المنطقة صغير جداً ($\alpha < 1 \text{ cm}^{-1}$) وتعزى الانتقالات بين المنطقة هنا الى كثافة الحالات داخل الفسحة الحركية الناتجة من العيوب التركيبية وهذه المنطقة موضحة في الشكل (14-2C).



الشكل (14-2) مناطق الامتصاص [81].

(4-12-2) معامل الامتصاص (α) (Absorption Coefficient)

يعرف معامل الامتصاص على انه مقياس لنسبة الخسارة في شدة الضوء من الحزمة الساقطة مباشرة خلال سمك معين [82] ، ويعتمد على نوع الانتقالات الالكترونية التي تحدث بين الحزم وكذلك على طاقة الفوتون وعلى خصائص شبه الموصل بالنسبة لفجوة الطاقة [79]. فإذا كانت طاقة الفوتون الساقط اقل من قيمة فجوة الطاقة فإنه سينفذ وتعطى نفاذ يته بالعلاقة الاتية:- [77]

$$T = (1-R)^2 \exp(-\alpha t) \quad (17-2)$$

كذلك نستطيع كتابة علاقة النفاذ ية مع الامتصاصية كما يلي:-

$$T = \exp(-2.303A) \quad (18-2)$$

نعوض المعادلة (18-2) في المعادلة رقم (17-2) فنحصل على

$$\exp(-2.303A) = (1-R)^2 \exp(-\alpha t) \quad (19-2)$$

وإذا كانت قيمة (R) صغيرة جدا فيمكن ان تهمل فتصبح المعادلة رقم (19-2) كالآتي:-

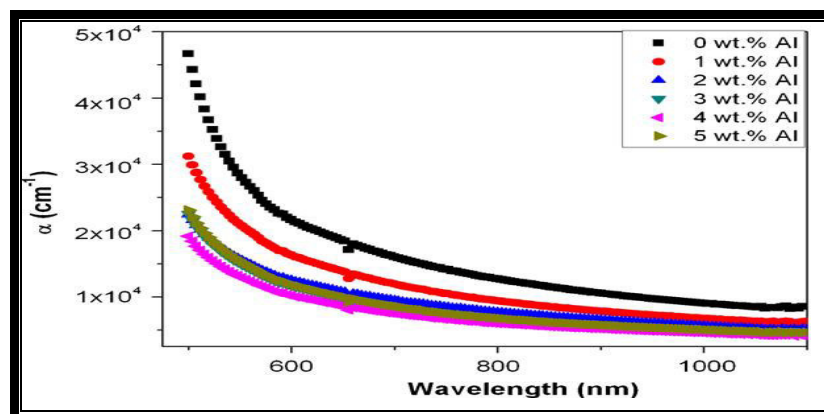
$$\exp(-2.303A) = \exp(-\alpha t) \quad (20-2)$$

ومنها نحصل على :-

$$\alpha = 2.303A/t \quad (21-2)$$

إذ (t) سمك الغشاء (cm).

الشكل (15-2) يبين تغير معامل الامتصاص مع الطول الموجي لآغشية (CdO) المطعمة بالالومنيوم ولنسب تطعيم مختلفة.



الشكل (15-2) معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي لآغشية (CdO) المطعمة بالالومنيوم ولنسب تطعيم مختلفة [33].

(Electronic Transitions)

(5-12-2) الانتقالات الالكترونية

وتقسم الى نوعين:-

(Direct Transition)

(1-5-12-2) الانتقالات الالكترونية المباشرة

عملية انتقال الالكترون من قمة حزمة التكافؤ الى قعر حزمة التوصيل عند النقطة نفسها في فضاء متجه الموجة (k-space) ضمن الشرط ($\Delta k = 0$) يسمى هذا الانتقال بالانتقال الالكتروني المباشر إذ يصاحب هذا الانتقال تفاعل بين الفوتون الساقط والالكترون (photon-electron interaction) إذ يكون كل من الزخم والطاقة محفوظين كما في الصيغة الآتية [83,84]:-

$$E_f - E_i = h\nu \quad (22-2)$$

$$\vec{K}_f - \vec{K}_i = \vec{q} \quad (23-2)$$

إذ ان:

E_f : طاقة الالكترون النهائية في حزمة التوصيل.

E_i : طاقة الالكترون الابتدائية في حزمة التكافؤ.

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

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

$\vec{q}$: متجه موجة الفوتون الممتص .

أما متجه موجة الفوتون الممتص فيكون صغير جدا مقارنة بقيمة الالكترون لذلك يهمل فتكون العلاقة (23-2) كالآتي:-

$$\vec{K}_f = \vec{K}_i \quad (24-2)$$

ويدعى هذا الانتقال بالانتقال المباشر المسموح (allowed direct transition) ويسمى احيانا بالانتقال العمودي. وكما مبين بالشكل (16-2a) فعندما يكون انتقال الالكترون من المناطق المجاورة لمناطق الانتقال المباشر المسموح وبقاء شرط عدم تغير قيمة متجه الموجة (K) يسمى هذا الانتقال بالانتقال المباشر الممنوع (forbidden direct transition) وكما مبين بالشكل (16-2b)، وتعطى معادلة الامتصاص في هذا النوع من اشباه الموصلات بالعلاقة [84,85] :-

$$\alpha h\nu = P (h\nu - E_g)^r \quad (25-2)$$

إذ ان:-

α : معامل الامتصاص البصري (cm^{-1})، $h\nu$: طاقة الفوتون الساقط (eV).

P : ثابت يعتمد على طبيعة المادة، E_g : فجوة الطاقة البصرية (eV).

r : مرتبة الانتقال البصري ويعتمد على طبيعة الانتقال الالكتروني.

يتضح من المعادلة (25-2) إن قيمة الاس (r) هي التي تحدد نوع الانتقال في اشباه الموصلات ذات الفجوة المباشرة فعندما تكون قيمة (r) مساوية الى (1/2) فإن الانتقال يكون

من النوع المباشر المسموح، أما إذا كانت قيمة (r) مساوية الى (3/2) فإن الانتقال يكون من النوع المباشر الممنوع [86].

(2-5-12-2) الانتقالات الالكترونية غير المباشرة

(Indirect Electroni Transition)

في حالة عدم تطابق طاقتي قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل في فضاء متجه الموجه (K) بإذ يكون الانتقال بين نقطة في حزمة التكافؤ وأية نقطة في حزمة التوصيل وبصورة غير عمودية وبذلك تكون قيمة متجه الموجة ($\Delta K \neq 0$) عندها يحصل الانتقال غير المباشر [87,88] ويصاحب هذا الانتقال تغير في زخم البلورة يعوّض من قبل الشبكة اما عن طريق امتصاص فونون زخمه $[-\hbar(K_c - K_v)]$ او عن طريق انبعاث فونون زخمه $[\hbar(K_c - K_v)]$ وهو مهم لتحقيق قانون حفظ الزخم [83,89] أي ان :-

$$\vec{K}_i + \vec{q} = \vec{K}_f \pm \vec{K}_p \quad (26-2)$$

إذ ان :

$\vec{K}_p$: متجه موجة الفونون المنبعث او الممتص .

وبما ان (q) متجه موجة الفوتون صغيرة جدا فإنه يهمل وتصبح المعادلة (26-2) على النحو الاتي:-

$$\vec{K}_i = \vec{K}_f \pm \vec{K}_p \quad (27-2)$$

وتسمى اشباه الموصلات التي تمتلك هذه الانتقالات بأشباه الموصلات ذات الفجوة غير المباشرة (indirect – band gap) [70].

ومعادلة الامتصاص لهذه المواد تعطى بالعلاقة الاتية:-

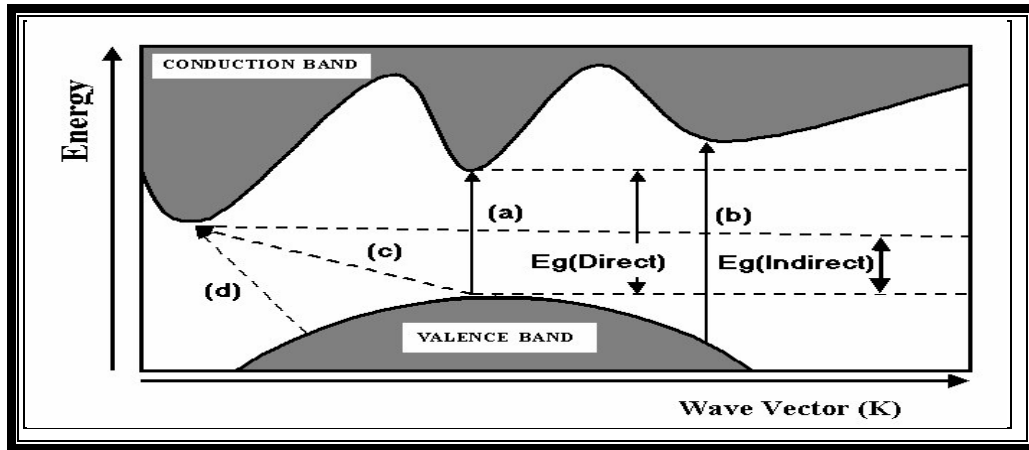
$$\alpha h\nu = P' (h\nu - E'_g \pm E_p)^r \quad (28-2)$$

إذ تمثل:

r: معامل اسي يعتمد على طبيعة الانتقال الالكتروني، $+E_p$: عملية امتصاص فونون.
 $-E_p$: عملية انبعاث فونون، E'_g : طاقة الفوتون، P': ثابت يعتمد على طبيعة المادة.

يحصل الانتقال غير المباشر المسموح عندما تكون الانتقالات بين اعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل والموجودة في مناطق مختلفة في فضاء متجه الموجة

(K) والذي يعتمد على قيمة (r) في المعادلة (28-2) والتي تكون مساوية الى (2) لكي يحصل هذا النوع من الانتقال وكما مبين بالشكل (16-2c) وعندما يكون الانتقال بين نقاط مجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل وعند قيمة (r) مساوية الى (3) في المعادلة (28-2) [62] يحصل الانتقال غير المباشر الممنوع، وتعتمد عملية الانبعاث او الامتصاص في الانتقالات غير المباشرة على درجة الحرارة بخلاف ما هو عليه في الانتقالات المباشرة [2,45,90]، والانتقالات غير المباشرة مبينة بالشكل (16-2d)[72,91,92].



شكل (16-2) الانتقالات الالكترونية [93]

- (a) انتقال مباشر مسموح (c) انتقال غير مباشر مسموح
(b) انتقال مباشر ممنوع (d) انتقال غير مباشر ممنوع

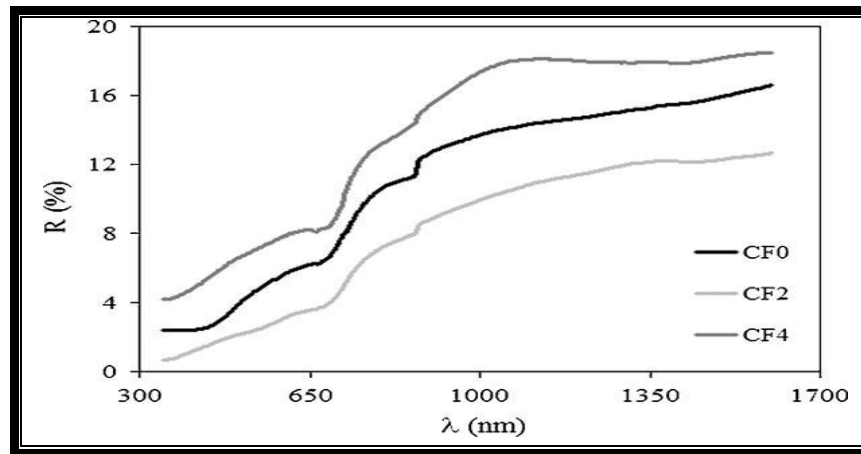
(Reflectance)

(6-12-2) الانعكاسية

تعرف الانعكاسية (R) على انها النسبة بين شدة الاشعاع المنعكس عند الحد الفاصل بين وسطين الى شدة الاشعاع الساقط. وترتبط الانعكاسية مع معامل الانكسار (n_0) وفقا للمعادلة الاتية [21]:-

$$R = \frac{(n_0 - 1)^2 + K^2}{(n_0 + 1)^2 + K^2} \quad (29-2)$$

الشكل (17-2) يبين تغير الانعكاسية مع الطول الموجي لاجشية (CdO) المطعمة بالفلور ولنسب تطعيم مختلفة [78].



الشكل (17-2) الانعكاسية كدالة للطول الموجي لآغشية (CdO) المطعمة بالفلور [78].

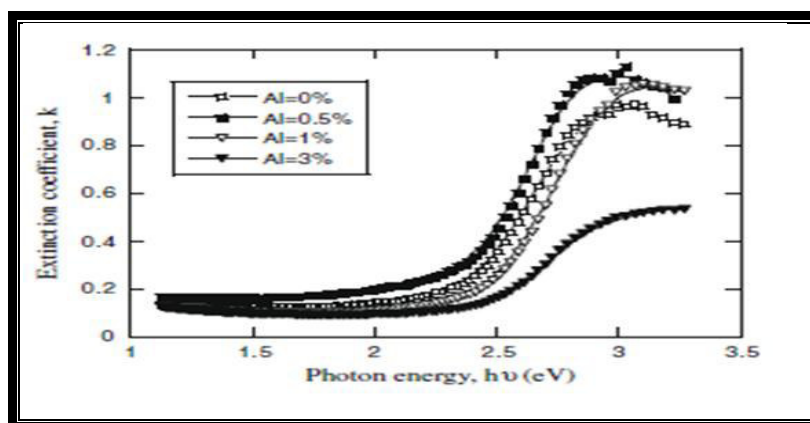
(Optical Constant)

(7-12-2) الثوابت البصرية

(Extinction Coefficient)

(1-7-12-2) معامل الخمود

يمثل معامل الخمود الجزء الخيالي لمعامل الانكسار المعقد وهو المعامل الاسي للموجة داخل المادة أي الخمود الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية داخل المادة الذي يعني كمية ماتمتصه الكترونات المادة من طاقة الفوتونات [94] ويمثل معامل الخمود الجزء المعقد لمعامل الانكسار المعقد. الشكل (18-2) يبين تغير معامل الخمود مع طاقة الفوتون ولاغشية اوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة بالالمنيوم ولنسب تطعيم (0.5,1,3) % [30].



الشكل (18-2) معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لآغشية (CdO:Al) [30].

ويحسب معامل الخمود من العلاقة الاتية [4]:-

$$K_0 = \alpha\lambda/4\pi \quad (30-2)$$

إذ أن: (λ) الطول الموجي للاشعة الساقطة (cm).

ويمثل معامل الخمود الجزء الخيالي من معامل الانكسار المعقد.

(2-7-12-2) معامل الانكسار (n_0) (Reflectiv Index)

ويعرف على أنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في وسط معين [73]

ويعبر عنه وفق العلاقة الاتية [91]:-

$$n^* = c/v \quad (31-2)$$

إذ أن: c : سرعة الضوء في الفراغ (m/s). v : سرعة الضوء في المادة (m/s).
 n^* : معامل الانكسار المعقد.

ويعتمد (n^*) على عدة عوامل أهمها :-

1- نوع المادة .

2- التركيب البلوري.

إذ يتغير n^* تبعاً لتغير الحجم الجزيئي حتى لو كان التركيب البلوري للمادة نفسه [3].

ومعامل الانكسار كمية معقدة تعطى بالعلاقة الاتية [91,95]:-

$$n^* = n_0 - iK_0 \quad (32-2)$$

إذ أن

n_0 : معامل الانكسار الحقيقي، K_0 : معامل الخمود، n^* : معامل الانكسار المعقد.

ويمكن ان نحسب معامل الانكسار وفقاً للعلاقة الاتية [96] :-

$$n_0 = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (k_0^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad (33-2)$$

للحصول على العلاقة التي تربط معامل الانكسار والطول الموجي يمكن تطبيق علاقتي (Sellmeier) [97] (Cauchy) [98] ويمكن من خلالها حساب قيمة معامل الانكسار السكوني (n_0) باستعمال المعادلتين الآتيتين :-

1- انموذج (Cauchy): وحسب هذا النموذج فإن علاقة التفريق (Dispersion Relation) يمكن وصفها بالعلاقة الآتية:-

$$n_0 = a + b/\lambda^2 \quad (34-2)$$

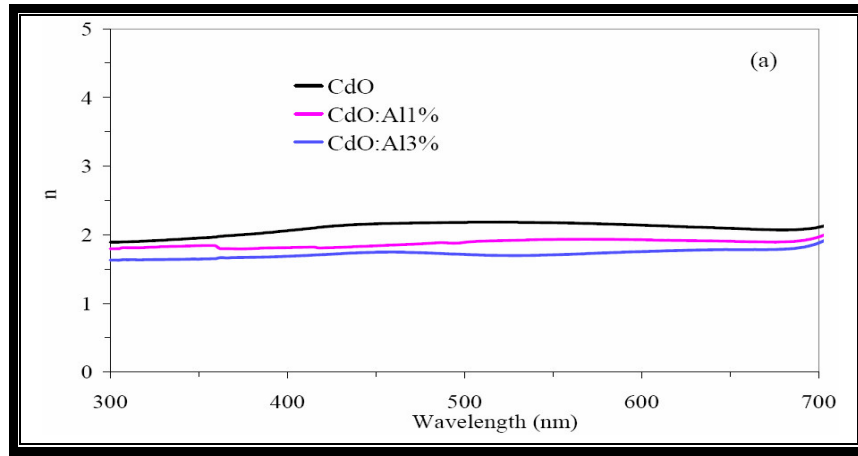
إذ أن: a, b : ثوابت n_0 : معامل الانكسار λ : الطول الموجي.

2- انموذج (Sellmeier): وتوصف علاقة التفريق في هذا الانموذج بالعلاقة الآتية:

$$n_0^2 = 1 + B\lambda^2/(\lambda^2 - C^2) \quad (35-2)$$

إذ أن: B, C : ثوابت، n_0 : معامل الانكسار، λ : الطول الموجي.

الشكل (19-2) يبين العلاقة بين معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لآغشية (CdO) المطعمة بالالومنيوم ولنسب تطعيم مختلفة [99].



الشكل (19-2) معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لآغشية (CdO) المطعمة بالالومنيوم ولنسب تطعيم مختلفة [99].

(Dielectric Constant) ثابت العزل (3-7-12-2)

هو عملية فقدان الطاقة الناتجة عن حدوث اختلاف في سرعة الضوء في الفراغ وسرعته في وسط معين بسبب التفاعل بين الضوء وشحنات ذلك الوسط وماينتج عن ذلك من استقطاب لشحنات الوسط وهذا الاستقطاب يوصف عادةً بثابت العزل المعقد والذي يرمز له بالرمز (ϵ) إذ

يمثل فيزيائيا استجابة الكترونات الوسط للمجال الكهرومغناطيسي الساقط [97] والذي يعطى بالعلاقة الاتية [98,70] :-

$$\epsilon = \epsilon_1 + i\epsilon_2 \quad (36-2)$$

إذ أن:

ϵ : ثابت العزل المعقد، $i\epsilon_2$: الجزء الخيالي من ثابت العزل المعقد.

ϵ_1 : الجزء الحقيقي من ثابت العزل المعقد.

يرتبط (ϵ) مع (n^*) بالعلاقة الاتية [70] :-

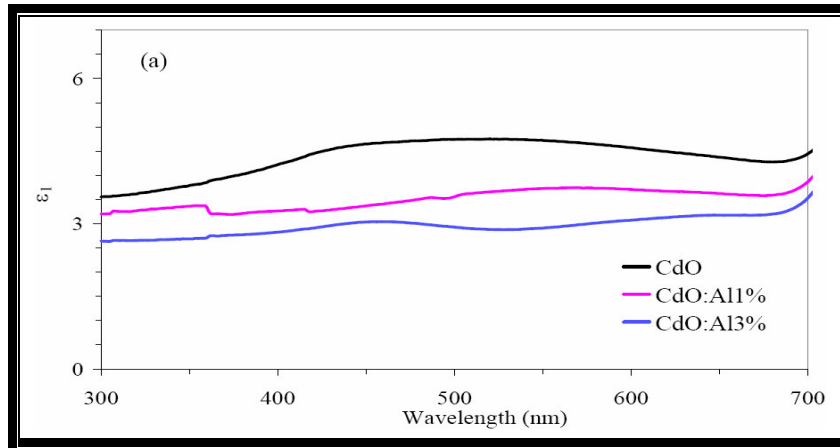
$$\epsilon = (n^*)^2 \quad (37-2)$$

ومن المعادلات (32,36,37-2) نحصل على:-

$$\epsilon_1 = n^2 - k^2 \quad (38-2)$$

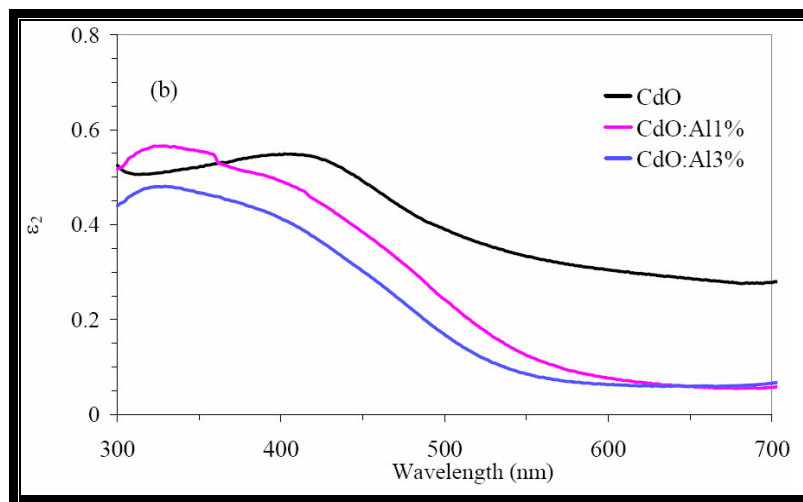
$$\epsilon_2 = 2n k \quad (39-2)$$

ويبين الشكل (20-2) تغير (ϵ_1) مع (λ) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالالومنيوم [99]. والشكل (21-2) يبين تغير (ϵ_2) مع (λ) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالالومنيوم.



الشكل (20-2) تغير (ϵ_1) مع (λ) لأغشية (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالالومنيوم [99].



الشكل (21-2) تغير (ϵ_2) مع (λ) لأغشية (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالالومنيوم [99].

(4-7-12-2) التوصيلية البصرية (σ) (Optical Conductivity)

تُعرّف التوصيلية البصرية بأنها الزيادة الحاصلة في عدد حاملات الشحنة (الالكترونات أو الفجوات) نتيجة سقوط حزمة ضوئية على شبه الموصل، وقد تمّ حساب التوصيلية البصرية في هذه الدراسة وفق العلاقة الاتية [13] :-

$$\sigma = \alpha n_0 c / 4 \pi \quad (40-2)$$

إذ ان: c: سرعة الضوء (cm/sec) في الفراغ ، n_0 : معامل الانكسار

(13-2) الخواص الكهربائية (Electrical Properties)

تختلف الخواص الكهربائية لأشباه الموصلات ذات التركيب البلوري غير المنتظم عنها في أشباه الموصلات البلورية وذلك لاختلاف عمليات الانتقال الإلكتروني. إذ تمتاز المادة ذات التركيب البلوري غير المنتظم بوجود ترتيب المدى القصير في تركيبها البلوري والذي يؤدي الى نشوء مستويات موضعية أو ذبول عند الحافات الحركية لحزمتي التكافؤ والتوصيل [100] بينما تمتاز المواد البلورية بوجود الحبيبات البلورية وتأثير حدودها وحجمها على حركة حاملات الشحنة، إذ تختلف الحدود الحبيبية للمركبات شبه الموصلة كثيراً عن العناصر شبه الموصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة بسبب تباين حجم الحبيبات [100]. هذا وتعتمد التوصيلية

الكهربائية لاشباه الموصلات كثيراً على درجة الحرارة، وتسلك هذه المواد سلوكاً معاكساً لسلوك المواد الموصلة إذ تقل مقاومتها بصورة عامة مع ارتفاع درجة الحرارة، لذا فهي تمتاز بامتلاكها لمقاومة ذات معامل حراري سالب.

