جمهورية العراق وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة ديالى كلية العلوم



دراسة تأثير التطعيم والتلدين على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة ذات التراكيب النانوية

رسالة مقدمة الى مجلس كلية العلوم/ جامعة ديالى وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

> من قبل کرار سعد محمد (بکالوریوس علوم فیزیاء 2014)

بأشراف أ.م.د. جاسم محمد منصور

-A 1442

2021 م

فسنم الله الرخمن الرجيم

اللهُ لاَ إِلَمَ إِلاَ هُوَ الْحَيْ الْقَيْوِمُ لاَ تَأْخُذُهُ سِنَةٌ وَلاَ نَوْمٌ لَهُ مَا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الأزضِ مَن ذَا الَّذِي يَشْفَعُ عِنْدَهُ إِلاَّ بِإِذْنِهِ يَعْلَمُ مَا بَيْنَ أَيْدِعْمُ وَمَا خَلْفَهُمُ وَلا يُحْمِطُونَ بِشَيْءٍ مِّنْ عِلْمِهِ إِلاَّ بِمَا شَاء وَسِعَ كُرْسِينَهُ السَّمَوَاتِ وَالأَرْضَ وَلاَ يَوْده مِفْظُهُمَا وَهُوَ الْعَلِي الْعَظِيمُ.

صَدَقَ اللهُ العَلِيُّ العَظِيم

البقرة 255

الإهداء

الى من ارسله الله رحمة للعالمين والحجة على الخلائق اجمعين السراج المنير رسول الله سيدنا محمد (صلى الله عليه واله الطيبين الطاهرين واصحابه المنتجبين الابرار) الى سندي وقوتي وملاذي صاحب القلب الكبير (أبي العزيز) اطال الله في عمره بالصحة والعافية الى من وضع الله تعالى الجنة تحت قدميها الى من كان دعائها سر توفيقي (**أمى الغالية)** أمد الله في عمرها بالصحة والعافية الى خالدة الذكر شقيقتي العزيزة (أم مصطفى) رحمها الله تعالى واسكنها فسيح جناته الى من صبرت معي وخففت عني أعباء الحياة وساندتني في السراء والضراء (زوجتي الغالية) الى أصحاب المكانة الكبيرة في قلبي (أخى وأخواتي) حفظهم الله الى زينة الحياة وبهجتي ومن اشد بهم أزري وحبهم نور دربي وفرحتي من الدنيا (أولادي) أصدقائي الاعزاء الى اساتذتي الكرام الى کل من وقف بجانبي المي کل من تنمی لي الخير

کرار

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين حمدا كثيرا طيبا مباركا تطيب به الحياة، والحمد لله حتى يبلغ الحمد منتهاه، الحمد لله حمدا تستديم به النعم، الحمد لله الذي فتح لي أبواب العلم ورزقني الصبر والإرادة والصلاة والسلام على سيدنا ومعلمنا محمد واله الطيبين الطاهرين واصحابه المنتجبين.

الفضل ينسب لله رب العالمين أولا واخرا وهو من جعل الفضل متداولا بين عباده.

أقدم شكري وتقديري الى عمادة كلية العلوم/ جامعة ديالي ورئاسة قسم الفيزياء لأتاحتهم الفرصة لى لإكمال مسيرتي العلمية.

وبعد فضل الله سبحانه وتعالى وتوفيقه لي في إتمام هذا البحث أتقدم بخالص شكري وامتناني الى استاذي المشرف أ.م.د. جاسم محمد منصور لاقتراحه موضوع البحث وللجهود الكبيرة وتوجيهاته القيمة والمستمرة التي كان لها الأثر الكبير في إتمام البحث داعيا الله له بدوام الصحة والعافية.

وشكري وامتناني لأساتذتي الكرام في قسم الفيزياء وخصوصاً (**أ.د. تحسين حسين مبارك و أ.د. نبيل علي بكر و أ.د. زياد طارق خضير و أ.د. صباح أنور سلمان و أ.م.د. عمار عايش حبيب و أ. أسعد أحمد كامل**) لما بذلوه من جهد وعطاء مستمرين بهما طوال در استي داعيا الله لهم دوام الصحة والعافية.

كما وأقدم شكري الى كل من كان عونا لي في بحثي هذا والى زملائي وزميلاتي في الدر اسات العليا وأخص بالذكر الأخوة: فيصل ليث احمد، إسماعيل صالح محمد، علي منهل حميد، محمد محمود عبد الرحمن، محمد علوان كاظم.

في الختام أقدم شكري وعرفاني بالجميل لزوجتي وأبنائي كافة اللذين كابدوا الكثير أثناء دراستي، وأقف عاجزا عن شكر هم لما منحوني إياه من رعاية وتشجيع طيلة فترة الدراسة والبحث داعيا الله لهم دوام الصحة والعافية والشكر موصول الى كل من ساهم من الأصدقاء والزملاء، في إتمام هذه الدراسة ولو بكلمة طيبة

کرار

الخلاصة

تم في هذه الدراسة، ترسيب أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة غير المطعمة الملدنة بدرجات حرارة (Co °C) (Zn والمطعمة ثنائياً بالخارصين (Zn) والكوبلت (Co) بالنسب الوزنية (Co), (A50, 550, and 650) والمطعمة ثنائياً بالخارصين (I + 1), (Co + 3), (Co + 5), (Co + 7), (Co + 7), (Co + 3), and (Co) بالنسب الوزنية (Co + 1), (Co + 2), (Co + 7), (Co + 5), (Co + 1)] [%. والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) للمحلول الهلامي (Sol-Gel) على قواعد زجاجية مصنوعة من الكوارتز (SiO). يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير التلدين والتطعيم الثنائي على الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية (تأثير هول) لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة المحضرة.

أظهرت نتائج أنماط حيود الاشعة السينية (XRD) أنَّ جميع الأغشية المحضرة متعددة التبلور (Polycrystalline) بطبيعتها وبتركيب من النوع المكعب (Cubic) وبالاتجاه السائد والمفضل للنمو (111) ولا يوجد تغيير للاتجاه السائد بارتفاع درجة حرارة التلدين أو تغير نسب التطعيم الثنائي، إذ أنَّ ارتفاع درجة حرارة التلدين وكذلك التطعيم الثنائي بالخارصين والكوبلت أديا إلى زيادة في شدة القمة لنمط حيود الاشعة السينية مع زيادة قيمة حجم البلوريات يرافقها نقص في قيم كل من الانفعال المايكر وي وكثافة الانخلاعات و عدد البلوريات مقارنة بأغشية CdO غير المطعمة والملدنة بدرجة حرارة واطئة. ووفقا لأطياف FTIR فقد أكدت بوضوح ظهور قمم اهتزاز المط للأصرة Od-O وانخفاض هذه القمم مع زيادة نسب التطعيم كما أظهرت اختفاء قمم الاهتزازات العريضة (O-H) بسبب التلدين العالي.

تم التأكد من وجود التراكيب النانوية للأغشية الرقيقة المحضرة من خلال التقنيات , (XRD) (AFM, FE-SEM) إذ أظهرت نتائج قياسات مجهر القوة الذرية (AFM) تأثر واضح في قيم كل من حجم الحبيبات وخشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة بتغير درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم للأغشية المحضرة. أما صور FE-SEM فأظهرت النمو الجيد وشبه المنتظم لأغشية CdO غير المطعمة، إذ تمتلك تركيبا شبه كروياً عند درجة حرارة التلدين (2° 350 and 450) وتتغير إلى أَشكال تشبه الأز هار النانوية (Nano-Flower) عند درجة (2° 500, and 650)، يصاحبها ظهور فراغات مع زيادة في قيم الحجم الحبيبي، واتخاذ الحبيبات اشكالاً تشبه الأحجار الصخرية الصغيرة حجم الحبيبات، كما بينت صور المقطع العرضي (Cauli-Flower) للأغشية المطعمة ثنائياً مع اختلاف في قيم حجم الحبيبات، كما بينت صور المقطع العرضي (Cauli-Flower) تأثر سمك الأغشية بعمليتي التلدين والتطعيم. تم التحقق من العناصر المكونة للأغشية (Cd, Co, Zn, and O) بواسطة EDS.