(Hall Effect) تأثير هول (1-13-2)

يعرّف تأثير هول على أنه اختلاف توزيع التيار في شريحة معدنية بفعل مجال مغناطيسي، وتعد هذه الظاهرة من الظواهر المهمة لمعرفة نوع حاملات الشحنة وكثافتها وتحركية هذه الحاملات [53]. أول من لاحظ هذه الظاهرة هو الباحث (E.H.Hall 1879) في الرقائق المعدنية، واصبحت فيما بعد إحدى الوسائل المعتمدة في دراسة الخواص الكهربائية لاشباه الموصلات، وتعتمد الية تأثير هول على تسليط مجال مغناطيسي (B_z) على شبه الموصل باتجاه عمودي على اتجاه سريان التيار الكهربائي (I_x) فيه، فتنشأ لدى حاملات الشحنة نزعة إلى الانحراف جانباً مسببة تولد فرق جهد عبر شبه الموصل باتجاه عمودي على اتجاه كل من التيار والمجال المغناطيسي يدعى فرق جهد هول (Hall Voltage) [101] يصاحبه مجال كهربائي يدعى مجال هول، كما موضح بالشكل (2-22) ويمكن حساب معامل هول من العلاقة الآتية [43]:-

$$R_H = \frac{V_H}{I_x} \cdot \frac{t}{B_z} \quad (41-2)$$

إذ أن:

(V_H/I_x) يمثل ميل العلاقة الخطية بين فولتية هول (V_H) والتيار الخارج (I_x)، t سمك شبه الموصل، B_z شدة المجال المغناطيسي المسلط، R_H : معامل هول وتكون اشارته موجبة لشبه الموصل نوع (p-type) وسالبة لشبه الموصل نوع (n-type)، ويعبر عن معامل هول بالعلاقة [95]:-

$$R_H = \pm \frac{r}{n_H e} \quad (42-2)$$

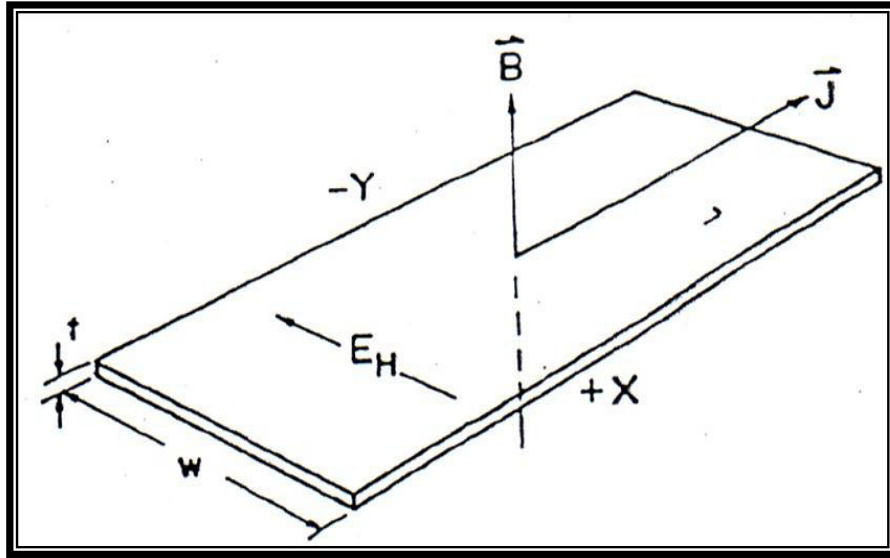
إذ أن: r : يمثل عامل الاستطارة ويكون ($r \leq 1$)، n_H تركيز حاملات الشحنة، e : شحنة الإلكترون بوحدة الكولوم (C).

وعليه يمكن حساب تركيز حاملات الشحنة من العلاقة:- [102]

$$\left. \begin{array}{l} n = \frac{-1}{R_H e} \\ p = \frac{1}{R_H e} \end{array} \right\} \begin{array}{l} n \gg p \\ p \gg n \end{array} \quad (43-2)$$

ومن التوصيلية (σ) ومعامل هول (R_H) يمكن ايجاد تحركية هول (μ_H) (Hall Mobility) من العلاقة [102] :-

$$\mu_H = \frac{\sigma}{n_H e} = \sigma |R_H| \quad (44-2)$$



الشكل (22-2) التكوين الاساس لظاهرة هول [64].

إذ أن:

σ : التوصيلية الكهربائية وتقاس بوحدة $(\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$.

μ_H : تحركية هول وتقاس بوحدة (cm^2/Vs) .

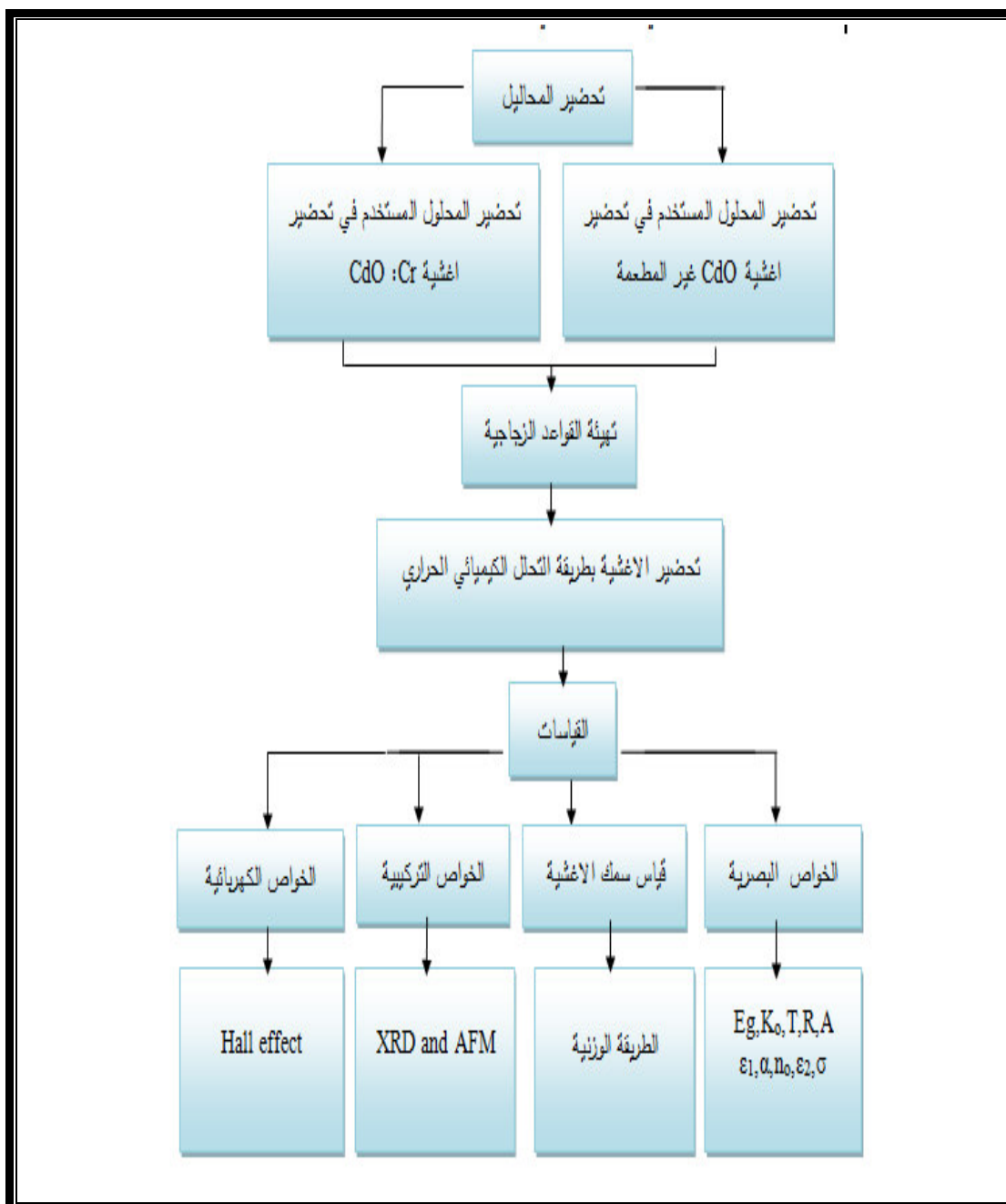
الفصل الثاني
في بيان ما في هذا الكتاب من

الحجائب في بيان ما في هذا الكتاب من

(Introdsuction)

(1-3)المقدمة

يتضمن هذا الفصل وصفاً عاماً لمنظومة التحلل الكيميائي الحراري المستعملة في تحضير اغشية (CdO) النقية والمطعمة باوكسيد الكروم وبتراكيز حجمية % (2,4,6and 8) والتعرف على الاجهزة المستخدمة في اجراء القياسات التركيبية والبصرية والكهربائية. والشكل رقم (1-3) يبين مخططاً للخطوات المتبعة في الجانب العملي.

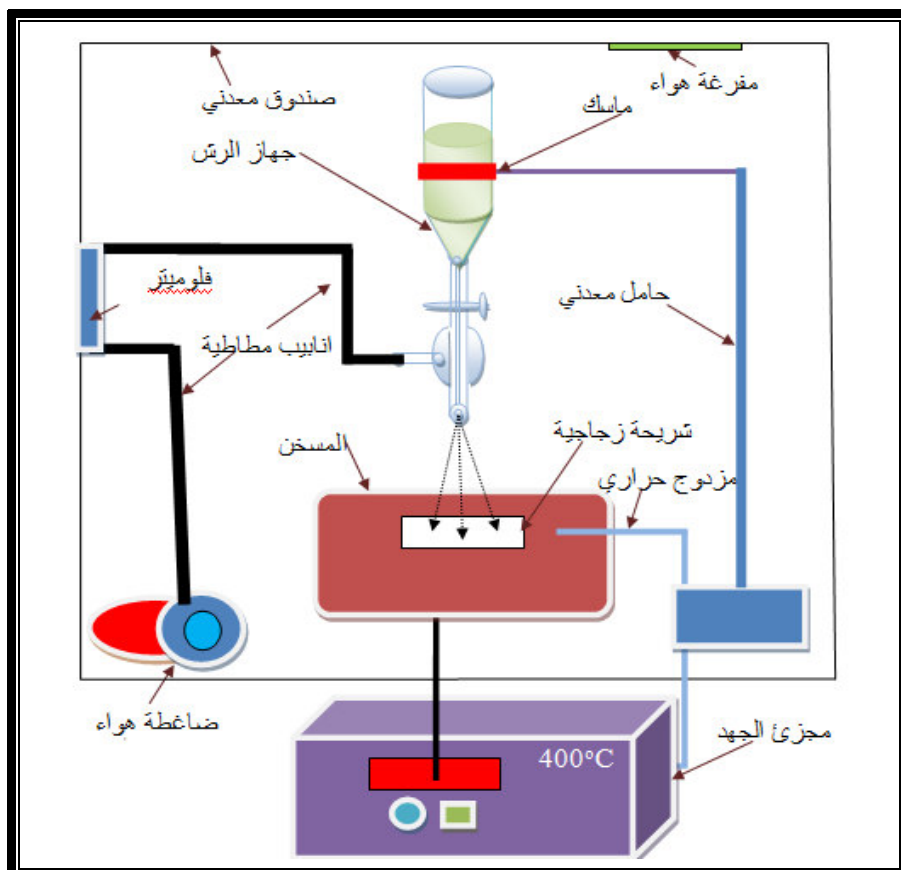


الشكل (1-3) مخطط الخطوات العملية .

(2-3) منظومة التحلل الكيميائي الحراري

(Chemical Spray Pyrolysis System)

تتكوّن هذه المنظومة من عدد من الاجهزة البسيطة المرتبة بشكل يمكن من خلالها تحضير أغشية رقيقة مختلفة الانواع وبمديات سمك متقاربة وكما موضح بالشكل (2-3).



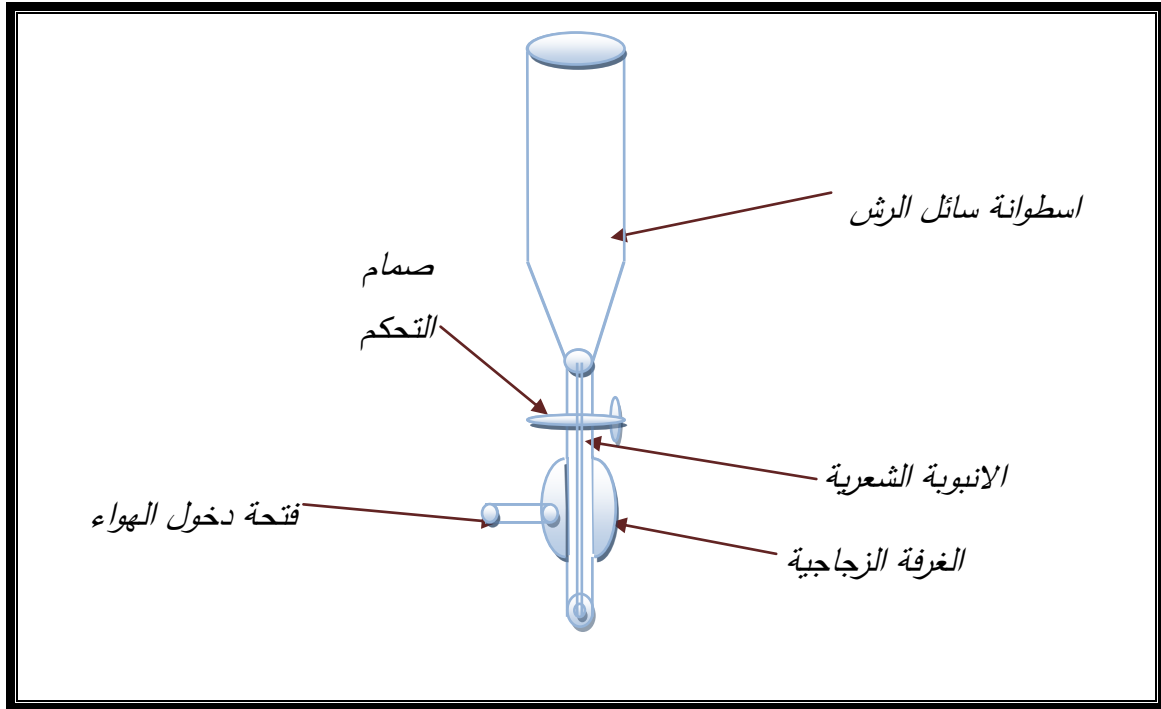
الشكل (2-3) منظومة التحلل الكيميائي الحراري

وهذه المنظومة تتكون من الاجزاء الاتية :-

1- جهاز التبريد (Spray Nozzle)

يعتبر من اهم اجزاء منظومة التحلل الكيميائي الحراري وهو مصنع محلياً من الزجاج، ويتألف من خزان اسطواني الشكل مفتوح من الاعلى نصف قطره (1.5cm) وارتفاعه (8cm) يستعمل هذا الخزان لوضع المحلول. نصف قطر هذا الخزان يقل تدريجياً من الاسفل ليتصل بأنبوبة شعيرية بواسطة صمام زجاجي وهذه الانبوبة الشعيرية محاطة بغرفة منتفخة مغلقة من الاعلى ومفتوحة من الجانب لتتصل بضغطية الهواء ومفتوحة من الاسفل بفتحة على شكل حلقة

هذه الحلقة تكون متحدة المركز مع الانبوبة الشعرية وبمستوى واحد، وتكون الانبوبة الشعرية ذات قطر (0.1cm) وطولها (6cm)، وفائدة الفتحة الجانبية هو السماح للهواء المضغوط بالمرور من خلالها وبالتالي تخلخل الضغط داخل الغرفة الزجاجية وتحويل القطرة النازلة من الانبوبة الشعرية الى رذاذ باتجاه القاعدة الزجاجية المراد ترسيب الغشاء عليها. ومن العوامل المهمة التي يجب مراعاته في تصميم الجهاز هي ان يكون السطح الداخلي للانبوبة الشعرية خالي من الخدوش والتكسرات وكذلك نهايتها تنتهي مع نهاية الغرفة الزجاجية بالضبط، ويثبت جهاز التبريد على حامل (Holder) بارتفاع معين وبشكل عمودي، ويثبت ايضاً على الحامل واسفل جهاز التبريد قذح زجاجي لغرض تجميع قطرات المحلول المناسبة من الجهاز اثناء فترة التحكم بفتح وغلق الصمام. الشكل (3-3) يبين اجزاء جهاز التبريد.



الشكل (3-3) اجزاء جهاز التبريد

2- المسخن الكهربائي

(Electrical Heater)

يستعمل المسخن الكهربائي لرفع درجة حرارة القواعد الزجاجية الى درجة حرارة التفاعل المطلوبة اذ ان أي تغير في هذه الدرجة يتسبب في تغير طبيعة التركيب البلوري للمادة وبالتالي تتغير خواصها الفيزيائية ، والمسخن عبارة عن قطعة معدنية مقاومة للصدا لضمان توزيع الحرارة بصورة متساوية ومن ثم الحصول على غشاء متجانس، ويمكن السيطرة على درجة حرارة

المسخن بواسطة مجزئ جهد يربط على التوازي مع المسخن، وللحصول على غشاء متجانس في درجات الحرارة توضع على المسخن صفيحة معدنية من الحديد بسمك (5mm).

(Thermocouple)

3- المزدوج الحراري

المزدوج الحراري المستخدم في هذه الدراسة هو من نوع (NiCr-Ni) المجهز من شركة (Leybold) الألمانية، ويوضع المجس على سطح السخان الكهربائي ويتصل من الجهة الأخرى بمنظومة الكترونية ذات عداد رقمي (digital) يبين درجة حرارة المسخن الكهربائي محسوبة بالدرجة المئوية وتتحكم المنظومة الالكترونية بدرجة حرارة المسخن الكهربائي عند درجة الحرارة المطلوبة.

(Air Compressor)

4- مضخة الهواء

مضخة الهواء المستخدمة مجهزة من شركة (UTV) البولندية وتحتوي على منظم للتحكم بضغط الهواء المندفق إلى مقياس التدفق ثم إلى الغرفة الزجاجية لجهاز الرش الذي يكون متصلاً بها بواسطة أنبوبة مطاطية عن طريق فتحتها الجانبية، إذ أن ضغط الهواء المندفق إلى الغرفة الزجاجية والذي يخرج من الفتحة السفلى التي تحيط بفتحة الأنبوبة الشعرية يعمل على جعل قطرات المحلول المتدفق من الأنبوبة الشعرية بشكل رذاذ.

(Flowmeter)

5- مقياس التدفق

وهو جهاز يستخدم لقياس نسبة تدفق الهواء إلى داخل جهاز التبريد مجهزة بصمام يمكن التحكم من خلاله بنسبة التدفق يتكون من ثلاثة اجزاء اساسية هي انبوب مدبب وكرة عائمة (float) في داخل الانبوب ترتفع عند دخول الهواء وعندما ترتفع الكرة سوف تسمح للهواء بالدخول بين الكرة وجدار الانبوب وتبقى في موضعها بسبب تأثير وزن السائل على وزنها الذي يمكن من خلاله قياس نسبة التدفق جهاز امريكي الصنع مجهزة من شركة (DWYER).

(3-3) العوامل المؤثرة على تحضير الاغشية

(Substrate Temperature)

1- درجة حرارة القاعدة

تعد درجة الحرارة من العوامل المهمة التي لها الاثر الاكبر في تحديد آلية التفاعل الكيميائي ومن ثم تحديد نوع نواتج التفاعل وكمياتها كما تؤثر في تجانس الاغشية المحضرة

والتصاقيتها بالقواعد الزجاجية، لذلك يراعى في درجة الحرارة أن تبقى ثابتة تقريباً طوال مدة الترسيب من دون محاولة تقليلها أو زيادتها لان ذلك يؤدي الى تشوه الغشاء فضلاً عن عدم اكتمال التفاعل الكيميائي بين المواد الاولية المكونة لمادة الغشاء. وكانت درجة الحرارة المستخدمة في تحضير اغشية اوكسيد الكاديوم (400°C) ولكافة الاغشية المحضرة، اذ وجدناها مناسبة جداً للحصول على اغشية متجانسة.

2- معدل التريز (Spraying Rate)

يؤثر معدل التريز في تجانس الغشاء لذلك يجب أن يكون ثابتاً طوال مدة الترسيب لأن الزيادة أو النقصان في المعدل يؤدي الى تشوه الغشاء المتكون. ويتم التحكم بهذا المعدل عن طريق الصمام الموجود في جهاز التريز اذ يحسب معدل التريز بانسياب حجم معين من المحلول خلال دقيقة واحدة وقد وجد أن أفضل معدل تريز نحصل منه على أغشية متجانسة هو (5ml/min) لذا فإن هذا العامل يؤثر تأثيراً كبيراً في طبيعة بناء الاغشية وسرعة تكوينها [103].

3- زمن التريز (Spraying Period)

لتحضير الأغشية المطلوبة حددنا بعد التجربة لعدة رشات زمناً قدره (8sec) لتريز المحلول بعدها نتوقف عن التريز لمدة دقيقتين ثم تعاد العملية مرة أخرى، إذ لا يمكن أن يكون التريز على القواعد الزجاجية دفعة واحدة تجنباً لبرودتها لأن ذلك يسبب تكسرها كما يؤدي الى عدم اكتمال التفاعل وبالتالي يكون الغشاء غير متجانس [102]. ويعاد التريز بعد دقيقتين حتى تستعيد الشريحة الزجاجية درجة حرارتها المطلوبة، والسماح للأغشية المحضرة اكمال عملية الأكسدة والنماء البلوري. وتعاد هذه العملية لمرات عديدة وعلى الوتيرة نفسها للحصول على الغشاء المطلوب.

4 - المسافة العمودية (Vertical Distance)

للحصول على أفضل النتائج المطلوبة للأغشية كان الارتفاع العمودي بين القاعدة الزجاجية الموضوعة على سطح المسخن الكهربائي ونهاية الأنبوبة الشعرية في جهاز التريز مسافة (30 cm) تقريباً. في هذا الارتفاع يكون رذاذ المحلول غير متجمع في بقعة واحدة وغير متطاير بعيداً عن القاعدة الزجاجية. إذ أن زيادة المسافة تسبب تطاير رذاذ المحلول بعيداً عن

القاعدة الزجاجية وتؤدي الى تبخر السائل ومن ثم ترسب الاغشية على سطح القاعدة بشكل كتل وهذا يؤثر في التصاقية الاغشية وتجانسها، أما نقصان المسافة فيسبب الحصول على كثافة ترذيد عالية ضمن منطقة صغيرة مما يؤدي الى تبريد القواعد بشكل كبير والابتعاد عن درجة حرارة الترسيب المناسبة وتوزيع الرش بشكل غير متجانس ومن ثم التباين في سمك الغشاء المحضر من منطقة الى اخرى.

(Air Pressure)

5 - ضغط الهواء

يجب أن يكون الهواء المضغوط داخل الغرفة الزجاجية بشكل يجعل المحلول يخرج من الأنبوبة الشعرية على شكل رذاذ دقيق حتى لا يتسبب في برودة القاعدة الزجاجية وتكسرها. فضلاً عن ذلك فأن معدل الانسياب الحجمي للهواء يجب ان يكون ثابتاً خلال عملية الرش لانه يؤثر في تجانس الاغشية المحضرة والذي يقصد به معدل جريان حجم معين من الهواء خلال الدقيقة الواحدة. وكان الضغط المستخدم في تحضير كافة الاغشية في هذا البحث (1.5bar) تقريباً.

(Preparation of Thin Films)

(4-3) تحضير الاغشية الرقيقة

(1-4-3) تحضير المحاليل

(1-1-4-3) تحضير محلول خلات الكاديوم

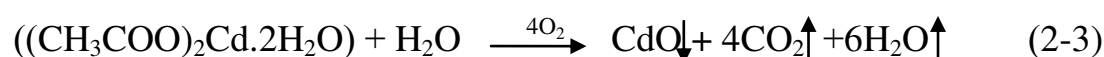
حضرت اغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم وبنسب تطعيم حجمية % (2,4,6,8) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري والتي استخدمها وتطرق اليها الكثير من الباحثين [36,40]، واستخدمت مادة خلات الكاديوم المائية ذات الصيغة الكيميائية $((CH_3COO)_2Cd \cdot 2H_2O)$ المجهزة من شركة (Qualikems) الهندية وهي مادة صلبة ذات لون ابيض تشبه السكر سريعة الذوبان في الماء ووزنها الجزيئي (266.52g/mol) وكثافتها $(8.15g/cm^3)$ وبنقاوه (99%)، وقد اذيت مادة خلات الكاديوم في (100ml) من الماء المقطر المعد لهذا الغرض وكانت عيارية المحلول المستخدم (0.3M) حيث يكون مصدراً لأيونات الكاديوم (Cd^{+2}) وتم استخراج الوزن المقابل لهذه العيارية من المعادلة الاتية [44]:-

$$M_0 = [Wt/Mwt][1000/V] \quad (1-3)$$

إذ أن: M_0 : التركيز المولاري ويساوي (0.3M)، W_t : الوزن المطلوب إذابته (g).