تم دراسة الخصائص البصرية من خلال تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية ضمن مدى الاطوال الموجية (mn 1000-200)، إذ بينت النتائج نقصان امتصاصية الأغشية للضوء الساقط مع زيادة في قيم النفاذية بزيادة الطول الموجي. وكذلك أظهرت النتائج زيادة في قيم كل من الانعكاسية ومعامل الامتصاص والثوابت البصرية (معامل الانكسار والخمود وثابت العزل البصري المعقد بجز أيه ومعامل الامتصاص والثوابت البصرية (معامل الانكسار والخمود وثابت العزل البصري المعقد بجز أيه الحقيقي والخيالي) بارتفاع درجة حرارة التلدين و عند التطعيم. وأنَّ قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات المياشرة المعقد براز التلدين و عند التطعيم. وأنَّ قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات المياشرة الماموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم وتتراوح قيمها المباشرة المسموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم وتتراوح قيمها المياشرة المسموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و معام الاندين و بعض نسب التطعيم وتتراوح قيمها المباشرة المسموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم وتتراوح قيمها المباشرة المسموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم وتتراوح قيمها المباشرة المسموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم وتتراوح قيمها المباشرة المسموحة أظهرت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم وتتراوح قيمها المباشرة المامين و المامورت تناقصاً بارتفاع درجة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم الثنائي ضائات و معانها باستخدام علاقة حرارة التلدين و بعض نسب التطعيم الثنائي مامدى المدى المامي المامي و المامين و معنون المدى مالموق الامتصاص العالية. أما قيم فجوة الطاقة غير المباشرة وطاقة اورباخ فقد تأثرا بشكل كبير بارتفاع درجة حرارة التلدين و تغير نسب التطعيم التنائي مامي المدى المامي و المامي و النت المامي و الطاقة غير الماشرة ولقيقة المحضرة.

تم دراسة الخصائص الكهربائية المتمثلة بقياسات تأثير هول والتي بينت بأن نوع حاملات الشحنة الأغلبية هو من النوع السالب (n-type) لجميع أغشية CdO غير المطعمة حيث لم تتأثر نوعية الشحنة الأغلبية هو من النوع السالب (n-type) لجميع أغشية CdO غير المطعمة حيث لم تتأثر نوعية الحاملات بارتفاع درجة حرارة التلدين، لكنها أظهرت تأثراً لبعض نسب التطعيم الثنائي، إذ تغيرت بنوعية الحاملات الى النوع الموجب (p-type). كما أظهرت نتائج تأثير هول أنَّ التطعيم الثنائي، إذ تغيرت بنوعية أن الحاملات الى النوع الموجب (p-type). كما أظهرت نتائج تأثير هول أنَّ التطعيم الثنائي ووعية الحاملات الى النوع الموجب (p-type). كما أظهرت النائج تأثير هول أنَّ التطعيم الثنائي ووعية أوعية الحاملات الى النوع الموجب (p-type). كما أظهرت النائج تأثير مول أنَّ التطعيم الثنائي ووعية أوعية أعلى والكوبلت يساهم بصورة عامة في تحسين الخصائص الكهربائية لأغشية أوكسيد الكادميوم وأنَّ أعلى توصيلية كهربائية كانت للغشاء المطعم ثنائياً بنسبة (m-type) (Zn + Co) wt.% [1⁻¹]، إذ بلغت وأنَّ أعلى توصيلية كهربائية كانت للغشاء المطعم ثنائياً بنسبة [$0.20 \times 10^{2} \, \mathrm{m} \, \mathrm{m}$