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

وتم تحضير الوزن المحسوب من المعادلة (1-3) بواسطة ميزان ذو حساسية (10^{-4}) ومزج المحلول بشكل جيد بواسطة خلّاط مغناطيسي (magnetic sterrier) ولمدة (45) دقيقة. وكان وزن خلات الكاديوم التي تم الحصول عليه هو (7.9953gm) وبعد عملية المزج يرشّح المحلول بواسطة ورق ترشيح للتخلص من الرواسب للحصول على المحلول المطلوب. يوضع هذا المحلول في خزان جهاز الرش ويسمح له بالتدفق بسرعة معينة وبفعل ضغط الهواء الذي يمر عبر الغرفة الزجاجية يسقط المحلول بشكل رذاذ على القاعدة الزجاجية فتتكون أغشية أوكسيد الكاديوم على القاعدة الزجاجية وتكون ذات لون بني ومستقرة وذات قوة التصاق عالية وبتأثير حرارة القاعدة الزجاجية يتبخّر الماء وتترسب المادة المراد ترسيبها ونحصل على أغشية أوكسيد الكاديوم على وفق المعادلة الآتية [30]:-



(2-1-4-3) تحضير محلول التطعيم (Preparation of Doping Solution)

حضر المحلول المستخدم للتطعيم باستخدام كلوريدات الكروم المائية (chromium chloride) المجهزة من شركة (Hopkin and Wilhams) البريطانية صيغتها الكيميائية ($CrCl_3 \cdot 6H_2O$) وهي مادة بشكل مسحوق أخضر اللون وزنها الجزيئي (266.48 gm/mol) وبنقاوة (99%)، ولأيجاد وزن مادة كلوريدات الكروم الداخلة في التفاعل نستخدم المعادلة (1-3)، ووجد إن وزن المادة يساوي (7.9948gm) للحصول على محلول تركيزه المولاري (0.3M) وزنت المادة باستخدام ميزان الكتروني ذو حساسية (10^{-4}) تم إذابتها في (100ml) من الماء المقطر، وقد تم استعمال الخلّاط المغناطيسي لمدة ساعة للتأكد من إذابة المادة بالماء المقطر بشكل جيد وتام ويرشّح المحلول النهائي بورقة ترشيح فنحصل على المحلول المطلوب للتطعيم.

(3-1-4-3) تحضير المحلول المستخدم في ترسيب أغشية $(\text{Cd}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O})$

تم إعداد المحلول المستخدم لتحضير أغشية أكسيد الكاديوم المطعمة بالكروم وذلك بإضافة محلول كلوريدات الكروم وبنسب تطعيم حجمية % (2,4,6,8) إلى محلول خلاص الكاديوم ويتم مزج المحلول باستخدام خلاط مغناطيسي لحين تجانس المحلول. والجدول (1-3) يوضح النسب الحجمية التي تم استخدامها.

جدول رقم (1-3) النسب الحجمية المستخدمة في تحضير الأغشية.

خلاص الكاديوم المائية $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cd} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ml)	كلوريدات الكروم المائية (ml)	Percentage
100	0	CdO-Undoped
98	2	$\text{Cd}_{0.98}\text{Cr}_{0.02}\text{O}$
96	4	$\text{Cd}_{0.96}\text{Cr}_{0.04}\text{O}$
94	6	$\text{Cd}_{0.94}\text{Cr}_{0.06}\text{O}$
92	8	$\text{Cd}_{0.92}\text{Cr}_{0.08}\text{O}$

(2-4-3) تهيئة القواعد الزجاجية

تم تحضير أغشية (CdO) وذلك بترسيبها على قواعد زجاجية صينية الصنع وبحجم $2.7 \times 2.5 \times 0.1 \text{ cm}^3$ ، وتمر عملية تهيئة القواعد الزجاجية بمراحل عديدة لضمان تنظيفها بشكل جيد وذلك باتباع الخطوات التالية :-

- 1- تقطيع الشرائح الزجاجية إلى مربعات صغيرة وبحجم $2.5 \times 2.5 \times 0.1 \text{ cm}^3$ تقريبا.
- 2- غسلها بالماء الجاري للتخلص من العوالق الناتجة عن الظروف الجوية .
- 3- توضع في دورق يحتوي على ماء مقطر وتوضع في جهاز (Ultrasonic cleaner) ولمدة (10min).
- 4- تمسك القواعد الزجاجية بملقط خاص وتوضع في دورق فيه مادة اسيتون نقاوته (99%) لازالة اية اثار دهنية وتوضع في جهاز (Ultrasonic cleaner) ولمدة (10min) .
- 5- تجفف بواسطة نسيج خاص بحيث لا تترك اشرا او شوائب على القواعد الزجاجية.
- 6- توزن قبل الرش بواسطة ميزان ذو حساسية (10^{-4}) وتوضع في ظرف يدون عليه رقم العينة والمعلومات الخاصة بظروف التحضير.

(5-3) قياس سُمك الأغشية الرقيقة

(Thin Films Thickness Measurement)

يعد السمك احد أهم معلمات الاغشية الرقيقة المهمة لهذا توجد طرائق كثيرة لقياس سمك الأغشية الرقيقة، وفي دراستنا الحالية تم استخدام الطريقة الوزنية في قياس سمك الاغشية المحضرة وكان سمك الاغشية المحضرة هو $(300 \pm 5\%) \text{ nm}$ اذ توزن القاعدة الزجاجية النظيفة قبل التريز بميزان كهربائي حساس حيث يرمز للوزن بالرمز (w_1) والوزن بعد التريز بالرمز (w_2) ويكون فرق الوزن قبل وبعد التريز (ΔW) وهو عبارة عن وزن مادة الغشاء المترسبة على القاعدة ويمكن حساب سمك الغشاء (t) الرقيق المحضر بتطبيق العلاقة الاتية [43]:-

$$t = (\Delta w / \rho \cdot S) \quad (3-3)$$

إذ أن:-

ρ : كثافة مادة غشاء أكسيد الكاديوم غير المطعم: (g/cm^3) .

S : مساحة الغشاء (cm^2) .

وفي حالة الأغشية المطعمة فإن (ρ_{total}) تمثل كثافة المواد الداخلة في تركيب الغشاء المطعم، والعلاقة الآتية تبين طريقة حساب الكثافة الكلية:

الكثافة الكلية $(\rho_{\text{total}}) = (\text{كثافة مادة CdO} \times \text{نسبتها في المحلول}) + (\text{كثافة مادة Cr}_2\text{O}_3 \times \text{نسبتها في المحلول})$.

(6-3) القياسات التركيبية (Structural Measurements)

لأجل معرفة طبيعة التركيب البلوري للأغشية المحضرة استخدم جهاز حيود الاشعة السينية في مختبرات كلية التربية - ابن الهيثم - جامعة بغداد وهو بالمواصفات الاتية:-

TYPE : XRD-6000, SHIMADZU , JAPANESE ORIGIN

TARGET: Cu $K\alpha$

WAVE LENGTH: $(1.5406) \text{ \AA}$

SPEED: $(5) \text{ deg / min}$

VOLTAGE: $(40) \text{ KV}$

CURRENT: $(30) \text{ mA}$

RANGE (2θ) : $20-70 \text{ deg.}$

(7-3) (القياسات البصرية) (Optical Measurements)

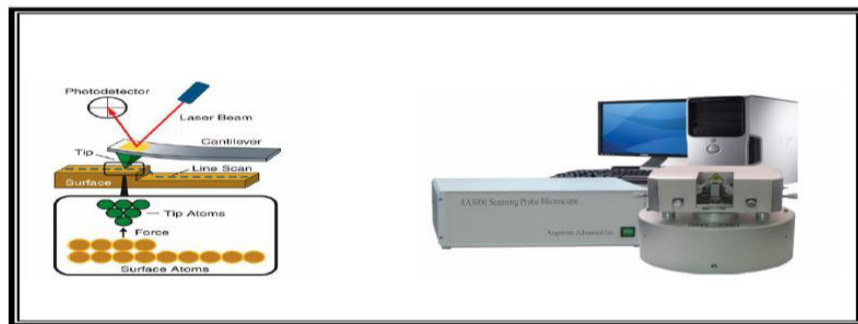
تم قياس طيفي الامتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance)، باستعمال مطياف (UV-Visible1800 Spectrophotometer) المجهر من شركة (Shimadzu) اليابانية، والموجود في مختبرات كلية العلوم- قسم الفيزياء لأجراء القياسات البصرية لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم وبنسب مختلفة بمدى الأطوال الموجية (300-90)nm والجهاز من نوع ذي الحزمتين. وتم من خلال برنامج حاسوبي خاص الحصول على قيم فجوة الطاقة، ومعامل الامتصاص، ومعامل الانكسار، والانعكاسية، ومعامل الخمود، وثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي، والتوصيلية الكهربائية.

(8-3) قياسات مجهر القوة الذرية

(Atomic Force Microscopy Measurements)

يعد احد أنواع مجاهر المجس الماسح Scanning Probe Microscopy (SPM) والمطور اعتمادا على تقنية المجهر النفقي الماسح Scanning Tunneling Microscopy (STM) ويمتاز هذا المجهر بقدرة تحليل عالية مقدارها (0.1-1.0) nm وقوة تكبير تقدر بـ $(5 \times 10^2 - 10^8)$ مع امكانية تشغيله ضمن الضغط الجوي الاعتيادي ودون الحاجة الى تفريغ عالي كما هو متعارف عليه في المجاهر الالكترونية. يتكون هذا المجهر من ذراع في نهايتها مجس (probe) مكون من رأس حاد يعرف بال (tip) يستعمل لمسح سطح العينة وهذه الذراع مصنوعة من مادة السليكون او نيتريد السيليكون (Si_3N_4) بنصف قطر في حدود بضعة نانومترات، فعندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس (ذي القطر المقارب لقطر الذرة) و سطح العينة، وإن هذه القوة تؤدي بدورها الى انحراف في الذراع بناء على قوة هوك وقد تكون القوة المتبادلة من نوع قوة ميكانيكية وقوة فاندرفالز، وقوة كهروستاتيكية او غيرها من أنواع القوى وهذا حسب نوع السطح الذي يتم دراسته تتم عملية مسح الأنموذج بعد وضعه على قاعدة قابلة للحركة على وفق مبدأ (piezoelectric) ومسيطر على حركتها في كل الاتجاهات الكترونيا وضمن أنماط تشغيل مثل (contact mode, non-contact mode and tapping mode) وكل نمط من هذه الأنماط له محاسنه ومساؤه [74] وقد تبين أن نمط النقر (tapping) أفضل الأنواع بالنسبة لنماذج اشباه الموصلات ضمن دراستنا الحالية، فعندما يتم المسح وحسب قدرة التكبير المطلوبة تتحرف العتلة عن موقع استقرارها، وهذا الانحراف يتم التحسس به عن طريق انعكاس

شعاع ليزري معاير مسبقا على نهاية العتلة، إذ يتم رصد هذا الانعكاس بمصفوفة خطية من الكواشف (photodiodes)، والاشارة الناتجة عن الحركة هي التي تعكس تضاريس العينة التي تم مسحها وحسب هذا الانحناء او الانحراف يرسم الحاسوب خريطة لتضاريس السطح وكما واضح من المخطط التوضيحي لهذه العمليات ذي الشكل (3-4) ويستعمل مجهر (AFM) عادة لقياس سطوح العوازل والموصلات كذلك يزودنا بمعلومات في غاية الدقة عن خشونة السطح ومعدلها (RMS) وكذلك أحجام الحبيبات (grains) وأعدادها [46] بالإضافة الى عشرات التحليلات الاحصائية المهمة، وفي دراستنا الحالية تم استعمال مجهر من النوع (SPM-AA3000, contact, mod, Angstrom, Advanced inc, 2008, USA).



الشكل (3-4) يظهر مجهر القوة الذرية من النوع (AA 3000) مع مخطط لآلية عمله [74].

(Electrical measurement)

(9-3) القياسات الكهربائية

(Hall effect)

(1-9-3) تأثير هول

تم إجراء قياسات تأثير هول في مختبرات وزارة العلوم والتكنولوجيا (مختبرات الطاقة الشمسية) إذ تم استعمال جهاز متطور من نوع (HMS-3000) ومن خلال هذه القياسات تم الحصول على التوصيلية الكهربائية، والمقاومية، ومقدار حاملات الشحنة ونوعها. الشكل (3-5) يبين صورة فوتوغرافية للجهاز المستخدم في قياس تأثير هول.



الشكل (3-5) صورة فوتوغرافية للجهاز المستخدم في قياس تأثير هول.

الفصل الرابع
في بيان ما هو

المنشأ من
المنشأ من

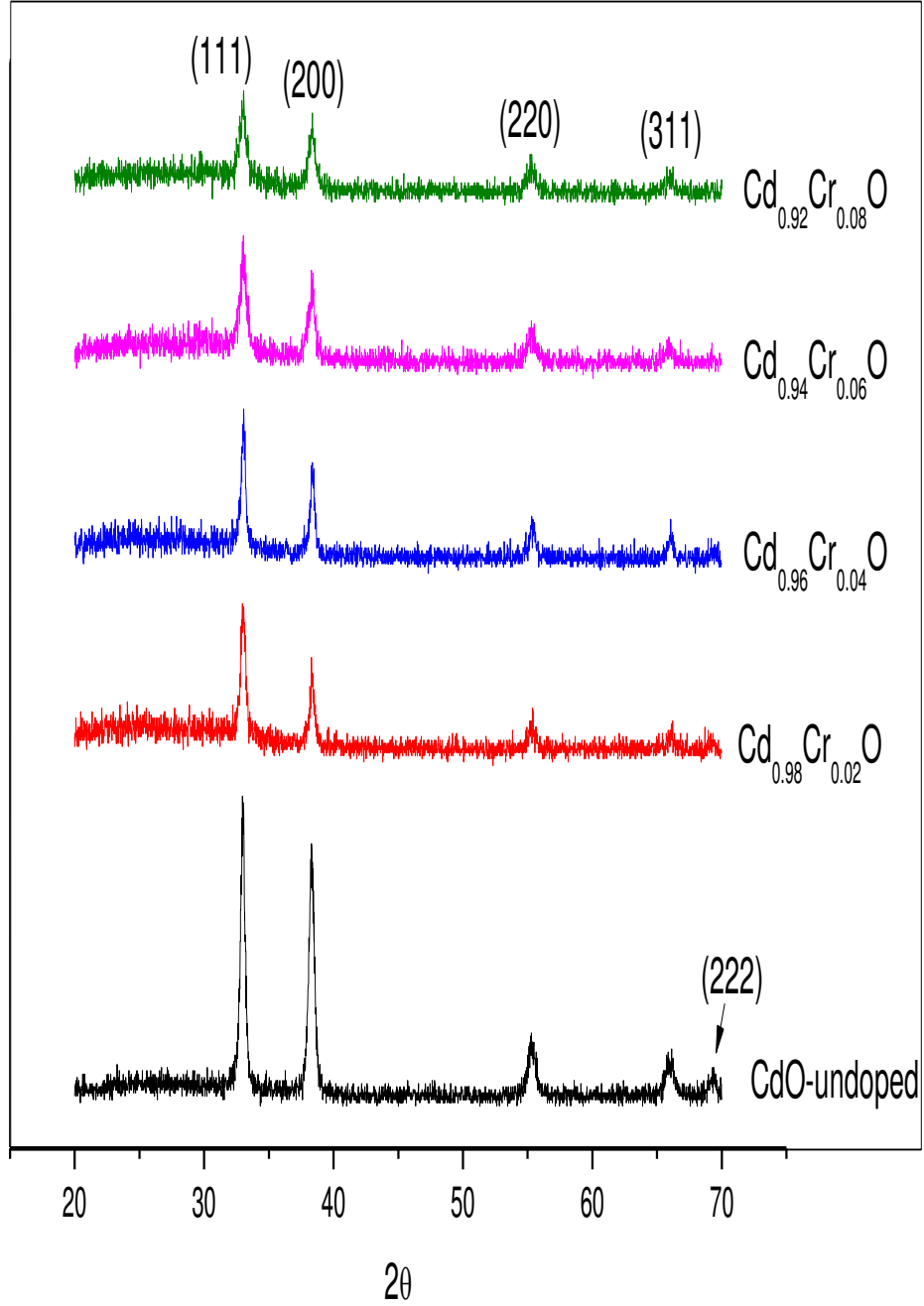
(Introduction)**(1-4) المقدمة**

يتضمن هذا الفصل عرض نتائج الفحوصات التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية اوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم (Cr) وبنسب تطعيم % (2,4,6 and 8) والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري وتحليل هذه النتائج ومناقشتها والاشكال البيانية التي تم الحصول عليها من خلال العلاقات الرياضية .

(Structural Measurements)**(2-4) الفحوصات التركيبية**

أظهرت نتائج التشخيص بتقنية حيود الأشعة السينية للأغشية المحضرة غير المطعمة والمطعمة بالكروم (Cr) وبنسب تطعيم % (2,4,6,8) إنها ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المكعبي (cubic) [36] ويبين الشكل (1-4) منحنيات حيود الأشعة السينية للأغشية المحضرة كافة، ومن خلال تحليل هذه المنحنيات تم معرفة مواقع القمم (Peaks)، اذ نلاحظ ظهور المستويات (111) و (200) و (220) و (311) و (222) وإن الاتجاه السائد للنمو بينها ولجميع الاغشية هو (111) ولايوجد تغير للاتجاه السائد بزيادة نسبة التطعيم بالكروم لأغشية (CdO) [29]، وجدنا ايضا أن هذه النتائج متفقة الى حد كبير مع البطاقة القياسية (Joint Committee of Powder Diffraction Standards) ذات الرقم التسلسلي (JCPDS 05-0640) وكما هو موضح بالجدول (1-4)، وقد وجدنا ايضا ان التطعيم بالكروم ادى الى تغيير في شدة القمة وخاصة للاتجاه (111) في نمط حيود الاشعة السينية مقارنةً بأغشية (CdO) غير المطعمة إذ أن شدة القمة تقل بالتطعيم وتستمر بالنقصان مع زيادة التطعيم ويرافق هذا النقصان زيادة في قيم عرض منتصف القمة (FWHM) [29] وكما موضح بالشكل (1-4).

وبذلك فان النتائج بصورة عامة تبين ان التركيب البلوري لأغشية CdO قد تآثر بعملية التطعيم مع محافظة كافة الاغشية المطعمة على تركيبها المكعب وانها تمتلك طور تبلور واحد وعدم ظهور اطوار تبلور اخرى في نمط الحيود ولكافة النسب.



الشكل (1-4) منحنيات حيود الاشعة السينية لاغشية (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالكروم.

وقد تم حساب مايلي :-

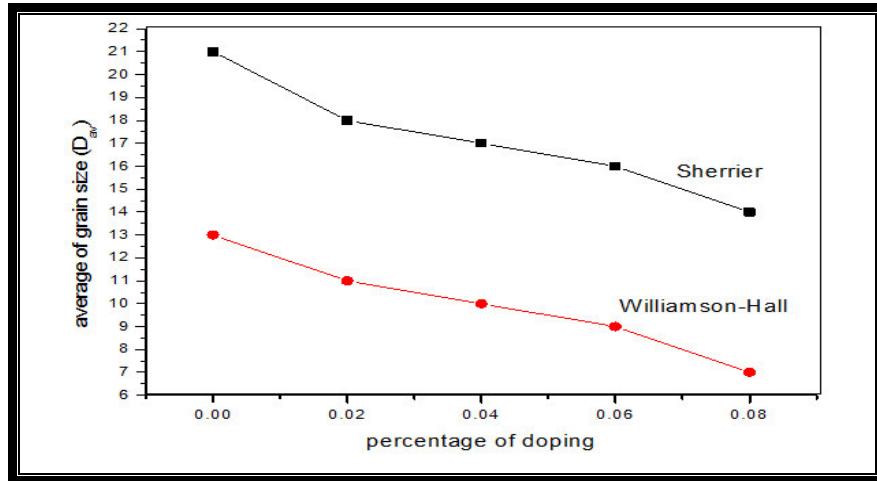
1- المسافة بين المستويات البلورية: (d_{hkl}) The distance between plans of crystal
تم حساب المسافة البينية بين المستويات البلورية لجميع الاغشية المحضرة باستخدام قانون براغ على وفق العلاقة (2-2)، وكما موضحة في الجدول (1-4) وفي دراستنا الحالية تم إعتداد الاتجاه السائد (111) لغرض معرفة مدى التغير الذي سببه التطعيم فنلاحظ من خلال الجدول (2-4) ان قيم (d) تتفق تقريبا مع قيم بطاقة (JCPDS 05-0640) لأغشية اوكسيد الكاديوم وإن هناك نقصاناً في قيم (d) بالمقارنة مع قيمها للأغشية غير المطعمة.

جدول (1-4) قيم $(d, 2\theta)$ معاملات ميلر (hkl) التي تم الحصول عليها من تشخيص (XRD) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم .

	2 θ (degree)	d(Å)	hkl
CdO (JCPDS 50-0640)	33.026	2.7075	111
	38.438	2.3448	200
	55.249	1.6580	220
	65.910	1.4160	311
	69.288	1.3550	222
CdO- undoped	32.995	2.7125	111
	38.310	2.3475	200
	55.306	1.6597	220
	65.842	1.4173	311
	69.386	1.3533	222
Cd _{0.98} Cr _{0.02} O	33.025	2.7101	111
	38.345	2.3455	200
	55.346	1.6586	220
	66.132	1.4118	311
	69.361	1.3537	222
Cd _{0.96} Cr _{0.04} O	33.048	2.7083	111
	38.375	2.3437	200
	55.396	1.6572	220
	66.015	1.4140	311
	69.551	1.3505	222
Cd _{0.94} Cr _{0.06} O	33.020	2.7105	111
	38.325	2.3466	200
	55.236	1.6616	220
	65.962	1.4150	311
	69.291	1.3549	222
Cd _{0.92} Cr _{0.08} O	33.029	2.7098	111
	38.320	2.3469	200
	55.306	1.6597	220
	66.022	1.4139	311

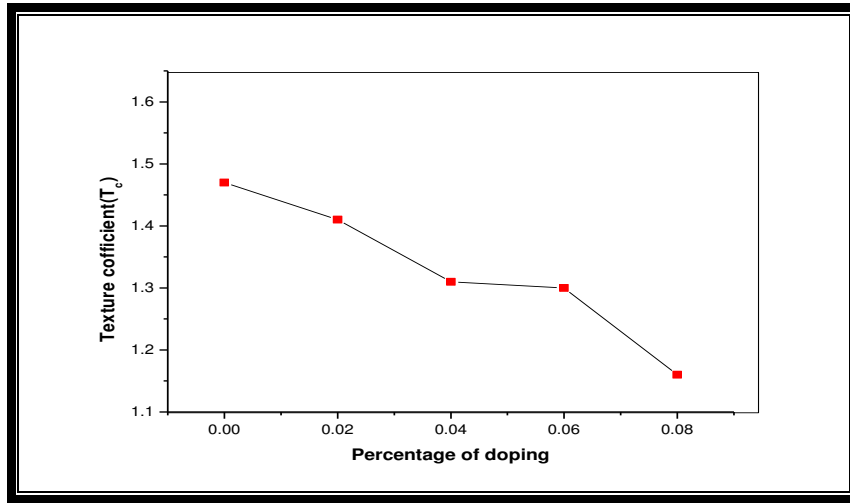
2- ثابت الشبكة (a_0) (Lattice Constant): تم حسابه من تحليل انماط حيود الأشعة السينية بحسب العلاقة (2-3) وقيم ثابت الشبكة مبينة في الجدول (2-4) وقد اظهرت النتائج أن ثابت الشبكة يتفق تقريبا مع بطاقة (JCPDS 05-0640)، ووجد ايضا أن (a_0) ينقص بشكل قليل بعد التطعيم بالكروم بالمقارنة مع اغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة وهذا يؤكد أن للتطعيم بالكروم أثراً في التركيب البلوري لاغشية اوكسيد الكاديوم .

3- معدل الحجم الحبيبي (D_{av}) (Average grain size): تم حساب معدل الحجم الحبيبي لكافة الاغشية المحضرة ولاعلى قمة (111) باستخدام طريقة (Scherrer formula) وطريقة (Williamson –Hall) وفق العلاقتين (2-4) و (2-9) على التوالي، إذ بينت الحسابات ان كلتا الطريقتين تعطيان نتائج متقاربة من حيث الحجم الحبيبي وانها تقل جميعا بزيادة نسب التطعيم وهذا بدوره يرجح وجود حبيبات نانوية ضمن تركيب الاغشية المحضرة وكما هو مبين في الجدول (2-4) والشكل (2-4)، ومن خلال تحليل انماط حيود الاشعة السينية نلاحظ أن قمم الحيود تتحرف باتجاه الزوايا الكبيرة مما يسبب انضغاط في وحدة الخلية وذلك ناتج من كون نصف القطر الايوني لعنصر الكروم (Cr^{+3}) (0.0615nm) اقل من نصف قطر ايون الكاديوم (Cd^{+2}) (0.095nm) [42] مما يؤدي بدخول ذرات الكروم كذرات استبدالية ضمن النسق البلوري لاوكسيد الكاديوم مما يسبب نقصا في قيم الحجم الحبيبي [42,104].



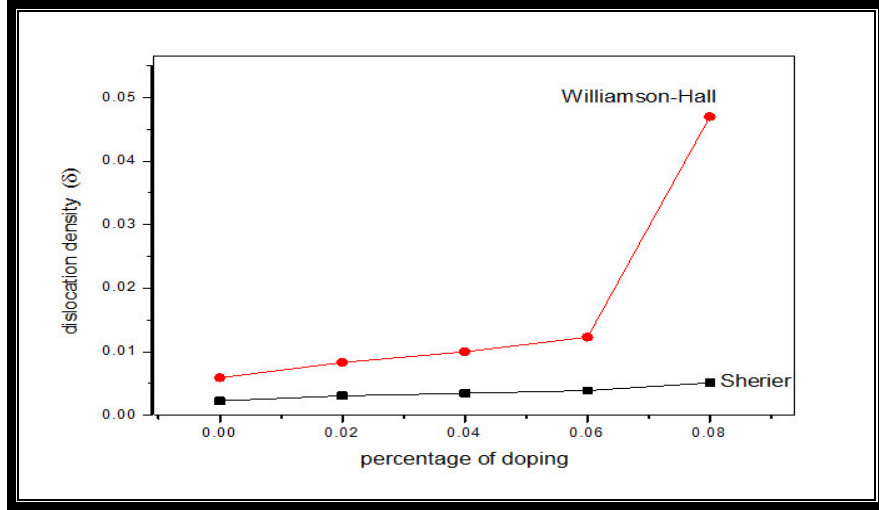
الشكل (2-4) قيم معدل الحجم الحبيبي كدالة لنسب التشويب.

4- عامل التشكيل (T_c) (Texture coefficient): تم حساب عامل التشكيل باستعمال العلاقة (10-2) والتي تصف المستوى السائد (hkl) لنمو البلورة في الاغشية متعددة التبلور، ووجدنا أن قيم عامل التشكيل تتغير بتغير نسب التطعيم للغشاء عند المستوي (111) وكما مدرجة بالجدول (2-4)، وان قيم (T_c) مبينة بالشكل (3-4) كدالة لنسب التطعيم وكانت جميعا اكبر من الواحد مما يدل على أن الاتجاه السائد لنمو اغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم هو (111) وأنه لا يوجد تغير لهذا الاتجاه السائد مع زيادة نسب التطعيم لكافة الاغشية المحضرة. اما قيم (T_c) للمستويات الاخرى فقد كانت اقل نظريا من القيمة المحسوبة للمستوي (111).



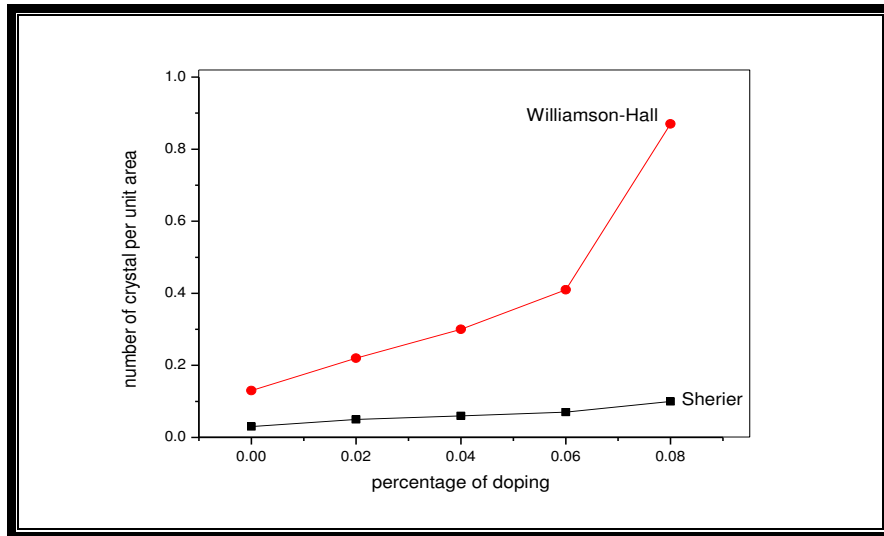
الشكل (3-4) قيم عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم.

5- كثافة الانخلاعات (δ) (Dislocation density): تم حساب كثافة الانخلاعات باستخدام العلاقة (11-2) إذ وجد ان قيمها تزداد مع نقصان الحجم الحبيبي بسبب نقصان ترتيب الذرات في الشبكة البلورية، وكما يوضحه الجدول (2-4)، والشكل (4-4) يوضح كثافة الانخلاعات كدالة لنسب التطعيم. وتم الحصول على قيمتين لكثافة الانخلاعات بالاعتماد على قيمة معدل الحجم الحبيبي المحسوبة بطريقة (Scherrer) وطريقة (Williamson – Hall).



الشكل (4-4) قيم كثافة الانخلاعات كدالة لنسب التطعيم.

6- عدد البلوريات لوحدة المساحة (N_0): حسبت قيمة (N_0) باستخدام العلاقة (2-12) وقيمتها مدرجة بالجدول (4-2)، إذ وجد أن قيمها تزداد مع نقصان الحجم الحبيبي بسبب نقصان ترتيب الذرات في الشبكة البلورية، ويوضح الشكل (4-5) عدد الحبيبات كدالة لنسب التطعيم ولجميع الأغشية المحضرة. وتم الحصول على قيمتين لعدد البلوريات لوحدة المساحة بالاعتماد على قيمة معدل الحجم الحبيبي المحسوبة بطريقة (Scherrer) وطريقة (Williamson – Hall).



الشكل (5-4) قيم عدد البلوريات لوحدة المساحة كدالة لنسب التشويب.

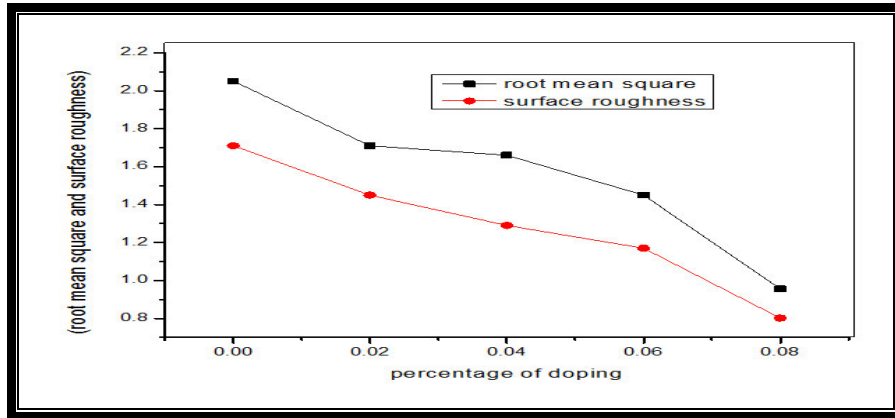
جدول (2-4) المعلومات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص (XRD) عليها للاتجاه السائد (111) ولجميع الاغشية المحضرة .

Sample	CdO Undoped	Cd _{0.98} Cr _{0.02} O	Cd _{0.96} Cr _{0.04} O	Cd _{0.94} Cr _{0.06} O	Cd _{0.92} Cr _{0.08} O
hkl	111	111	111	111	111
2 θ (deg)	32.9958	33.0253	33.0481	33.0203	33.0298
d (Å)	2.71251	2.71016	2.70834	2.71056	2.70980
FWHM (deg)	0.4032	0.4500	0.4767	0.5110	0.5800
D _{av} (nm) sheirer	21	18	17	16	14
D _{av} William- Hall (nm)	13	11	10	9	7
Lattice constant(a _o) Å	4.6982	4.6941	4.6909	4.6948	4.6935
T _c	1.47	1.41	1.31	1.30	1.16
δ (sherrier) (nm) ⁻²	0.00226	0.00308	0.00346	0.00390	0.00510
δ (W-H) (nm) ⁻²	0.0059	0.0083	0.0100	0.0123	0.0470
N _o - sherer (nm) ⁻²	0.03239	0.05144	0.06106	0.07324	0.10932
N _o - W-H (nm) ⁻²	0.13655	0.22539	0.30000	0.41152	0.87463

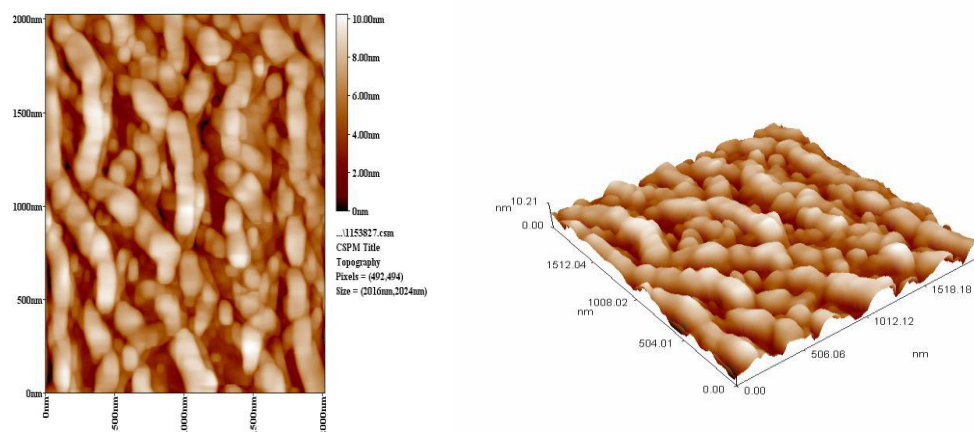
(3-4) نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية

(Results of Atomic Force Microscopy) (AFM)

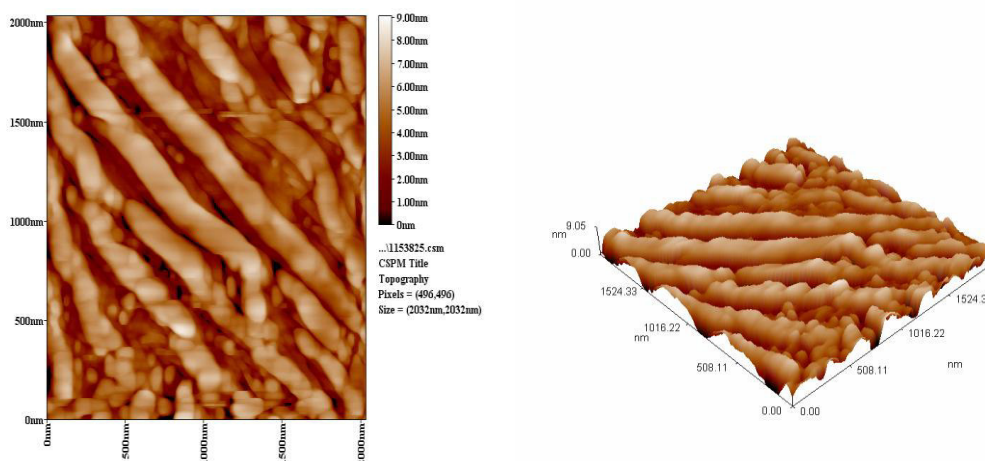
لأجل دراسة تضاريس سطوح العينات المحضرة ومدى تأثير التطعيم على تضاريس هذه السطوح وفي ظروف التحضير نفسها استعمل مجهر القوة الذرية (AFM) الذي له القدرة على تحليل هذه السطوح واعطاء قيم في غاية الدقة عن توزيع الحبيبات وعن قيم خشونة السطح (surface roughness) اعتمادا على الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS) إذ يتضح من عملية المسح بالأبعاد ($2 \times 2 \mu\text{m}^2$) لسطوح الاغشية تأثير التطعيم عند درجة حرارة (400°C) كما يتضح من الاشكال ذات البعدين والثلاثة ابعاد تكوّن حبيبات نانوية التركيب وهذا ما بينته قيم معامل الخشونة للمسح. كما بينت الصور والبيانات المستحصلة من قياسات (AFM) إن الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة وقيم خشونة السطح تتناقص مع زيادة التطعيم وبما أن هذه القيم تتناسب طرديا مع معدل الحجم الحبيبي المحسوب في الفقرة (2-4) (ثالثا) ولأن معدل الحجم الحبيبي يتناقص مع زيادة التطعيم وبالاستناد الى هذه المعطيات فإن هناك تطابقا في النتائج بين معدل الحجم الحبيبي وبين مربع متوسط الخشونة (RMS) وخشونة السطح. والشكل (7-4 a,b,c,d,e) يبين صور ونتائج (AFM). وايضا يبين الشكل (6-4) قيم مربع متوسط الخشونة وخشونة السطح كدوال لنسب التطعيم .



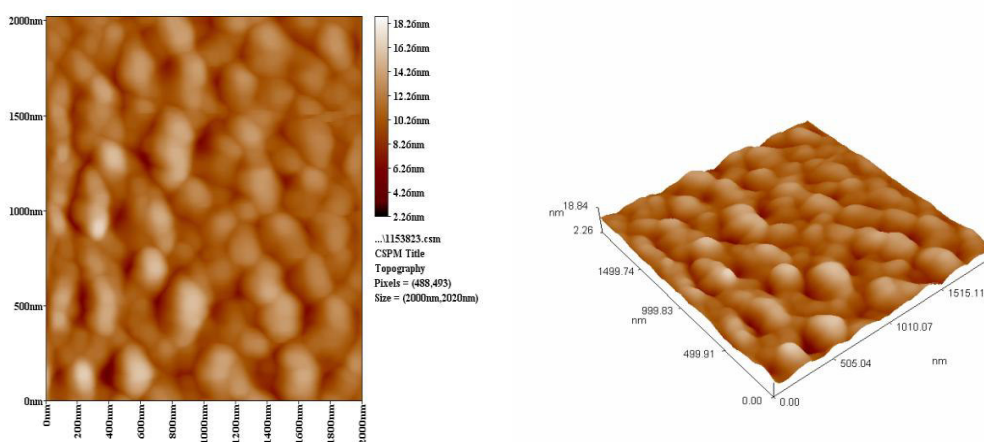
الشكل (6-4) يبين مربع معدل الخشونة وخشونة السطح كدوال لنسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم .



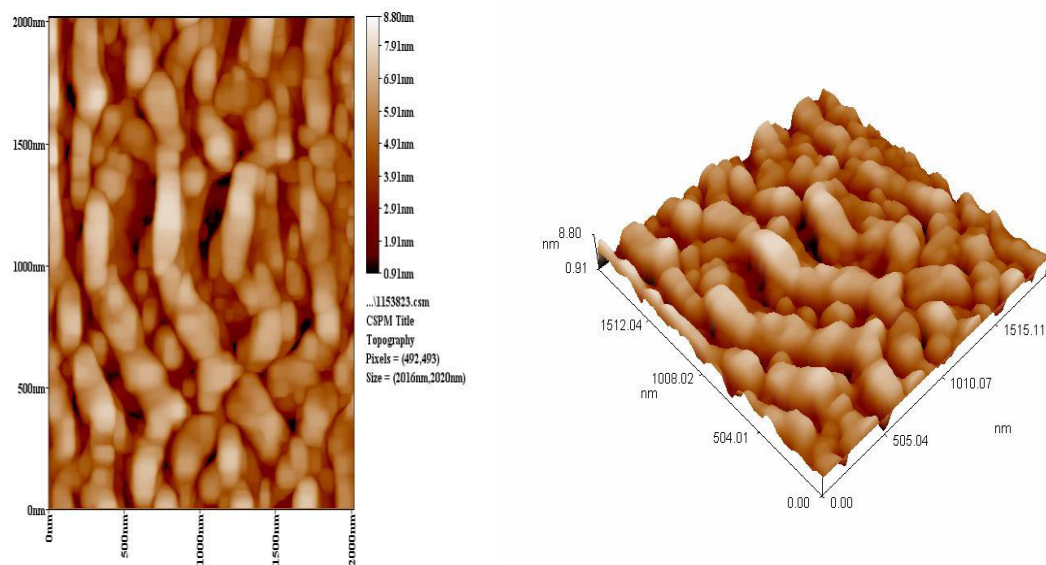
a- undoped



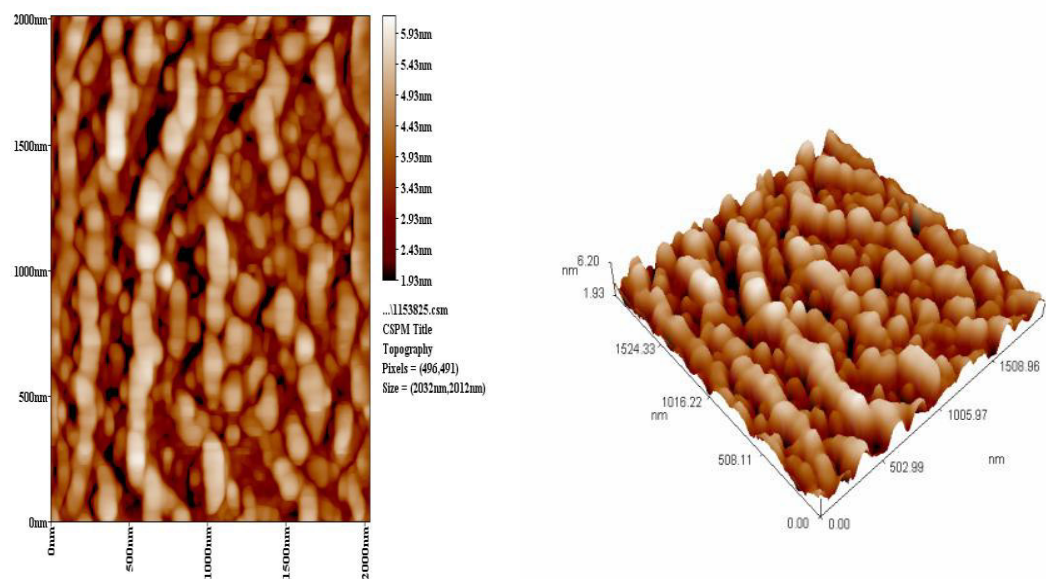
b- $\text{Cd}_{0.98}\text{Cr}_{0.02}\text{O}$



c- $\text{Cd}_{0.96}\text{Cr}_{0.04}\text{O}$



d- $\text{Cd}_{0.94}\text{Cr}_{0.06}\text{O}$



e- $\text{Cd}_{0.92}\text{Cr}_{0.08}\text{O}$

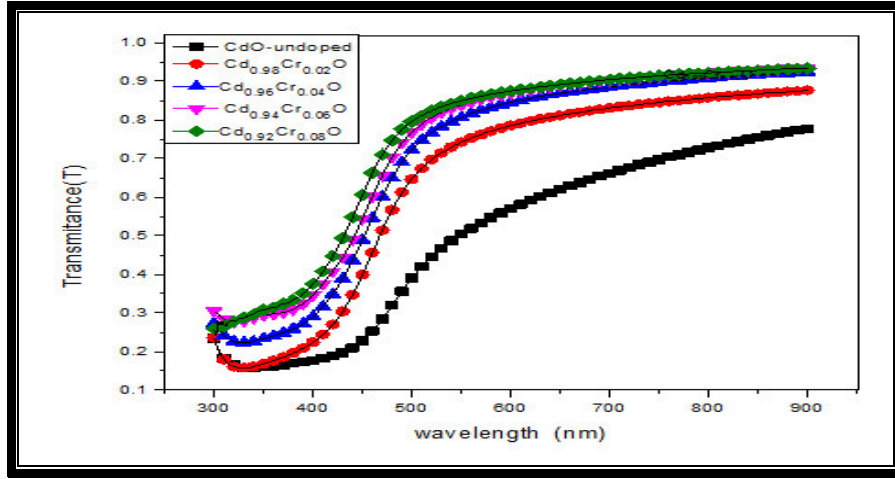
الشكل (7-4 a,b,c,d,e) صور ونتائج (AFM) لجميع الاغشية المحضرة لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم .

(4-4) القياسات البصرية (Optical Measurements)

درست الخصائص البصرية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم (Cr) من خلال طيفي النفاذية والامتصاصية المسجلين للعينات ضمن مدى الأطوال الموجية (300-900)nm وفي درجة حرارة الغرفة، تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة باستخدام طريقة (Tauc) وطريقة المشتقة الاولى للامتصاصية كدوال لطاقة الفوتون ومقارنة النتائج المحسوبة بالطريقتين. كذلك تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية غير المباشرة المسموحة، وتمكننا ايضا من حساب طاقة اورباخ (Urbach) والانعكاسية والثوابت البصرية كمعامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل بجزئيه الحقيقي والخيالي والتوصيلية البصرية كدوال لطاقة الفوتون، وايضا تم استخدام نموذجي (Cauchy and Sellmier) لعلاقة التفريق لمعرفة علاقة معامل الانكسار (n_0) مع الطول الموجي.

(1-4-4) النفاذية (Transmittance)

تم حساب طيف النفاذية من رسم تغير طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم. ضمن مدى الطول الموجي (300-900) nm، وكما مبين بالشكل (8-4) بأن النفاذية تكون اقل مايمكن عند حافة الامتصاص الاساسية وتزداد مع زيادة الطول الموجي ثم تبدي زيادة كبيرة الى أن تثبت تقريباً عند الطول الموجي (500nm). كما نلاحظ أن منحنى طيف النفاذية قد ازيح باتجاه الأطوال الموجية القصيرة مع زيادة نسب التطعيم بسبب الامتصاص الكبير لفوتونات الاشعة الساقطة من قبل الكترونات حزمة التكافؤ مما يسبب انتقال الكترونات الى قعر حزمة التوصيل [31,99]. وتكون اعلى قيم للنفاذية (90%) عند نسبة التطعيم (8%) عند الطول الموجي (900nm) لأن (CdO) يعتبر من اكاسيد التوصيل الشفافه (TCOs) ذات فجوة الطاقة القليلة بالمقارنة مع اكاسيد التوصيل الشفافه الاخرى [31,32]. وبسبب تكافؤ الكروم الثلاثي (Cr^{+3}) إذ أن له القدرة على اقتناص الكترونات فان التطعيم قد ادى الى تقليل المستويات الموضعية ضمن فجوة الطاقة وبالتالي تقليل الامتصاص وزيادة النفاذية.



الشكل (4-8) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لآغشية (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالكروم.