المحتويات

| رقم الصفحة | المحتوى | رقم الفقرة |
|------------|------------------------------|-------------|
| Ι | المحتويات | |
| V | قائمة الأشكال | |
| XV | قائمة الجداول | |
| XVI | قائمة الرموز | |
| XIX | قائمة المختصرات | |
| | المقدمة والدراسات السابقة | الفصل الأول |
| 1 | المقدمة | (1-1) |
| 1 | تصنيف مواد الحالة الصلبة | (2-1) |
| 3 | الأغشية الرقيقة | (3-1) |
| 3 | تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة | (4-1) |
| 5 | طريقة السائل الهلامي | (5-1) |
| 6 | تقنية الطلاء البرمي | (6-1) |
| 8 | أكاسيد التوصيل الشفافة | (7-1) |
| 8 | أوكسيد الكادميوم | (1-7-1) |
| 11 | أوكسيد الخارصين | (2-7-1) |
| 12 | أوكسيد الكوبلت | (3-7-1) |
| 13 | الدر اسات السابقة | (8-1) |
| 22 | هدف الدر اسة | (9-1) |

| | الجزء النظري | الفصل الثاني |
|----|---|--------------|
| 23 | المقدمة | (1-2) |
| 23 | أشباه الموصلات | (2-2) |
| 24 | التركيب البلوري لأشباه الموصلات | (3-2) |
| 24 | أشباه الموصلات البلورية | (1-3-2) |
| 24 | أشباه الموصلات أحادية التبلور | (1-1-3-2) |
| 24 | أشباه الموصلات متعددة التبلور | (2-1-3-2) |
| 25 | أشباه الموصلات العشوائية | (2-3-2) |
| 25 | الأواصر | (4-2) |
| 26 | حزم الطاقة في المواد الصلبة | (5-2) |
| 28 | تصنيفات أشباه الموصلات | (6-2) |
| 28 | أشباه الموصلات النقية (الذاتية) | (1-6-2) |
| 29 | أشباه الموصلات غير النقية (غير الذاتية) | (2-6-2) |
| 30 | تقذيات تطعيم أشباه الموصلات | (7-2) |
| 31 | تشخيص الأغشية المحضرة | (8-2) |
| 31 | الخصائص التركيبية | (1-8-2) |
| 31 | نمط حيود الأشعة السينية | (1-1-8-2) |
| 33 | المعلمات التركيبية | (2-1-8-2) |
| 35 | مجهر القوة الذرية | (3-1-8-2) |
| 36 | المجهر الالكتروني الماسح-الباعث للمجال | (4-1-8-2) |

| 38 | الخصائص البصرية | (2-8-2) |
|----|--|--------------|
| 38 | الامتصاصية | (1-2-8-2) |
| 39 | النفاذية | (2-2-8-2) |
| 39 | الانعكاسية | (3-2-8-2) |
| 40 | حافة الامتصاص الاساسية | (1-1-2-8-2) |
| 42 | الانتقالات الالكترونية | (4-2-8-2) |
| 45 | الثوابت البصرية | (5-2-8-2) |
| 48 | الخصائص الكهربائية | (3-8-2) |
| 48 | تأثير هول | (1-3-8-2) |
| | الجزء العملي | الفصل الثالث |
| 51 | المقدمة | (1-3) |
| 51 | منظومة الطلاء البرمي | (2-3) |
| 52 | تحضير الأغشية الرقيقة | (3-3) |
| 52 | تهيئة قواعد الترسيب | (1-3-3) |
| 53 | تحضير المحاليل | (2-3-3) |
| 56 | العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة | (3-3-3) |
| 56 | ترسيب الأغشية | (4-3-3) |
| 59 | قياس سمك الأغشية | (4-3) |
| 60 | القياسات التركيبية | (5-3) |
| 60 | تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) | (1-5-3) |