Absorbance

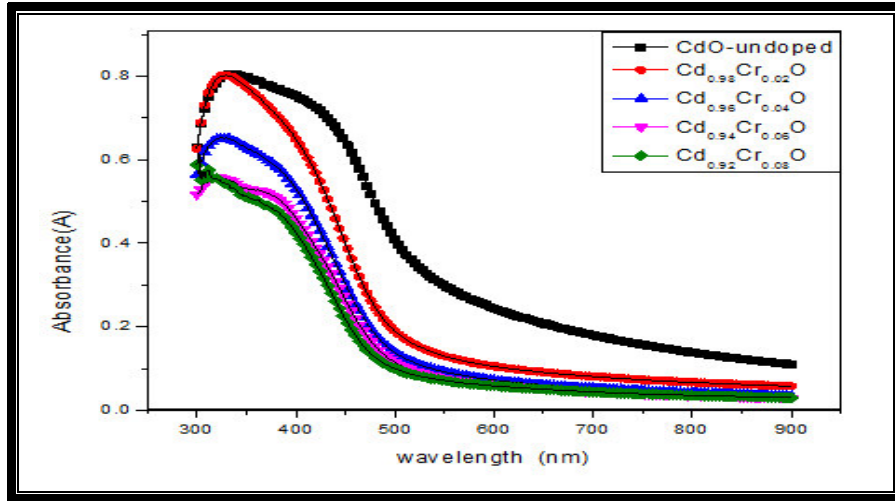
(2-4-4) الامتصاصية

تم إجراء قياسات الامتصاصية ضمن مدى الأطوال الموجية (300-900)nm لآغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بـ (Cr)، والشكل (4-9) يبين تغير طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي ونلاحظ من خلال الشكل أن الامتصاصية للآغشية المحضرة كافة تكون اعظم مايمكن عند الطاقات العالية (الأطوال الموجية القصيرة) ثم تقل مع زيادة الطول الموجي لتصل اقل قيمة لها في المنطقة المرئية من الطيف وعلى ذلك يمكن استخدام هذه الآغشية في تطبيقات (الخلايا الشمسية) وسبب تصرف طيف الامتصاصية بهذا الشكل من السلوك يرجع الى أن الفوتون الساقط لا يستطيع تهيج الإلكترونات ونقلها من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل لأن طاقة الفوتون الساقط اقل من قيمة فجوة الطاقة البصرية لشبه الموصل ولهذا السبب فإن الامتصاصية تقل مع زيادة الطول الموجي، ومن ملاحظة الشكل (4-9) ايضا نلاحظ إن الامتصاصية لآغشية (CdO) تقل مع زيادة نسب التطعيم بالكروم، وإن حافة الامتصاص الاساسية للآغشية المحضرة قد انحرفت باتجاه الأطوال الموجية القصيرة (الطاقات الفوتونية العالية) عند التطعيم بالكروم ويستمر هذا الانحراف كذلك مع زيادة نسب التطعيم [30]، ويعزى سبب هذا التصرف الى أن الآغشية التي حصلنا عليها هي آغشية نانوية التركيب ولإن فجوة الطاقة البصرية في هذه المواد يمكن أن تحسب وفقا للعلاقة الآتية [105]:-

$$E_g = E_g^0 + \frac{h^2}{8m_r^*} R^2 - 1.8e^2/\epsilon R \quad (1-4)$$

إذ أن: $\frac{h^2}{8m_r^*} R^2$: الطاقة الحركية الكمية، E_g^0 : فجوة الطاقة للمادة المصمته.
 R : نصف قطر المادة النانوية، ϵ : ثابت العزل، m_r^* : الكتلة المختزلة لمادة (CdO) وتساوي (0.274)، e : شحنة الإلكترون.

أي أن الانحراف في حافة الامتصاص يحدث بسبب تأثيرات الحجم الكمي [106].



الشكل (9-4) طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) غير المطعمة

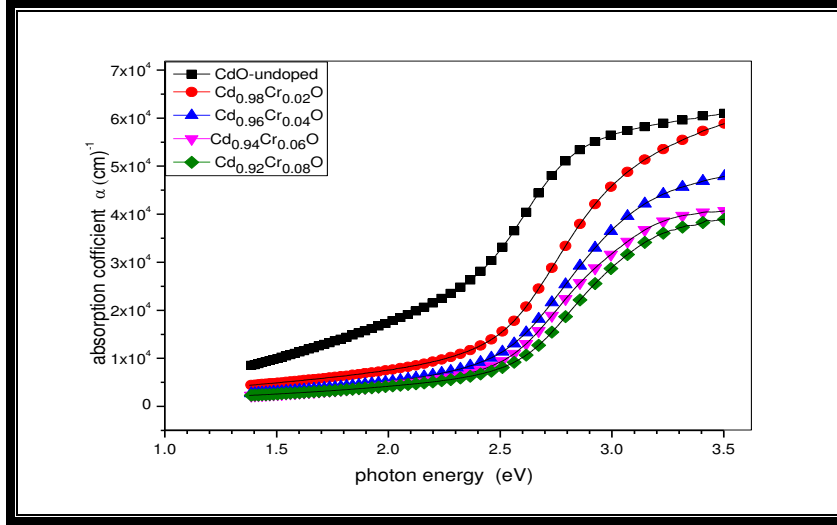
والمطعمة بالكروم .

(Absorption coefficient)

(3-4-4) معامل الامتصاص (α)

تم حساب معامل الامتصاص باستخدام العلاقة (21-2)، ويبين الشكل (10-4) تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم. ويمكن ملاحظة تشابه سلوك منحنى معامل الامتصاص ولجميع الأغشية المحضرة إذ يكون قليلاً عند الطاقات الفوتونية الواطئة وفيها تكون احتمالية الانتقالات الإلكترونية قليلة وتزداد قيم معامل الامتصاص عند حافة الامتصاص الأساسية باتجاه الطاقات الفوتونية العالية وإن معامل الامتصاص عند هذه الطاقات يمتلك قيم ($\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$) مما يدل على حدوث انتقالات الكترونية مباشرة، بينما تدل القيم الواطئة لمعامل الامتصاص ($\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$) على احتمالية حدوث انتقالات الكترونية غير مباشرة. وبالنسبة لمعامل الامتصاص لأغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم فإنه يمتلك قيم ($\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$) وأخرى أقل من ($\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$) مما يدل على حدوث انتقالات الكترونية مباشرة وأخرى غير مباشرة، وكذلك فإن معامل

الامتصاص يقل عند زيادة نسب التطعيم، وأدت زيادة نسب التطعيم أيضا الى زحف حافات الامتصاص الاساسية ولجميع الاغشية المحضرة باتجاه الطاقات الفوتونية العالية.



الشكل (10-4) تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

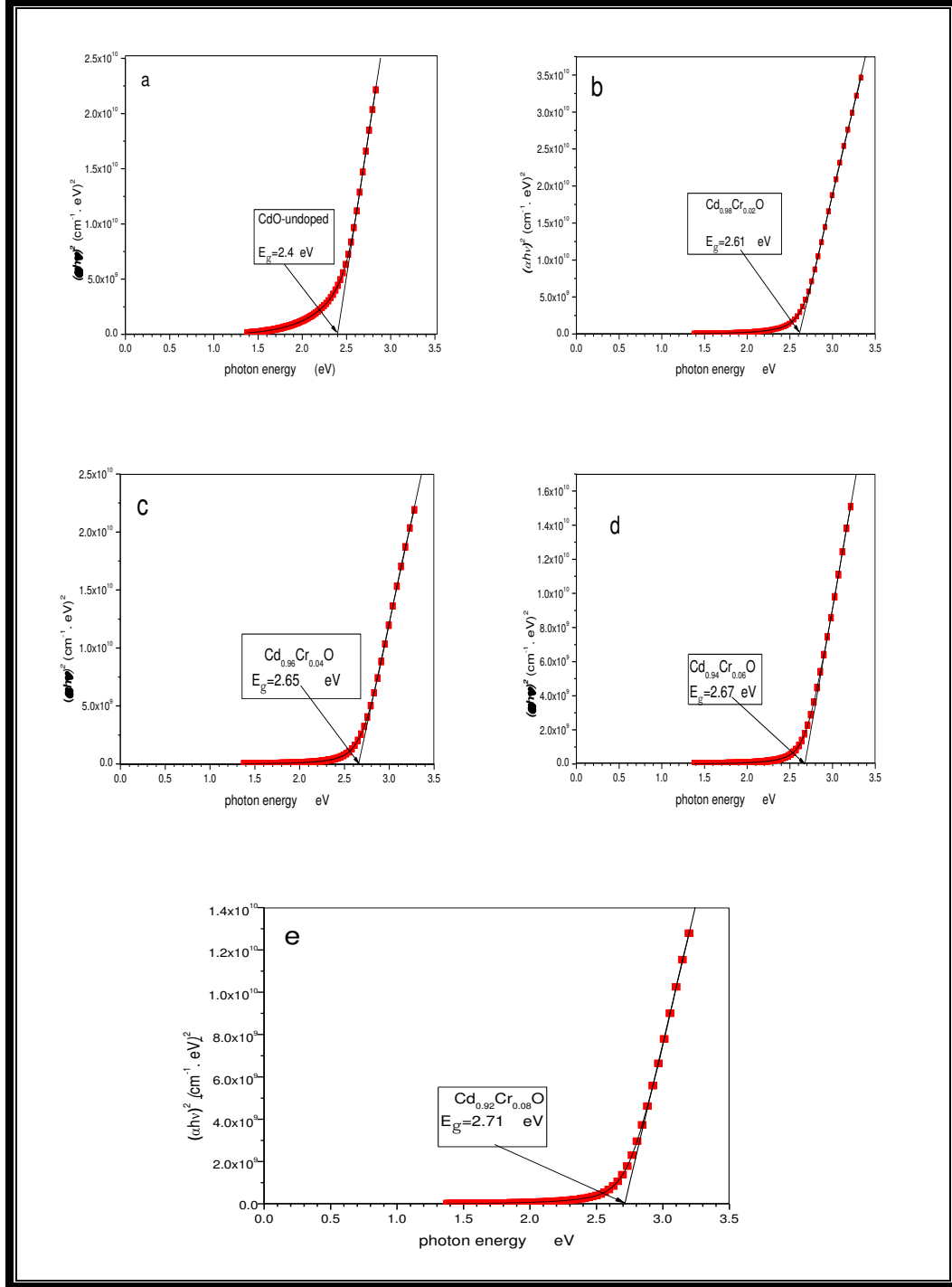
(4-4-4) فجوة الطاقة البصرية (Optical energy gap) (E_g)

1- تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الألكترونية المباشرة المسموحة باستخدام انموذج (Tauc) وانموذج المشتقة الاولى للامتصاصية

A- انموذج (Tauc)

حسبت فجوة الطاقة للانتقالات الألكترونية المباشرة المسموحة لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم باستخدام العلاقة (25-2) اذ ان قيمة $(r = 1/2)$ ، وذلك برسم العلاقة الخطية بين $(\alpha h\nu)^2$ وبين طاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ وبأخذ افضل خط موائمة (fitting) للجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^2 = 0$ وعند تحقق العلاقة (25-2) أي أن نقطة القطع مع محور طاقة الفوتون تمثل قيمة فجوة الطاقة (E_g) للانتقال المباشر المسموح، وكما موضح في الشكل (11-4 a,b,c,d,e). ولاحظنا كذلك أن قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح لأغشية (CdO) تزداد مع زيادة نسب التطعيم بالكروم ولجميع الاغشية المحضرة وكانت قيمها تتراوح بين 2.4-2.71 eV وهذا يعني ان التطعيم قد ازاح حافة الامتصاص الاساسية نحو الطاقات العالية وهذه الزيادة يمكن ان تعزى الى ثلاث اسباب (اولهما) تأثير ازاحة (Burstien-Moss)، إذ أن المستويات القريبة من حزمة التوصيل

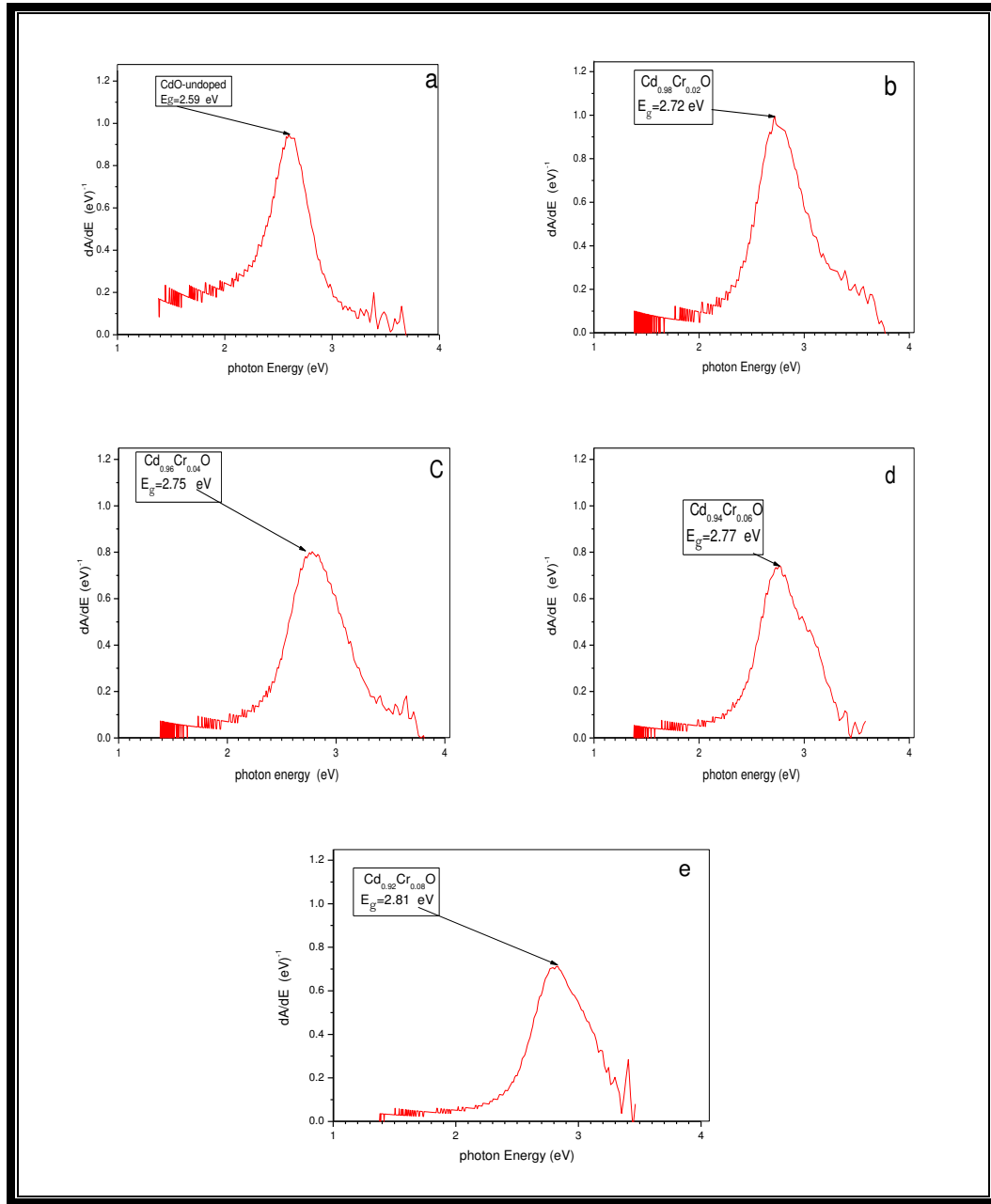
تكون ممتلئة بالالكترونات لذلك فإن هذه الالكترونات تحتاج الى طاقة اكبر للانتقال فيبدو وكأن فجوة الطاقة قد زادت [23] (ثانيهما): إن زيادة فجوة الطاقة عند التطعيم يكون مصحوبا بنقصان التحركية وتركيز الحاملات والتوصيلية في فجوة الطاقة المحصورة [29] وهذا ايضا يتفق مع النتائج المستحصلة من قياسات تأثير هول. وقيمها مدرجة بالجدول (3-4).



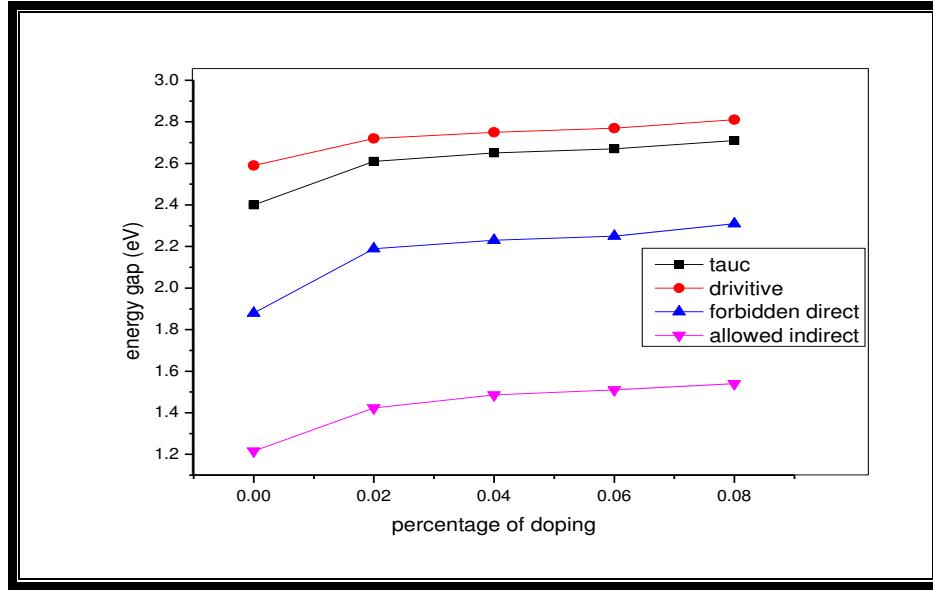
الشكل (11-4 a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم باستعمال طريقة (Tauc).

B- نموذج المشتقة الاولى للامتصاصية

عندما تم اخذ المشتقة الاولى للامتصاصية كدالة لطاقة الفوتون لوحظ أن قيم فجوة الطاقة تزداد مع زيادة نسب التطعيم والتي تمثل اعلى قمة للمنحني (Peak)، وهذه القيم مبينة بالشكل (12-4a,b,c,d,e) وضمن الجدول (3-4) حيث يتم اعظم امتصاص لطاقة الفوتون في هذه القمة والتي يمكن عدّها تمثل فجوة الطاقة البصرية [103]. الشكل (13-4) يبين قيم فجوة الطاقة البصرية لأغشية (CdO) كدالة لنسب التطعيم كافة.



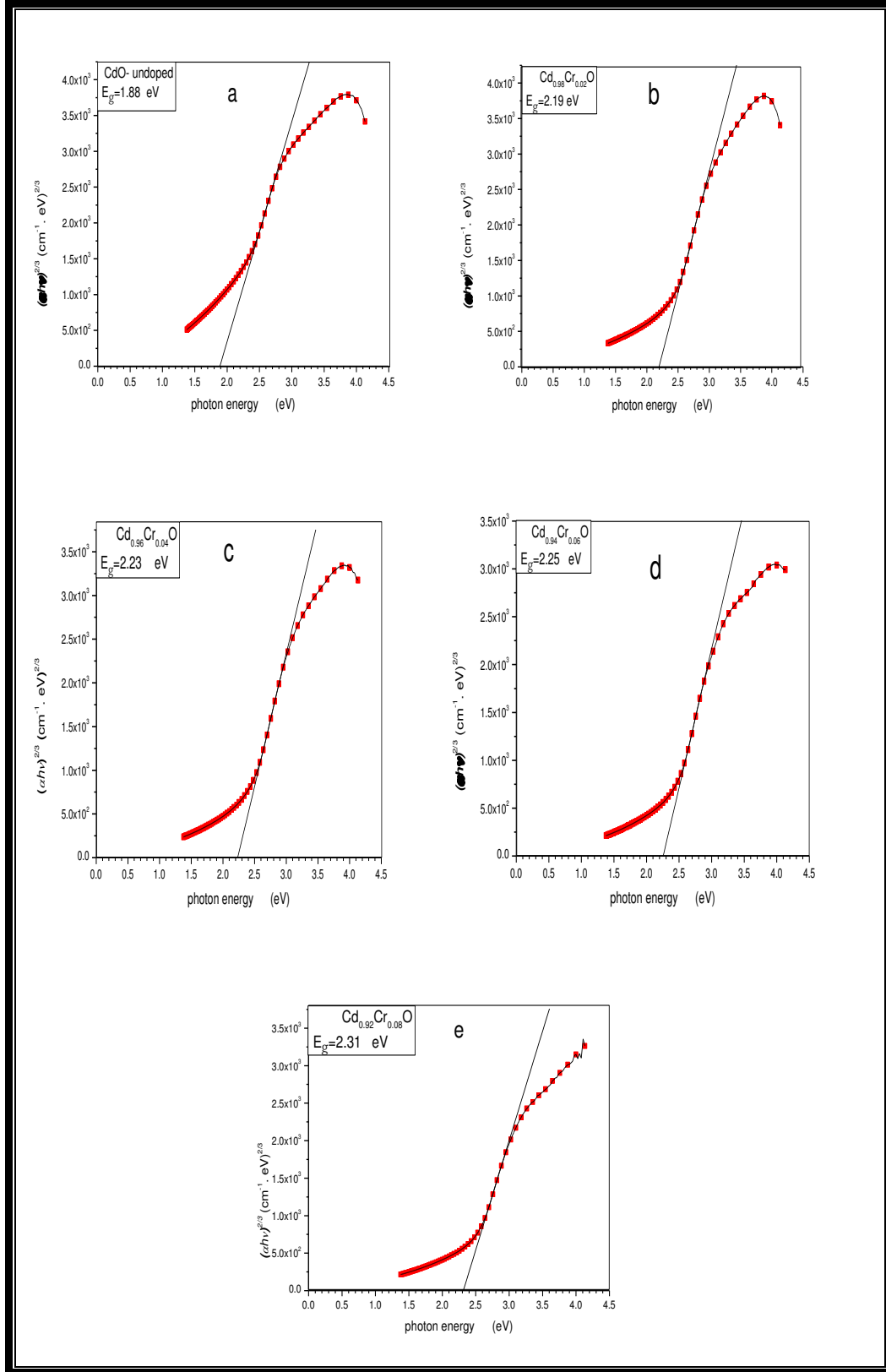
الشكل (12-4 a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة باستعمال طريقة المشتقة الاولى للامتصاصية كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.



الشكل (4-13) تغير فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المحسوبة كدوال لنسب التطعيم لأغشية (CdO).

2- حساب فجوة الطاقة للانتقال المباشر الممنوع

تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة الممنوعة لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم باستخدام العلاقة (25-2) إذ تكون قيم $(r = 3/2)$ وذلك برسم العلاقة الخطية بين $(\alpha h\nu)^{2/3}$ وبين طاقة الفوتون الساقط $(h\nu)$ وبأخذ افضل خط موائمة (fitting) للجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $(\alpha h\nu)^{2/3}=0$ ويتحقق العلاقة (25-2) أي أن نقطة القطع مع محور طاقة الفوتون تمثل قيمة فجوة الطاقة (E_g) للانتقال المباشر الممنوع وكما موضح في الشكل (4-14a,b,c,d,e). ولاحظنا كذلك أن قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر الممنوع لأغشية (CdO) تزداد مع زيادة نسب التطعيم بالكروم ولجميع الأغشية المحضرة وكانت قيمها تتراوح بين 1.88-2.31 eV وهذه القيم مبينة بالجدول (4-3).



الشكل (14-4a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة للانتقال المباشر الممنوع كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

3- حساب فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح

تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية غير المباشرة المسموحة لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم باستخدام العلاقة (2-28) اذ تكون قيمة $(r = 2)$ وبعد ترتيب المعادلة (2-28) نحصل على العلاقة الآتية :-

$$\alpha h\nu^{1/2} = P'^{1/2} (h\nu - E'_g \pm E_p) \quad (2-4)$$

إذ أن: $\pm E_p$: طاقة الفونون الممتص او المنبعث (eV).

ويرسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^{1/2}$ وطاقة الفوتون $(h\nu)$ لغشاء (CdO) نلاحظ وجود جزئين مستقيمين كما في الشكل (15-4 a,b,c,d,e) وكما يلي :

- الجزء الاول امتداده يقطع $(h\nu)$ عند قيم واطئة للطاقة ويمثل الانتقالات التي يصاحبها امتصاص فونون وعندما $(\alpha h\nu)^{1/2} = 0$ فالمعادلة (2-4) تكتب بالصيغة الآتية:-

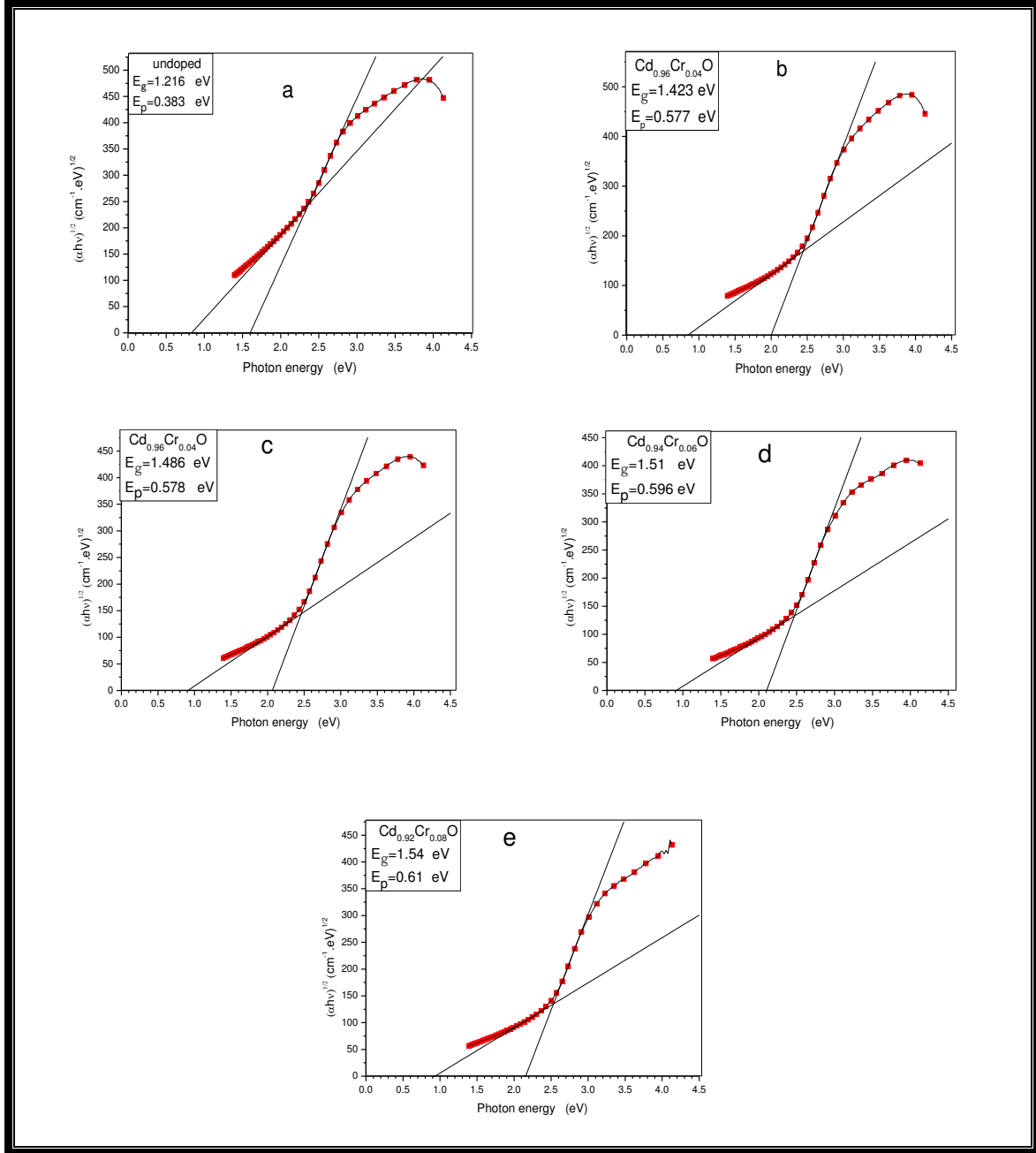
$$h\nu = E'_g - E_p \quad (3-4)$$

وهذا يعني أن عملية امتصاص فونون تتطلب طاقة كبرى للفوتون قدرها $(E'_g - E_p)$.

- الجزء الثاني نعيد نفس خطوات الجزء الاول إذ أن القطع هنا يكون في قيم عالية للطاقة ويصاحب هذه الانتقالات انبعاث فونون وكما في المعادلة الآتية:

$$h\nu = E'_g + E_p \quad (4-4)$$

وهذا يعني أن عملية انبعاث فونون تتطلب طاقة صغرى للفوتون قدرها $(E'_g + E_p)$ وبهذا أصبح لدينا معادلتان آتيتان يمكن حلها باحدى الطرق المعروفة والحصول منهما على قيمة (E'_g) ثم نعوض هذه القيمة في احدى المعادلتين (4-4) او (3-4) للحصول على قيمة (E_p) .
وقيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح مدرجة في الجدول رقم (3-4). وهذا يدل على وجود فجوة طاقة غير مباشرة لأغشية أكسيد الكاديوم، وبشكل عام فإن قيم (E'_g) وقيم (E_p) تزداد مع زيادة نسب التطعيم بالكروم ولجميع الاغشية المحضرة وإن قيمها قد زحفت باتجاه الطاقات العالية .



الشكل (a,b,c,d,e) قيم فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

الجدول (3-4) يبين مقارنة بين قيم فجوة الطاقة المحسوبة من نموذجي (Tauc) والمشتقة الاولى للامتصاصية ونلاحظ أن هذه القيم متقاربة إلى حدٍّ ما كما يتضمن الجدول ايضا قيم فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية.

جدول (3-4) مقارنة بين قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المحسوبة لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

الغشاء ونسبة الشائبة	مباشر مسموح		مباشر ممنوع	غير مباشر مسموح	
	$E_g(eV)$ Tauc	$E_g(eV)$ المشتقة الاولى للامتصاصية	$E_g(eV)$	$E'_g(eV)$	$E_p(eV)$
CdO-undoped	2.4	2.59	1.88	1.216	0.383
Cd _{0.98} Cr _{0.02} O	2.61	2.72	2.19	1.423	0.577
Cd _{0.96} Cr _{0.04} O	2.65	2.75	2.23	1.486	0.578
Cd _{0.94} Cr _{0.06} O	2.67	2.77	2.25	1.51	0.596
Cd _{0.92} Cr _{0.08} O	2.71	2.81	2.31	1.54	0.61

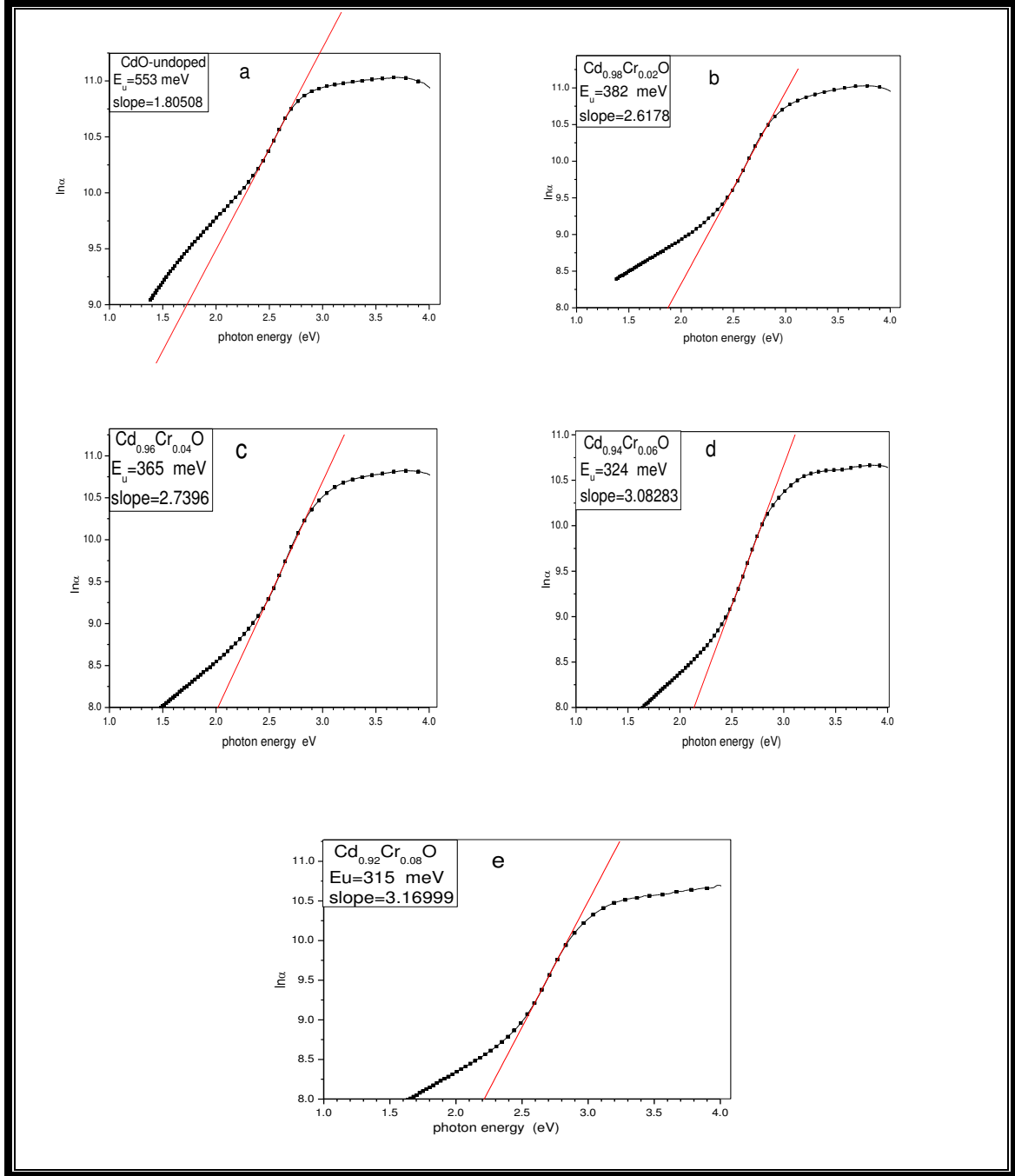
Urbach energy (E_u)

(5-4-4) طاقة اورباخ

تم حساب طاقة اورباخ لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم باستخدام العلاقة (16-2)، ويبين الشكل (16-4 a,b,c,d,e) إن قيمتها تقل بزيادة نسبة التطعيم وذلك لأن عدد مستويات الطاقة الموضعية في فجوة الطاقة البصرية تقل وبذلك تقل عدد ذبول اورباخ وهذا يؤدي الى زيادة فجوة الطاقة البصرية، وهذا يعني ان السلوك البصري لقيمة طاقة ذبول اورباخ معاكسا للسلوك البصري لقيمة فجوة الطاقة البصرية [105]. الجدول (4-4) يبين قيم طاقة اورباخ لجميع الاغشية المحضرة.

جدول (4-4) يبين قيم طاقة اورباخ لأغشية (CdO) ولجميع الاغشية المحضرة.

الاجشية المحضرة	طاقة اورباخ (E_u meV)
CdO-undoped	553
Cd _{0.98} Cr _{0.02} O	382
Cd _{0.96} Cr _{0.04} O	365
Cd _{0.94} Cr _{0.06} O	324
Cd _{0.92} Cr _{0.08} O	315



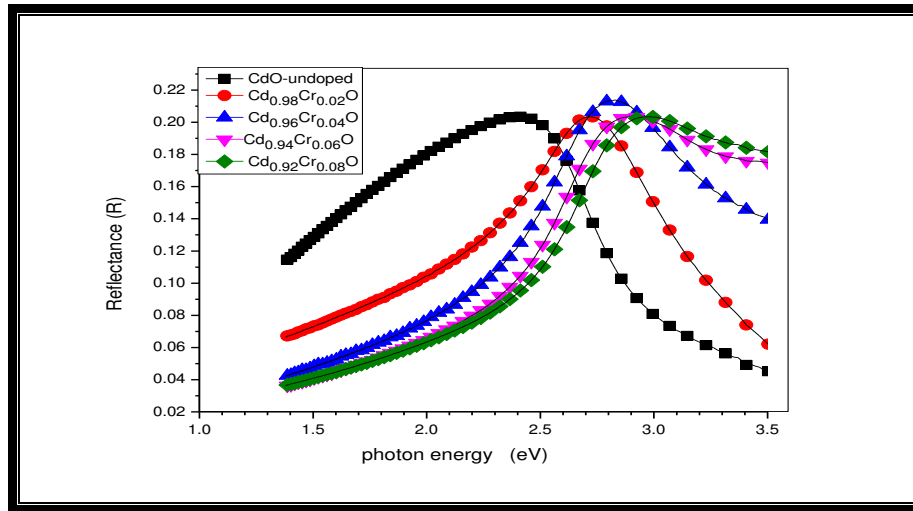
الشكل (a, b, c, d, e) قيم طاقة اورياخ لاغشية (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالكروم.

(6-4-4) الانعكاسية

(Reflectance)

تم حساب الانعكاسية من طيف الامتصاصية والنفذية بموجب قانون حفظ الطاقة الذي جاء في العلاقة (29-2)، ويبين الشكل (17-4) الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم، إذ أن سلوك منحنى الانعكاسية للأغشية غير المطعمة والمطعمة بالكروم يزداد تدريجياً مع زيادة طاقة الفوتون ثم يبدأ بالانخفاض في مدى الطاقات الفوتونية العالية، وتفسير ذلك إلى أن الامتصاص يكون قليلاً جداً عند الطاقات الفوتونية الأقل من قيمة فجوة الطاقة البصرية ($h\nu < E_g$) وعند الطاقة المساوية لقيمة فجوة الطاقة البصرية تقريباً يزداد الامتصاص نتيجة الانتقالات الالكترونية بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل مما يسبب هبوطاً في قيم الانعكاسية وظهور قمم من الممكن استخدام هذه القمم في حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية، أما عند التطعيم بالكروم فإن الانعكاسية تقل مع زيادة نسب التطعيم، وكذلك تؤدي إلى انحراف القمم باتجاه الطاقات الفوتونية العالية مما يؤكد زيادة فجوة الطاقة البصرية عند التطعيم وزيادته .



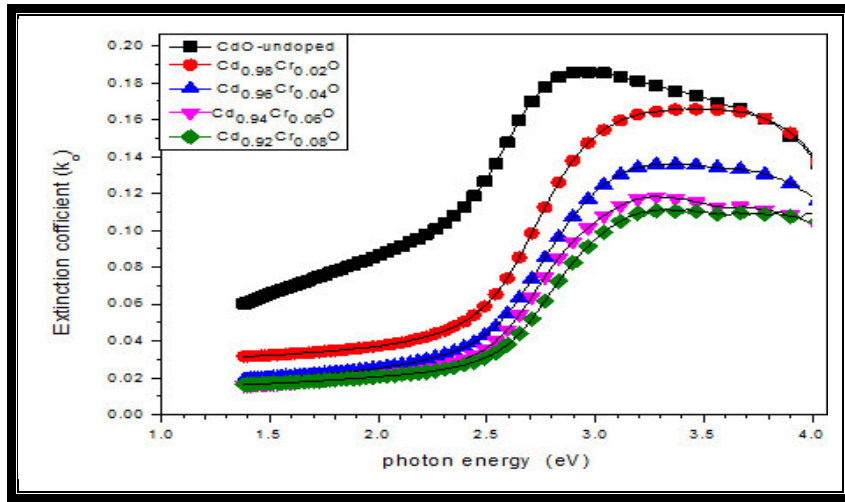
الشكل (17-4) طيف الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

(7-4-4) معامل الخمود

(Extinction Coefficient)

تم حساب معامل الخمود لجميع الأغشية المحضرة وفق العلاقة (30-2) والشكل (18-4) يبين تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الكاديوم (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالكروم، ونلاحظ من الشكل ان سلوك منحنى معامل الخمود لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم يزداد بشكل ملحوظ عند الطاقات الفوتونية الواطئة ثم يزداد بشكل سريع ومفاجئ في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية (الطاقات الفوتونية العالية)، وهذه الزيادة قد تكون ناتجة عن الزيادة السريعة لمعامل الامتصاص عند هذه الطاقات والتي تدل على حدوث انتقالات الكترونية، ونلاحظ من هذه الأشكال أن هناك تشابهاً في منحنى معامل الخمود مع منحنى معامل الامتصاص وذلك لان قيم معامل الخمود تعتمد على قيم معامل الامتصاص وفق العلاقة (2-30)، اما عند التطعيم وزيادة نسب التطعيم فإن قيم معامل الخمود تقل وتتحرّف منحنيات معامل الخمود باتجاه الطاقات الفوتونية العالية وذلك بسبب التغيرات التركيبية التي حدثت للغشاء نتيجة التطعيم [99].



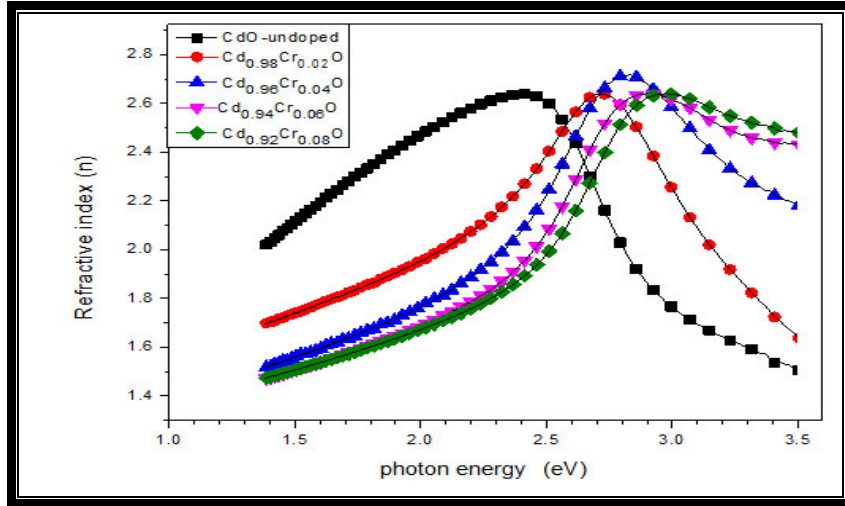
الشكل (4-18) تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

(Refractive index)

(8-4-4) معامل الانكسار (n_0)

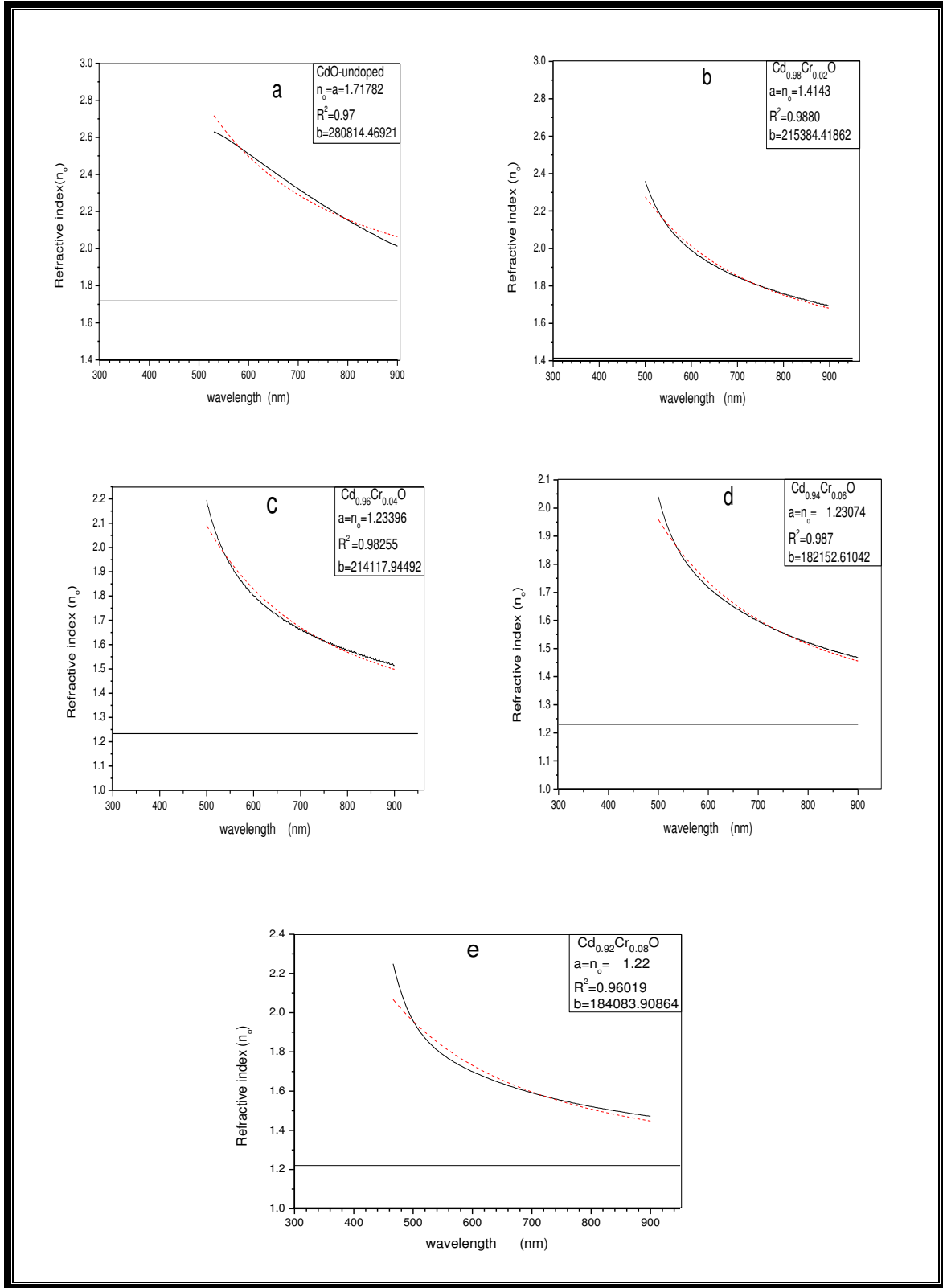
تم حساب معامل الانكسار على وفق العلاقة (2-33) والشكل (4-19) يمثل تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم ونلاحظ من هذه الاشكال أن طبيعة منحنى معامل الانكسار مشابهة تقريباً لطبيعة منحنى الانعكاسية وذلك لارتباط معامل الانكسار مع الانعكاسية بالعلاقة (2-33)، وكما نلاحظ من الشكل أن سلوك منحنى معامل الانكسار للأغشية غير المطعمة والمطعمة بالكروم يزداد تدريجياً مع زيادة طاقة الفوتون ثم ينخفض في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الاساسية (الطاقات

الفوتونية العالية)، وسبب ذلك يعود الى نقصان قيم الانعكاسية وزيادة الامتصاصية مما يؤكد حدوث انتقالات الكترونية. وإن قيم معامل الانكسار أخذت بالنقصان عند زيادة نسب التطعيم، وكذلك انحراف قمم منحنيات معامل الانكسار باتجاه الطاقات الفوتونية العالية.



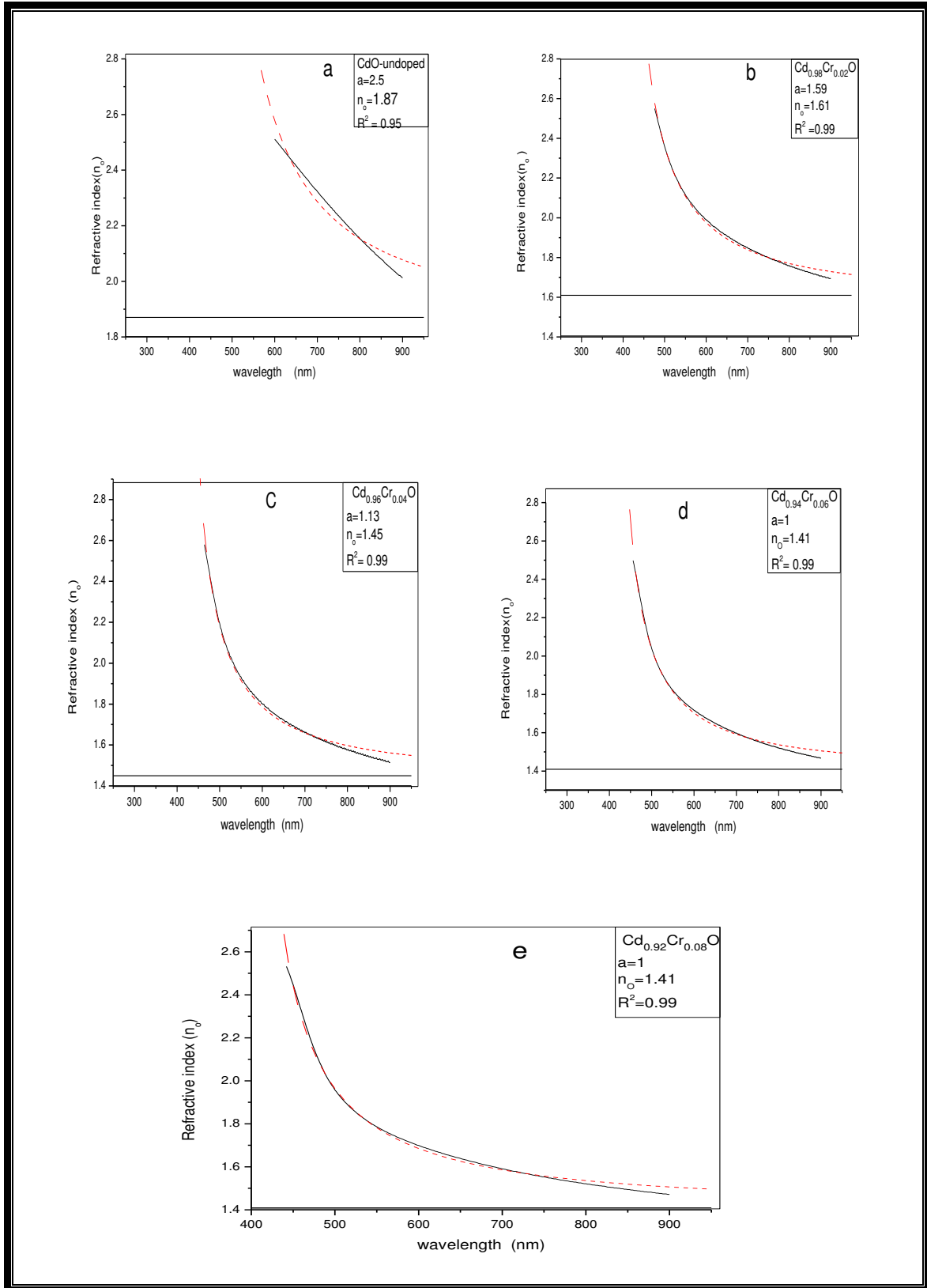
الشكل (4-19) تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

استخدمت علاقتا (Cauchy) [98] و (Sellmeier) [97] في دراستنا الحالية للحصول على علاقة التفريق التي تربط معامل الانكسار والطول الموجي لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم وتم حساب قيمة معامل الانكسار باستعمال المعادلة (2-34) والمعادلة (2-35) على التوالي ففي علاقة (Cauchy) يكون معامل الانكسار مساوياً الى قيمة الثابت (a) اما في علاقة (Sellmeier) فإن قيمته تكون مساوية الى $(1+a)^{1/2}$ وقد بينت النتائج المستحصلة أن قيم معامل الانكسار من العلاقتين تكون متطابقة تقريباً وأقل قيمة لمعامل الارتباط كانت ($R^2 = 0.95$)، ويلاحظ أن قيم معامل الانكسار في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة تقل بزيادة الطول الموجي وهذا يدل على السلوك التفريقي لأغشية أكسيد الكاديوم [105]، وكما في الشكل (20-4a,b,c,d,e) لانموذج (Cauchy) والشكل (21-4a,b,c,d,e) لانموذج (Sellmeier) والجدولين (4-5) و (4-6) يبينان قيم الثوابت المحسوبة بكلتي الطريقتين. والشكل (4-22) يبين تغير معامل الانكسار كدالة لنسب التطعيم.