| 61 | قياسات مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) | (2-5-3) |
|-----|--|--------------|
| 61 | قياسات مجهر القوة الذرية (AFM) | (3-5-3) |
| 61 | قياسات المجهر الالكتروني الماسح-الباعث للمجال (FE-SEM) | (4-5-3) |
| 62 | القياسات البصرية | (6-3) |
| 63 | القياسات الكهربائية (تأثير هول) | (7-3) |
| | النتائج والمناقشة | الفصل الرابع |
| 65 | المقدمة | (1-4) |
| 65 | القياسات التركيبية والبنية الدقيقة | (2-4) |
| 65 | نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) | (1-2-4) |
| 85 | مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR) | (2-2-4) |
| 87 | نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) | (3-2-4) |
| 95 | نتائج المجهر الالكتروني الماسح-الباعث للمجال (FE-SEM) | (4-2-4) |
| 111 | القياسات البصرية | (3-4) |
| 111 | الامتصاصية | (1-3-4) |
| 114 | النفاذية | (2-3-4) |
| 116 | الانعكاسية | (3-3-4) |
| 118 | معامل الامتصاص | (4-3-4) |
| 120 | فجوة الطاقة البصرية | (5-3-4) |
| 121 | فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة | (1-5-3-4) |
| 123 | فجوة الطاقة البصرية للانتقالات غير المباشرة المسموحة | (2-5-3-4) |

| 126 | طاقة اورباخ | (6-3-4) |
|-----|---------------------------|-----------|
| 129 | الثوابت البصرية | (7-3-4) |
| 129 | معامل الانكسار | (1-7-3-4) |
| 131 | معامل الخمود | (2-7-3-4) |
| 134 | ثابت العزل البصري المعقد | (3-7-3-4) |
| 138 | نتائج القياسات الكهربائية | (4-4) |
| 142 | الاستنتاجات | (5-4) |
| 143 | المشاريع المستقبلية | (6-4) |
| 144 | المصادر | |

قائمة الأشكال

| رقم الصفحة | عنوان الشكل | رقم الشكل |
|------------|---|-------------|
| | | الفصل الأول |
| 2 | التوصيلية الكهربائية لبعض المواد الصلبة | (1-1) |
| 4 | مخطط تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة | (2-1) |
| 7 | مراحل عملية الطلاء البرمي | (3-1) |
| 9 | التركيب البلوري لأوكسيد الكادميوم | (4-1) |
| 11 | التركيب البلوري لأوكسيد الخارصين | (5-1) |

| 12 | التركيب البلوري لأوكسيد الكوبلت | (6-1) |
|----|--|--------------|
| | | الفصل الثاني |
| 25 | التركيب البلوري لأشباه الموصلات | (1-2) |
| 26 | أنواع الأواصر | (2-2) |
| 27 | حزم الطاقة في المواد الصلبة | (3-2) |
| 28 | فجوة الطاقة للمواد الصلبة | (4-2) |
| 30 | التطعيم في أشباه الموصلات | (5-2) |
| 32 | مخطط للمستويات البلورية وحيود براغ | (6-2) |
| 33 | نمط حيود الأشعة السينية للمواد | (7-2) |
| 36 | ألية عمل مجهر القوة الذرية | (8-2) |
| 37 | مخطط لجهاز المجهر الالكتروني الماسح-الباعث للمجال | (9-2) |
| 41 | مخطط مناطق الامتصاص لأشباه الموصلات | (10-2) |
| 42 | مخطط ذيول اورباخ | (11-2) |
| 45 | أنواع الانتقالات الالكترونية | (12-2) |
| 50 | ظاهرة تأثير هول | (13-2) |
| | | الفصل الثالث |
| 51 | جهاز الطلاء البرمي | (1-3) |
| 55 | المحاليل النهائية لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة ثنائيا قبل الترسيب | (2-3) |

| 58 | مخطط تفصيلي لخطوات تحضير أغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخار صين والكوبلت | (3-3) |
|----|--|--------------|
| 60 | مخطط للتشخيص بالأشعة السينية | (4-3) |
| 63 | مخطط أجزاء المطياف البصري | (5-3) |
| 64 | قاعدة النماذج التي توضىع عليها العينات مع صورة للعينات المحضرة بعد فحصها | (6-3) |
| | | الفصل الرابع |
| 67 | أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة | (1-4) |
| 67 | أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة للاتجاه السائد (111) | (2-4) |
| 68 | أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت | (3-4) |
| 68 | أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت للاتجاه السائد (111) | (4-4) |
| 69 | أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت | (5-4) |
| 69 | أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت للاتجاه السائد (111) | (6-4) |
| 70 | البطاقة الدولية القياسية (ICSD) ذات الرقم التسلسلي (0592-75) | (7-4) |