الشكل (20-4 a,b,c,d,e) العلاقة بين معامل الانكسار والطول الموجي (نموذج Cauchy)

لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.



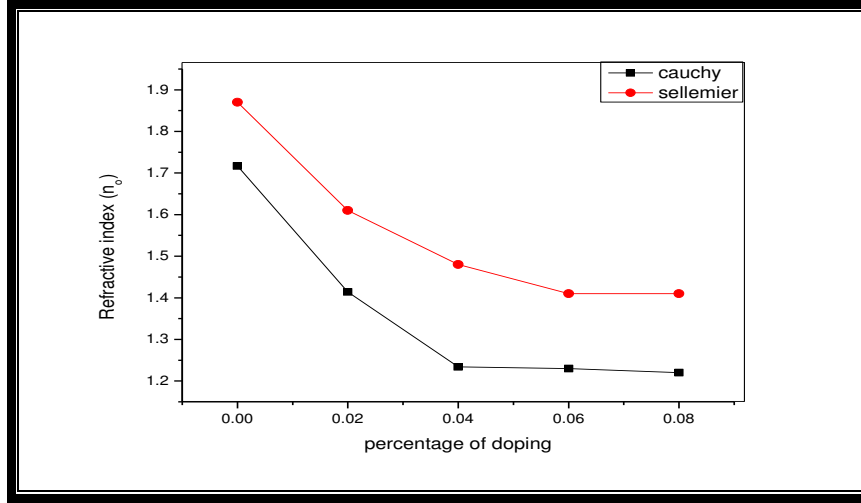
الشكل (21-4 a,b,c,d,e) العلاقة بين معامل الانكسار والطول الموجي لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم انموذج (Sellmeier).

جدول (4-5) قيم الثوابت المحسوبة من علاقة (Cauchy) لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم

samples	$a=n_o$	$b \text{ (nm}^2\text{)}$	R^2
CdO-undoped	1.717	280814.47	0.97
$\text{Cd}_{0.98}\text{Cr}_{0.02}\text{O}$	1.414	215384.41	0.98
$\text{Cd}_{0.96}\text{Cr}_{0.04}\text{O}$	1.234	214117.94	0.98
$\text{Cd}_{0.94}\text{Cr}_{0.06}\text{O}$	1.230	182152.61	0.98
$\text{Cd}_{0.92}\text{Cr}_{0.08}\text{O}$	1.220	184083.90	0.96

جدول (4-6) قيم الثوابت المحسوبة من علاقة (Sellmeier) لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم

samples	a	$c \text{ (nm}^2\text{)}$	$n_o=(1+a)^{1/2}$	R^2
CdO-undoped	2.50	201110.23	1.87	0.95
$\text{Cd}_{0.98}\text{Cr}_{0.02}\text{O}$	1.59	162927.92	1.61	0.99
$\text{Cd}_{0.96}\text{Cr}_{0.04}\text{O}$	1.13	174749.61	1.45	0.99
$\text{Cd}_{0.94}\text{Cr}_{0.06}\text{O}$	1.00	170427.46	1.41	0.99
$\text{Cd}_{0.92}\text{Cr}_{0.08}\text{O}$	1.00	160995.35	1.41	0.99

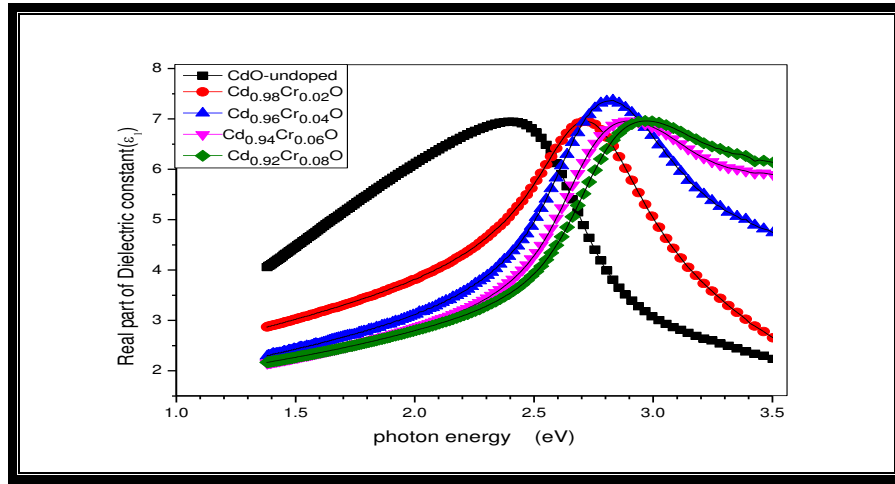


الشكل (4-22) تغير معامل الانكسار كدالة لنسب التطعيم.

(Dielectric constant)

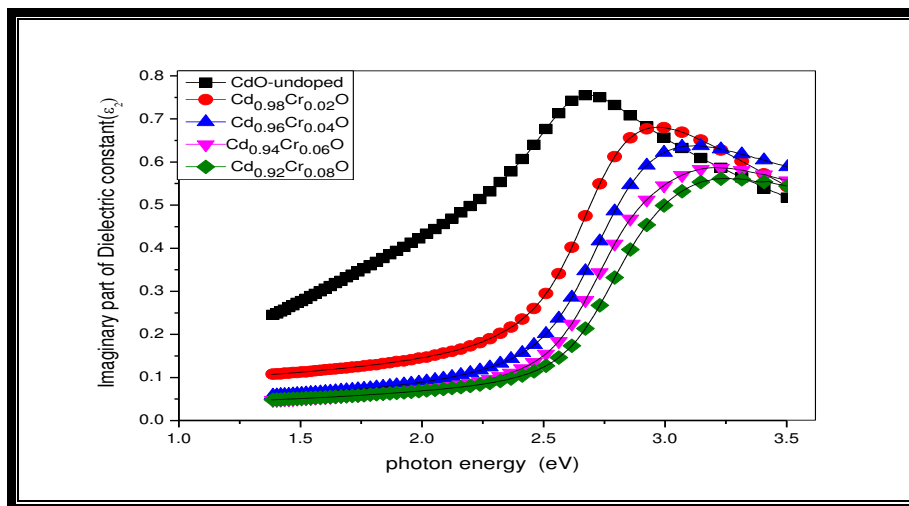
(9-4-4) ثابت العزل

تم حساب الجزء الحقيقي لثابت العزل للأغشية المحضرة من العلاقة (2-38) وبين الشكل (4-23) الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم ويلاحظ إن سلوك المنحني يشبه إلى حد ما سلوك منحني معامل الانكسار لأن تأثير معامل الخمود قليلا مقارنة بتأثير معامل الانكسار فيهمل. إذ نلاحظ من الشكل أن ثابت العزل الحقيقي للأغشية غير المطعمة والمطعمة يزداد تدريجيا مع زيادة طاقة الفوتون ثم يهبط في مدى الطاقات الفوتونية العالية. ونلاحظ من الشكل أيضا أن سلوك منحني ثابت العزل الحقيقي للأغشية المطعمة بالكروم لم يتغير بشكل عام ماعدا انحراف قمم المنحنيات باتجاه الطاقات الفوتونية العالية ونقصان قيم الجزء الحقيقي لثابت العزل عند زيادة نسب التطعيم ويعود سبب ذلك إلى ارتباط الجزء الحقيقي من ثابت العزل مع معامل الانكسار بالعلاقة (2-38)، وربما السبب يعود إلى تكون مستويات موضعية في قعر حزمة التوصيل وعلى ذلك فالاستقطاب يحتاج إلى طاقة مساوية إلى حافة الامتصاص الأساسية لكي يحدث وعند القيم الأكبر من قيم حافة الامتصاص الأساسية نلاحظ هبوطا حادا في قيم ثابت العزل الحقيقي [99].



الشكل (23-4) تغير ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

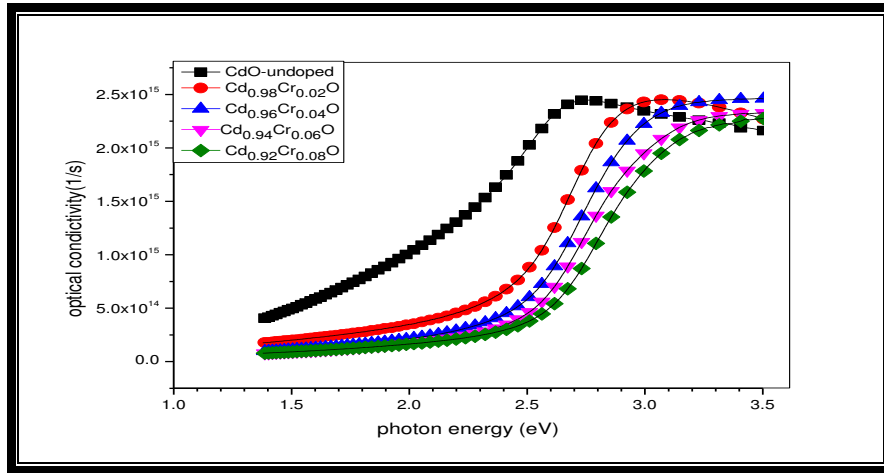
اما الجزء الخيالي لثابت العزل فقد تم حسابه من العلاقة (2-39)، ونلاحظ من الشكل (24-4) الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم، إذ نلاحظ أن ثابت العزل الخيالي للأغشية المحضرة يزداد مع زيادة طاقة الفوتون وأن طبيعة المنحني مشابه إلى سلوك منحني معامل الخمود وهنا يكون تأثير معامل الانكسار قليلاً جداً فيهمل، اما عند التطعيم فان الجزء الخيالي لثابت العزل يقل بزيادة نسب التطعيم كما نلاحظ من الشكل ايضاً أن قيم الجزء الخيالي لثابت العزل قد انحرفت باتجاه الطاقات الفوتونية العالية عند زيادة التطعيم [99].



الشكل (24-4) تغير ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

(10-4-4) التوصيلية البصرية (Optical Conductivity)

تم حساب التوصيلية البصرية على وفق العلاقة (2-40)، والشكل (4-25) يبين العلاقة بين التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون ولجميع الاغشية المحضرة، اذ نلاحظ انها تزداد ولجميع الاغشية المحضرة مع زيادة طاقة الفوتون بينما تتحرف قيم التوصيلية البصرية باتجاه الطاقات الفوتونية العالية مع زيادة نسبة الشائبة ولجميع الاغشية المحضرة أي انها بصورة عامة تقل مع زيادة نسب التطعيم، وان سلوكها مشابها لسلوك معامل الامتصاص لارتباطهما بالعلاقة (2-40).



الشكل (4-25) العلاقة بين التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

(Electrical Measurements)

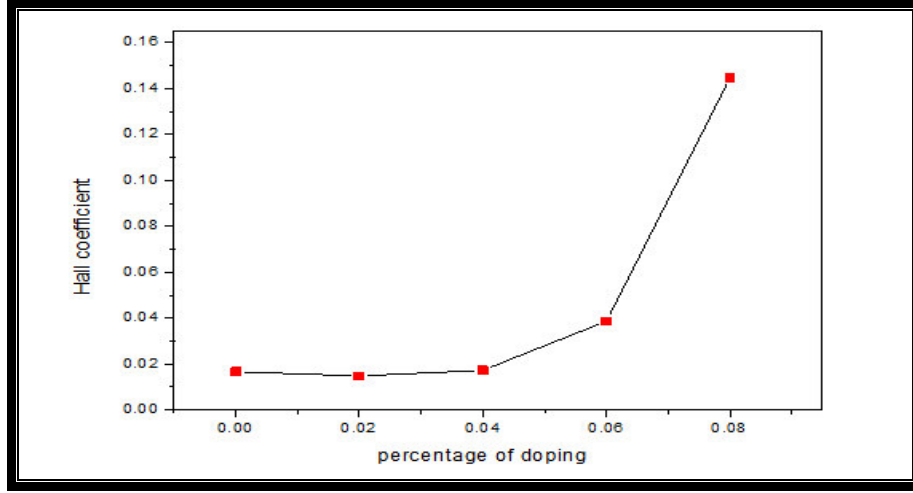
(5-4) القياسات الكهربائية

(Hall effect)

(1-5-4) تأثير هول

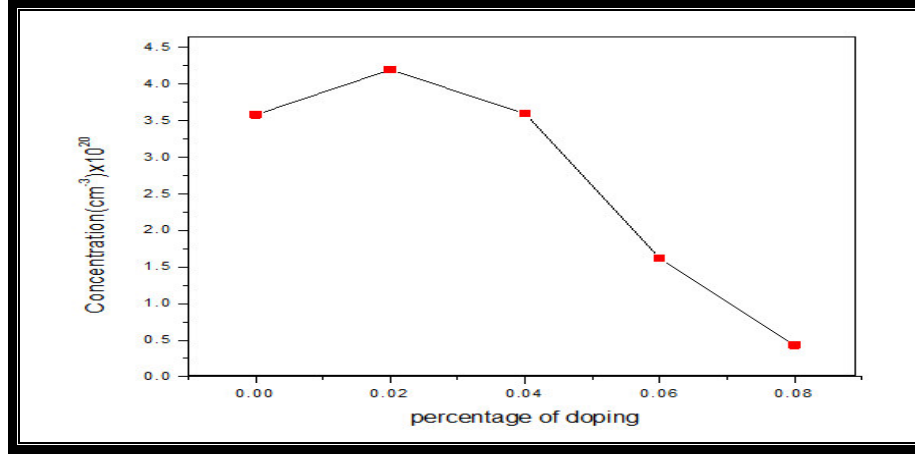
بينت نتائج القياسات الكهربائية لقياس تأثير هول ضمن درجة حرارة الغرفة وبوجود مجال مغناطيسي منتظم شدته (0.550 Tesla) لاغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة والمطعمة باوكسيد الكروم وبنسب تطعيم % (2,4,6 and 8) وجود قيم واضحة لمعامل هول (R_H) ولتركيز حاملات الشحنة الاغلبية (n) (majority)، ولقيم كل من التوصيلية الكهربائية (σ) (conductivity)، والتحركية (μ_H) (mobility). ويبين الجدول (4-7) ان معامل هول

يزداد عند التطعيم ماعدا النسبة (2%) إذ أنها شذت عن هذا الوصف وقد يعود السبب الى كون هذه النسبة قليلة جدا مما اعاق عملية تحسسها من قبل الجهاز وكما يبينه الشكل (4-26).



الشكل(4-26) تغير معامل هول كدالة لنسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

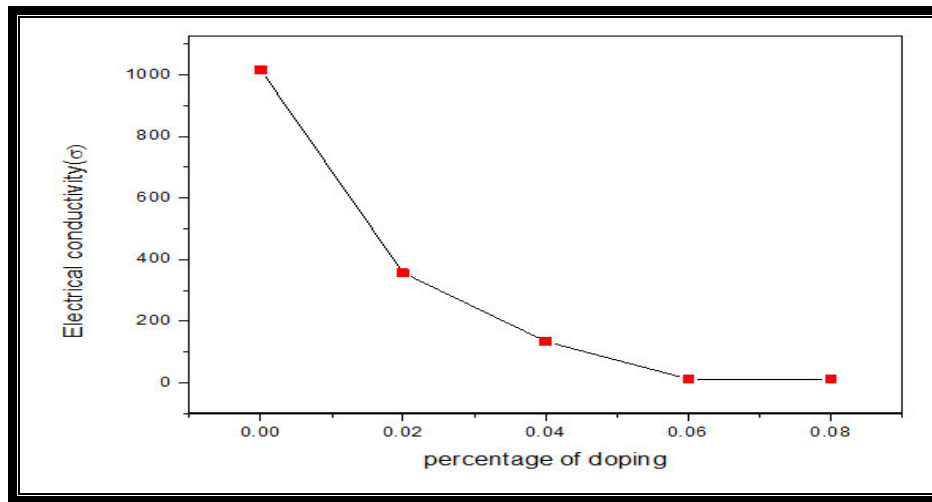
تم معرفة نوع حاملات الشحنة لاغشية اوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة بالكروم ووجدت أنها من النوع (n-type) بالاستناد الى اشارة معامل هول السالبة ولانتاثر نوعية حاملات الشحنة بالتطعيم، وتم حساب تركيز حاملات الشحنة للاغشية غير المطعمة وكانت بحدود $(3.758 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3})$ وتناقص تركيز هذه الحاملات عند التطعيم ماعدا النسبة (2%) حيث زاد تركيز الحاملات لهذه النسبة لأنها مرتبطة مع معامل هول بالعلاقة (2-42) وهي علاقة عكسية وهذه النتائج المستحصلة مبينة بالشكل (4-27)، وسبب نقصان تركيز الحاملات عند التطعيم يعود الى عاملين (i) ان ذرة الكروم ترغب بتكوين اصرة تساهمية مع ذرات الاوكسجين فتأخذ ذرة الكروم اربعة الكترونات من محيطها فتقل الحاملات في النموذج. (ii) من المعروف ان عنصر الكروم يحتوي على مواقع ازدواج الكتروني فارغة في اوربيتالات التكافؤ لذلك فذرات الكروم تقتنص الكترونات من حزمة التكافؤ وبذلك تقل حاملات الشحنة وايضا فإن كل اصرة تُكسر خاصة في التركيب البلوري الضعيف يسبب نقصا بمقدار الكترون واحد في البلورة وذلك يسبب نقصا في تركيز الحاملات [107].



الشكل (27-4) تغير تركيز الحاملات مع نسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالكروم.

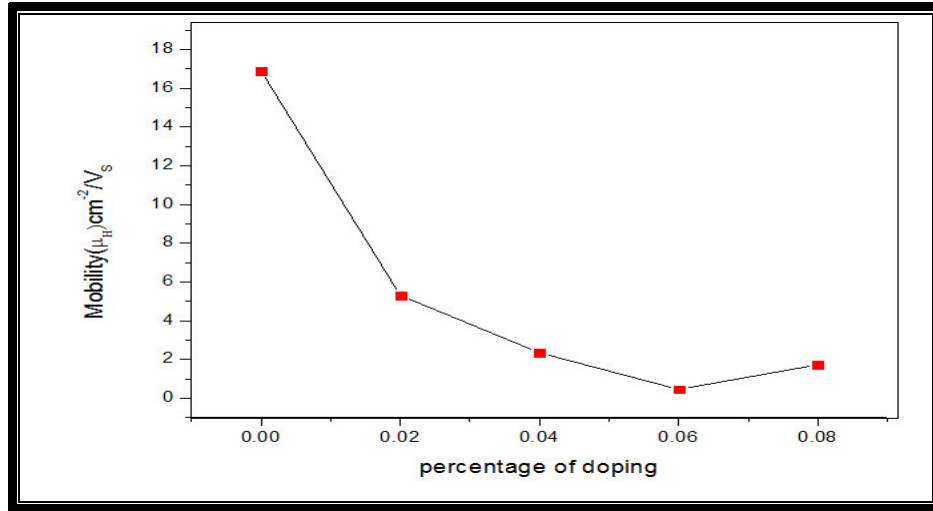
اما التوصيلية الكهربائية للأغشية غير المطعمة فقد كانت قيمتها $(1.016 \times 10^3 \text{ } (\Omega \text{ cm})^{-1})$ ثم تتناقص عند التطعيم كما مبين بالشكل (28-4) ويعزى ذلك الى ان ايونات (Cr^{+3}) الكروم تحتل مواقع استبدالية مما يؤدي الى دخول ذرات الكروم كذرات استبدالية ضمن النسق البلوري لأكسيد الكاديوم وكذلك لصغر قطرها الايوني [42] فقد تدخل كذرات بينية مكونة عيوباً داخل الشبكة البلورية وبالتالي نشوء ما يسمى بالحدود الحبيبية التي تصبح بدورها حاجز جهد مما يعيق حركة الالكترونات وهذا بالنتيجة يؤدي الى نقصان التوصيلية الكهربائية وان زيادة التطعيم وبوجود الاوكسجين بوفرة قد يؤدي الى تكون (Cr_2O_3) التي تميل الى تكون العيوب بسهولة [107].



الشكل (28-4) التوصيلية الكهربائية كدالة لنسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة

والمطعمة بالكروم.

قيست تحركية هول للاغشية غير المطعمة وكانت حوالي $16.88 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ثم تناقصت عند التطعيم ووصلت الى القيمة $(0.4632 \text{ cm}^2/\text{Vs})$ ماعدا النسبة (8%) إذ أنها زادت بقليل عن النسبة القريبة عليها وهي نسبة ال(6%) ويمكن تفسير النقص الحاصل في التحركية عند التطعيم الى نقصان الحجم الجببي الذي بدوره يؤدي الى زيادة الحدود الحبيبية التي بدورها ادت الى نقص التحركية [107] ، والشكل (4-29) يبين تغير تحركية هول كدالة لنسب التطعيم.



الشكل (4-29) يبين تغير التحركية كدالة لنسب التطعيم لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

الشكل (4-30) يبين النتائج المستحصلة من قياس تأثير هول لاغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة كما تظهرها واجهة البرنامج (soft ware) .

HALL EFFECT MEASUREMENT SYSTEM

INPUT VALUE

DATE: 05-19-2014 USER NAME: jaheem ahmed

SAMPLE NAME: R1 COM PORT: COM4 TEMP: 300K

I = 1.00 mA DELAY = 0.100 [S]

D = 0.250 [um] B = 0.550 [T]

Measurement Number = 1000 [Times]

MEASUREMENT DATA

AB [mV]	BC [mV]	AC [mV]	MAC [mV]	-MAC [mV]
-7.411	-10.123	2.694	2.645	2.726
7.365	10.156	-2.742	-2.703	-2.768
CD [mV]	DA [mV]	BD [mV]	MBD [mV]	-MBD [mV]
-7.410	-10.123	2.695	2.726	2.656
7.366	10.149	-2.740	-2.769	-2.693

RESULT

Bulk concentration = $-3.758\text{E}+20$ [/ Cm^{-3}] Sheet Concentration = $-9.394\text{E}+15$ [/ Cm^{-2}]

Mobility = $1.688\text{E}+1$ [Cm^2 / Vs] Conductivity = $1.016\text{E}+3$ [$1 / \Omega \text{ Cm}$]

Resistivity = $9.843\text{E}-4$ [$\Omega \text{ Cm}$] Average Hall Coefficient = $-1.661\text{E}-2$ [m^2 / C]

A-C Cross Hall Coefficient = $-1.665\text{E}-2$ [m^2 / C] B-D Cross Hall Coefficient = $-1.658\text{E}-2$ [m^2 / C]

Magneto-Resistance = $3.655\text{E}-2$ [Ω] Ratio of Vertical / Horizontal = $7.287\text{E}-1$

OPERATING DESCRIPTION: The calculation is completed. PROGRESS [%]: 100%

Buttons: COM.TEST, MEASURE, STOP, CLEAR, CACUL, LOAD, SAVE, PRINT, CLOSE, HELP, GoTo I/V CURVE

الشكل (4-30) يبين النتائج المستحصلة من قياس تأثير هول لنموذج اغشية اوكسيد الكاديوم غير المطعمة.

وبالعودة الى السبب الذي دعانا الى تفسير نقصان قيمة فجوة الطاقة البصرية عند زيادة نسبة التطعيم نلاحظ الان وبعد معرفة قيم التحويلية والتوصيلية وتركيز الحاملات ونقصان هذه القيم بالتطعيم نرى ان هناك ربطا بين الخواص البصرية والكهربائية حيث وجدنا ان هناك تطابقا في التفسير المشار اليه مع النتائج المستحصلة من قياسات تأثير هول. الجدول (7-4) يبين النتائج التي تم الحصول عليها من قياس تأثير هول لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

جدول (7-4) النتائج التي تم الحصول عليها من قياس تأثير هول لاغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة بالكروم.

Samples	معامل هول R_H (cm^3/C)	نوع الحاملات	تركيز الحاملات (cm^{-3}) $\times 10^{20}$	التوصيلية (σ) ($\Omega.\text{cm}$) $^{-1}$	التحريكية (μ_H) (cm^2/Vs)
CdO-undoped	-0.0166	n	3.758	1.016×10^3	1.688×10
Cd _{0.98} Cr _{0.02} O	-0.0148	n	4.195	3.568×10^2	5.310
Cd _{0.96} Cr _{0.04} O	-0.0173	n	3.596	1.354×10^2	2.35
Cd _{0.94} Cr _{0.06} O	-0.0386	n	1.616	1.199×10	0.4632
Cd _{0.92} Cr _{0.08} O	-0.1447	n	0.431	1.197×10	1.732

(Conclusions)

(6-4) الاستنتاجات

تم في هذا البحث التوصل الى الاستنتاجات الآتية:

- 1- غشاء اوكسيد الكاديوم غير المطعم والمطعم باوكسيد الكروم ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المكعب، وإن الاتجاه السائد للنمو هو (111) وإن التطعيم بنسب قليلة قد غير من طبيعة التركيب البلوري.
- 2- يمتلك غشاء اوكسيد الكاديوم فجوة طاقة بصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة وغير المباشرة.
- 3- معامل الامتصاص لغشاء اوكسيد الكاديوم يمتلك قيم $(\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1})$ عند مدى الطاقات $(2.7-2) \text{ eV}$ وإن هذه القيم تقل مع زيادة نسب التطعيم.
- 4- ادى التطعيم باوكسيد الكروم الى زيادة واضحة في قيم فجوة الطاقة ولكلا النوعين من الانتقالات الالكترونية.
- 5- ان التطعيم باوكسيد الكروم لم يؤثر كثيرا على قمة منحنيات الانعكاسية، ومعامل الانكسار، والجزء الخيالي لثابت العزل لغشاء اوكسيد الكاديوم لكن ادى الى تغير موقعها باتجاه الطاقات الفوتونية العالية ونقصان هذه الثوابت بعد هذه القمة.
- 6- يمتلك غشاء اوكسيد الكاديوم توصيلية عالية، وإن التطعيم باوكسيد الكروم ادى الى نقصان هذه التوصيلية.
- 7- غشاء اوكسيد الكاديوم من النوع السالب (n-type) ولم يؤثر التطعيم على نوعيته، كما أن التطعيم ادى الى نقصان في تركيز حاملات الشحنة في التراكيز العالية ورفعها في التراكيز الواطئة.
- 8- يمتلك غشاء اوكسيد الكاديوم تحركية مقدارها $(16.88 \text{ cm}^2/\text{Vs})$ ، وإن التطعيم ادى الى نقصان هذه التحركية.

(Fuctur works) (7-4) مشاريع مستقبلية

1- دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لآغشية اوكسيد الكادميوم المطعم بالكروم والمحضرة بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي الحراري ومقارنتها مع نتائج هذا البحث.

2- دراسة تأثير تغير السمك وتغير درجة حرارة التلدين وتغير زمن التلدين على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لآغشية اوكسيد الكادميوم المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.

3- دراسة اثر التشعيع على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لآغشية اوكسيد الكادميوم المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.

4- دراسة أثر تغير المولارية على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لآغشية اوكسيد الكادميوم المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.

- [1] S. M. Sze “Semiconductors Devices, Physics and Technology”, John Wiley and Sons, New York, **(1985)**.
- [2] R. A. Smith, “Semiconductors” 2nd edition, Cambridge University Press, **(1987)**.
- [3] K. D. Loaver “Thin Films”, Wykoham Publications, London (L.T.D), **(1971)**.
- [4] K. L. Chopra, “Thin Film Phenomena”, McGraw Hill, New York, printing first, **(1969)**.
- [5] L. Eckortova, “physics of thin films”, Plenum Press, **(1977)**.
- [6] H. G. Rashid, “design and optimization of thin films optical filters with applications in the visible and infrared regions”, Ph.D. thesis, Al - Mustansiriya University, **(1996)**.
- [7] Ioanna Giouroudi, Jurgen Kosel and Cornie Scheffer “Recent Developments and Patents on Thin Film Technology” Recent Patents on Materials Science, Vol.1, pp.200-208 ,**(2008)**.
- [8] K. L. Chopra and I. Kaur “Thin Film Device Applications” Plenum Press, New York, **(1983)**.
- [9] L. Maisseland Gland "Hand Book Thin Film technology " McGraw-Hillcomp, NewYork, **(1970)**.
- [10] K. L. Chopra. S. Major and D. K. pandya "Transparent Conductors- Astatus Review " , Thin solid film. Vol. (102), pp. (1-46), **(1983)**.
- [11] J .Richard, Sr. ,Lewis, Hawley’s, Condensed Chemical Dictionary , 13 th Edition , P. 189.**(1997)**.
- [12] R. C. Weast and M. J. Astle, "Hand Book of Chemistry and Physics", CRC Press, **(1979)**.
- [13] Z. M. Jarberzki, "Oxid semiconductor" pergamon press, London, **(1973)**.
- [14] F. A. Cotton, G. Wilkinson, C. A. Murillo and M. Bochmann, “Advanced Inorganic Chemistry”, John Wiley and Sons **(1999)**.

- [15] D. R. Lide "Chemical Rubber Compang handbook of Chemistry and physics", CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 77th edition, (1996).
- [16] F. T. J. Smeith and S. L. Lyu "Amorphous Transparent Conductors: The CdO – ZnO₂ System" (J.Electro Chem. Soc.) vol. 128, no. 5, p. 1083 (1981).
- [17] A. H. Omran "A study of Optical and Electrical Properties of CdO, CuO Thin Films and Their Mixture Prepared by Chemical Spray Pyrolysis " M. SC, Thesis. AL-Mustansiriya University (1998).
- [18] D. R. Kammler, D. D. Edward, B. G. Ingram, T. O. Mason "Novel Compound and Solid Solution Transparent Conducting Oxides for Photovolatics" J. Electrochemical Society Proceeding, vol.99, no.11, pp.68-77, (2000).
- [19] علي فؤاد الامين، " دراسة الخواص الضوئية لأغشية كبريتيد الكاديوم CdS وكبريتيد الرصاص PbS الرقيقة ومزيجهما المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري " رسالة ماجستير ، جامعة بغداد (١٩٩٦).
- [20] ايمان محمد الجبوري "دراسة الخواص الضوئية والانتقالات الالكترونية لأغشية اوكسيد Fe₂O₃ و Cr₂O₃ ومزيجهما المحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي"، رسالة ماجستير، جامعة البصرة (١٩٨٨) .
- [21] يحيى نوري الجمال ، " فيزياء الحالة الصلبة " ، مطبعة جامعة الموصل ، (١٩٩٠)
- [22] M. Yan, M. Lane, C. R. Kannewurf and R. PH. Chang, "Highly conductive epitaxial CdO thin films prepared by pulsed deposition" Applied Physics Letters, Vol.78, pp.2342, (2001).
- [23] R. Ferro and J. A. Rodriguez, "Study of some optical properties of CdO:F thin film" Phys. State Sol ,(b) Vol. 220, pp. 299, (2002) .
- [24] حيدر غازي لازم "دراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الكاديوم المطعم بأوكسيد الزنك والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري" رسالة ماجستير كلية التربية – الجامعة المستنصرية (٢٠٠٣).
- [25] L. R. Leon - Gutierrez , J. J. Cayente – Romero, J. M. Peza – Tapia, J. C. Martinez –Flores, Materials Letter, Vol. 60, pp. 3866, (2006) .

- [26] H. M. Ali, H. A. Mohamed, M. M. Wakkad, M. F. Hasaneen , "Preparation of transparent conducting oxides formed from CdO alloyed with (In_2O_3)" Journal of Thin Solid Films , Vol. 515 , pp. 3024 , (2007) .
- [27] R. S. Ali, " A study Annealing Influence on the Optical Properties of CdO : Sb CdO Thin Films and Using Image Processing Technique for Study Some Structural Properties" M. SC. Thesis , Al-Mustansiriya University, (2008) .
- [28] حيدر غازي ، صبيح كاطع ، حميد بلاسم "دراسة بعض الثوابت البصرية لأغشية (CdO) كدالة لتغير السمك . كلية التربية الاساسية، جامعة ميسان ، مجلة ابحاث ميسان، المجلد الخامس، العدد العاشر، ٢٠٠٩ .
- [29] A. A. Dakhel , " Electrical and optical properties of iron-doped CdO". Thin Sold Films, Vol.518, pp. 1712-1715, (2010).
- [30] M. K. R. Khan, M. Azizar Rahman, M. Shahjahan, M. Mozibur Rahman, M.A. Hakim, Dilip Kumar Saha, Jasim Uddin Khan. "Effect of Al-doping on optical and electrical properties of spray pyrolytic nano-crystalline CdO thin films". current applied physics, Vol.10, pp.790-796, (2010).
- [31] R. Kumaravel, S. Menaka, S. Regina Mary Snega, K. Ramamurthi , K. Jeganathan. " Electrical, optical and structural properties of aluminum doped cadmium oxide thin films prepared by spray pyrolysis technique" Materials chemistry and physics, Vol.122, pp.(444- 448), (2010) .
- [32] R. J. Deokate , S. V. Salunkhe , G. L. Agawane , B. S. Pawar , S. M. Pawar , K. Y. Rajpure , A. V. Moholkar , J. H. Kim , "Structural, optical and electrical properties of chemically sprayed nanosized gallium doped CdO thin films" Journal of alloys and compounds, Vol.496, pp.357-363, (2010).
- [33] B.G.Jeyaparakash, K.K esavan, R.A shokKumar,and A.Amalarani, "Temperature dependent grain-size and microstrain of (CdO) Thin films prepared by spray pyrolysis method"Bull. Mater. Sci. Vol. 34, pp. 601-605, (2011) © Indian Academy of science.
- [34] C. Aydin, H. M. El-Naser, F. Yakuphanoglu, I. S. Yahia, M. Akosy. "Nanopowder synthesis of aluminum doped cadmium oxide via sol-gel calcination processing". Journal of alloys and compound Vol.509, pp.854-858, (2011).

- [35] Hani Khallaf, Chia-Ta Chen, Liann-Be Chang, Oleg Lupan, Aniruddha Dutta, Helge Heinrich, A. Shenouda, Lee Chow. "Investigation of chemical bath deposition of CdO thin films using three different complexing agents". Applied surface science Vol.257, pp. 9237-9242, (2011).
- [36] M. Vigneshwaran , R. Chandiramouli, B. G. Jeyaprakash and D. Balamurgan. "Physical properties of spray deposited Mg doped CdO thin films". Journal of applied sciences Vol.12, pp.1754-1757, (2012).
- [37] D. Mahesh Reddy, B. G. Jeyaprakash and R. John Bosco Balaguru. "Effect of doping on thermoelectric property of spray deposited nanostructured CdO thin films. Journal of applied sciences Vol.12, pp.1769-1771, (2012).
- [38] Mahdi. H. Suhail, Issam. M. Ibrahim and G. Mohn Rao. "Characterization and gas sensitivity of cadmium thin films prepared by thermal evaporation technique". Journal of electron devices. Vol .13, pp. 965-974, (2012) .
- [39] B. Gokul, P. Matheswaran, R. Sathyamoorthy "Influence of Annealing on Physical Properties of CdO Thin Films Prepared by SILAR Method".J.Mater.Sci.Technol. Vol.29, pp.17-21 (2013).
- [40] A. F. M. Faizullah, M. K. R. Khan, M. Mozibur Rahman "Pyrolized growth of (Al,N) dual doped CdO thin films and study of structural , surface morphology and opto-electrical properties". International journal of materials science and applications"; Vol.2, pp.124-127, (2013).
- [41] B. Şahin, T. Taşköprü, F. Bayansal "Band gap variation of nanostructure tin doped CdO films via SILAR processing" Ceramics Internationa, Vol.140, pp.8709–8714, (2014) .
- [42] A.A.Dakhel, H.Hamad "The structural, electrical, and optical of hydrogen chromium-doped CdO films". Journal of sold state chemistry, Vol.208, pp.14-19, (2013).
- [43] مؤيد جبرائيل يوسف ، "فيزياء الحالة الصلبة" مطبعة جامعة بغداد، الجزء الاول، (١٩٨٧).

- [44] زياد طارق خضير "دراسة الخواص البصرية وبعض الخواص الكهربائية لأغشية أوكسيد الكاديوم المطعم بأوكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية (2003).
- [45] C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics", John Wiley and Sons Inc., 7th edition, (1997).
- [46] محمد امين سليمان، احمد فؤاد باشا وشريف احمد خيرى، "فيزياء الجوامد"، مطبعة الفكر العربي (2000).
- [47] ف. بيلي، "مبادئ هندسة المعادن والمواد"، ترجمة د. حسين باقر رحمه الله، جامعة الموصل (١٩٨٧).
- [48] William, D. Callister, Jr "Materials Science and Engineering, An Introduction", 6th edition, John Wiley & Sons, Inc. (2003).
- [49] د.مكي ناصر مقادسي، "علم المواد"، جامعة بغداد، (1990)
- [50] A. Madan, M. P. Show, "The Physics and Application of Amorphous Semiconductor", Academic Press, Inc., (1986).
- [51] B. L. Mattes, "Polycrystalline and Amorphous thin films and devices", Academic Press, (1980).
- [52] مؤيد جبرائيل يوسف ، "فيزياء الحالة الصلبة"، مطبعة جامعة بغداد، الجزء الثاني، (١٩٨٩).
- [53] صبحي سعيد الراوي "فيزياء الالكترونيات" مطبعة جامعة الموصل (1980)
- [54] J. S. Blakmore "Solid State Physic", Cambridge Press, 2nd edition, (1986).
- [55] S. Ben "Solid State Electronic Devices" Hall International, Inc, U.S.A, (1990).
- [56] د- صبحي سعيد الراوي، د-شاكر جابر شاكر ،د- يوسف مولود حسن، (فيزياء الحالة الصلبة)، جامعة الموصل، (1990).
- [57] P. S. Kireev, 'Semiconductor Physics', 2nd Edition, translated from the Russian by M. Samokhvalov, Mir publishers, Moscow,(1985).

- [58] S. M. Sze, "Semiconductors Devices", John Wiley and Sons, Ins, (2002).
- [59] X. U. L. Ravich, B. A. Efimova, "Semiconductor" . Lead Calogndes Plenum Press, NewYourk , London, printing first, (1970).
- [60] A. N. Doral , "Semiconductor Physics and Devicces", Irwin USA, (1992).
- [61] B. G. Streetman and S. Banerjee, "Solid State Electronic Devices", 5th Ed., Prentice Hall, Inc. New Jersey (2000).
- [62] B. V. Zeghbroeck, "Principles of Semiconductor Devices", (2007).
- [63] A. Tribble, "Electrical Engineering Materials and Devices" University of Iowa, (2002).
- [64] B. Ray, "II-VI Compounds", 1st ed. Printed in GB, (1969).
- [65] S. O. Kasap, "Principles of Electronic Materials and Devices" . 2nd edition, McGraw Hill, (2002).
- [66] عمار كاظم فرج الساكني، "دراسة الخواص البصرية والكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم الرقيقة والمشوبة بالهالوجينات" رسالة ماجستير – كلية التربية - ابن الهيثم - جامعة بغداد (١٩٩٨).
- [67] معن محمد شاكر، محمود شكر مجيد "اساسيات الالكترونيات " المعهد الفني، قسم الكهرباء، الموصل، (١٩٨٧).
- [68] M. A. Omer, "Elementary of Solid Stat Physics", Addison Wesley Publishing Company, first printing (1975).
- [69] B. E. Warren, "X-RAY diffraction" Published by Courier Dover, (1990).
- [70] Ali Jasim AL-Jabiry "Studying the Effect of Molarity on the Physical and Sensing Properties of Zinc Oxide Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Technique" Ph.D. Thesis University of Technology (2007).

- [71] زياد طارق خضير " تصميم وتصنيع التراكيب النانوية المنمأة بتقنية (APCVD) ودراسة بعض الخواص الفيزيائية وظروف الترسيب للمركب (ZnO:Fe)" اطروحة دكتوراه، كلية التربية – ابن الهيثم – جامعة بغداد (2011).
- [72] Y. T. Prabhu, K. Venkateswara Rao, V. Sesha Sai Kumar, B. Siva Kumari. "X-ray Analysis of Fe doped ZnO Nanoparticles by Williamson-Hall and Size-Strain Plot". International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). Vol .2, pp. 2249 – 8958, (2013).
- [73] B. Joseph , P. K. Manoj , V. K. Vaidyan , ."Study on preparation and characterization of indium doped zinc oxid film by chemical spray deposition" Bull Mater. Sci. Vol.28, pp.487-491, (2005).
- [74] C. Barret and B. T. Massalki, "Structure of Metals " Book,Oxford Pergamon, (1980).
- [75] A. David, B. Brain, Schwartz and Martince steele,"Physical properties of Amorphouse Materials",phenum press, New York (1985).
- [76] جعفر صادق محمد علي "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية كبريتيد الكاديوم النانوية غير المشوبة والمشوبة بالالومنيوم" رسالة ماجستير – كلية التربية – الجامعة المستنصرية (٢٠١٢) .
- [77] J. M. Lin, Y. Z. Zhang, Z.Z. Ye, X. Q. Gu, X. H. Pan, Y. F. Yang, J. G. Lu, H. P. He, B. H. Zhao "Nb-doped ZnO transparent conducting films fabricated by pulsed laser deposition"Applied Surface Science. Vol.255, pp.6460-6465, (2009).
- [78] I. Akyuz, S. Kose, E. Ketenci, V. Bilgin, F. Atay, "Optical, structural and surface characterization of ultrasonically sprayed CdO:F films", journal of alloys and coumpounds. Vol.509, pp.1947-1952 (2011).
- [79] C. Mwolfe, N. Holouyak, G. B. Stillman, "Physical properties of Semiconductor", prentice Hall, New York, (1989).
- [80] I. H. Khdayer, "Fabrication and studying the photoconducting characteristics of in sb junction with silicon as A single crystal semiconductor", Ph. D Thesis, Baghdad University, (2005).
- [81] C. A. Hogarth and M. Y. Nadeem,"The optical absorption edge in amorphous thin films of germania and of Germania with barium oxide" Phys. State Sol. Vol.68, pp.181-184, (1981).

- [82] A. Wilson, "X-Ray Optics" London, Methnen and Coltd New York, John Wiley and Sons INC,(1962).
- [83] J. Tauc in "Amorphous and Liquid Semiconductors", Ed. by J. Tauc, Plenum Press, London, (1974).
- [84] Z. M. Jarzberzki, "Oxide Semiconductors" Pergamon Press, London, printing first, (1973).
- [85] Fahrenbruch A. L. and Bube R. H.Led “ Fundamentals of Solar Cells”, Academic , New York, (1993).
- [86] S. Shanthi, C. Subramanian, P. Ramasmy Cryst. "Investigation on the optical properties undoped fluorine doped and antimony doped tin oxide films", Cryst. Res. Technol. Vol.34, pp. 1037-1046, (1999).
- [87] P. Rajaram, Y. Goswami, S. Rajagopalan, V. Gupta,"Optical and structure of (SnO₂) films grows by alow cost (CVD) technique " Materials Letters. Vol. 54, pp.158, (2002).
- [88] C. A. Hogarth, M. Y. Nadeem, "The optical absorption edge in amorphous thin films of germania and of germania with barium oxide" Physics State Solid. Vol. 68, pp. 181-184, (1981).
- [89] مارتن. أ. كرين، "الخلايا الشمسية" ترجمة الدكتور يوسف مولود، مطبعة جامعة الموصل (1989).
- [90] ريماء عبد العزيز، "دراسة الخواص البصرية والكهربائية لغشاء اوكسيد الخارصين المشوب بالفضة"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية، (٢٠٠٢).
- [91] Joseph, H. Simmons, Kelly, S. Potter, " Optical Materials ", University of Florida (2000).
- [92] A. N. Donald, "Semiconductor Physics and Devices" ,Mexico University, (1992).
- [93] A. Nilens, "Deep Impurity in Semiconductors", Wily-Inter Science Pubication, printing first, (1973).

- [94] E. I. Ugwn, D.U. Onah, "Optical characteristics of chemical bath deposited CdS thin film characteristics within UV, visible, and NIR radiation", The Pacific Journal of Science and Technology. Vol.8, pp.155-161. (2007).
- [95] J. I. Pankove, "Optical Processes in Semiconductores", Englewood Cliffs, N. J. P. Prentice-Hall, printing first, (1971).
- [96] Y. Sirotin, Y. Shaskolskaya, "Fundamentals of Crystal Physics" Mir Publishers, Moscow, (1982).
- [97] N. A. Bakr, A. M. Funde, V. S. Waman, and M. M. Kamble, "Determination of the optical parameters of a-Si:H thin films deposited by hot wire– chemical vapour deposition technique using transmission spectrum only", PRAMANA-journal-of physics. Vol. 76, pp. 519, (2011).
- [98] N. F. Habubi, N. A. Bakr, S. A. Salman, "Optical parameters of amorphous selenium deposited by thermal evaporation technique", Physical chemistry: An Indian Journal. Vol. 8, pp. 54, (2013).
- [99] S. Ilkan, M. Caglar, Y. Caglar, F. Yakuphanoglu. "CdO:Al films deposited by sol–gel process: a study on their structural and optical properties". Optoelectronics and advanced materials – Rpid communication. Vol. 3, pp.135-140, (2009).
- [100] D. Barreca, C. Massignan, S. Daolio, M. Fabrisio, and C. Piccirillo, (Composition and Microstructure of Cobalt Oxide thin films), "Chem. Mater". Vol.13, pp. 588-593, (2001).
- [101] G. I. Yepifanov, Yu. A. Moma, "Introduction to Solid State Electronics", English Translation, Mir, (1984).
- [102] ناهدة بخيت حسن، "الخواص التركيبية والكهربائية لأغشية سيانيد الكاديوم (CdSe) النقية والمطعمة بالانديوم"، رسالة ماجستير، جامعة بابل، (١٩٩٨).
- [103] ردينة صديق "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية $Ni_{(1-x)}Zn_xO$ المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري" رسالة ماجستير كلية العلوم – جامعة ديالى (2014).

- [104] Yuankun Zhu, Rueben J. Mendelsberg , Jiaqi Zhu, Jieca Han, Andre Anders "Transparent and conductive indium doped cadmium oxide thin films prepared by pulsed filtered cathodic arc deposition". Applied Surface Science. Vol.265, pp.738– 744, **(2013)**.
- [105] F. Dagdelen, Z. Serbetci, R. K. Gupta, F. Yakuphanoglu. "Preparation of nanostructured Bi-doped CdO thin films by sol–gel spin coating method" Materials Letters. Vol.80, pp.127–130, **(2012)**.
- [106] Z. Serbetci, R. K. Gupta, F. Yakuphanoglu," Preparation and characterization of nanorods Sb doped CdO films by sol–gel technique", J Sol-Gel Sci Technol. Vol.61, pp. 477–483, **(2012)**.
- [107] I. Akyuz, S. Kose, F. Atay, V. Bilgin, "Preparation and characterization of aluminum-incorporated cadmium oxide films" Materials Science in Semiconductor Processing, Vol.13, pp.109–114, **(2010)**.

*Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
Diyala University
College of Sciences*



*Preparation and study of some physical properties
for $(\text{Cd}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O})$ thin films*

*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

Rahem Ahmed Ali

Supervised By

*Dr. Ziad Tariq Khodair
Lecturer*

2014 A.D

1435 A.H