| 73 | ثابت الشبيكة كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير | (a 8-4) |
|-----|---|----------|
| | المطعمة | |
| 74 | ثابت الشيبكة كدالة لنسب التطعيم المتساوية لأغشية CdO غير | (b 8-4) |
| / T | المطعمة والمطعمة | |
| | | |
| 74 | ثابت الشبيكة كدالة لنسب التطعيم المختلفة لأغشية CdO غير | (c 8-4) |
| | المطعمة والمطعمة | |
| 75 | حجم البلوريات كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير | (a 9-4) |
| | المطعمة | |
| 76 | حجم البلوريات كدالة لنسب التطعيم المتساوية لأغشية CdO غير | (b 9-4) |
| | المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت | |
| 76 | | (0 4) |
| /6 | حجم البلوريات خذالة لنسب النطعيم المحتلفة لا عسية CdO عير | (c 9-4) |
| | المطعمة والمطعمة تناتيا بالحار صين والكوبلت | |
| 77 | العلاقة بين حجم البلوريات وعرض منتصف القمة العظمي | (d 9-4) |
| | للاتجاه السائد (111) كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO | |
| | غير المطعمة | |
| | العلاقة بين حجم البلوريات وعرض منتصف القمة العظمي | |
| 78 | للاتجاه السائد (111) كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير | (e 9-4) |
| 70 | المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| | العلاقة بين حجم البلوريات وعرض منتصف القمة العظمي | |
| 78 | للاتجاه السائد (111) كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير | (f 9_1) |
| 70 | المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | (1)-4) |
| 79 | عامل التشكيل كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير | (a 10-4) |
| | المطعمة | |
| | | |

| 80 | عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة | (b 10-4) |
|----|---|----------|
| | والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 80 | عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة | (c 10-4) |
| | والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 82 | الانفعال المايكروي وكثافة الانفعالات وعدد البلوريات كدالة | (a 11-4) |
| | لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة | |
| | الانفعال المايكروي وكثافة الانفعالات وعدد البلوريات كدالة لنسب | |
| 82 | التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب | (b 11-4) |
| | متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| | الانفعال المايكروي وكثافة الانفعالات وعدد البلوريات كدالة لنسب | |
| 83 | التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة | (c 11-4) |
| | بالخارصين والكوبلت | |
| 83 | العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانفعالات | (d 11-4) |
| | وعدد البلوريات كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير | |
| | المطعمة | |
| | العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانفعالات | |
| 84 | وعدد البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة | (e 11-4) |
| | والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| | العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانفعالات | |
| 84 | وعدد البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة | (f 11-4) |
| | والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 86 | أطياف الأشعة تحت الحمراء لأغشية CdO غير المطعمة | (12-4) |
| | والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت | |

| 92 | صور AFM ثنائية وثلاثية الابعاد لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت | (13-4) |
|-----|---|----------|
| 94 | مخطط توزيع وتراكيز الحجم الحبيبي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخار صين والكوبلت | (14-4) |
| 97 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-1) | (a 15-4) |
| 98 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-2) | (b 15-4) |
| 99 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-3) | (c 15-4) |
| 100 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-4) | (d 15-4) |
| 101 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-5) | (e 15-4) |
| 102 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-6) | (f 15-4) |
| 103 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-7) | (g 15-4) |
| 104 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-8) | (h 15-4) |
| 105 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-9) | (i 15-4) |

| 106 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع | (j 15-4) |
|-----|---|----------|
| | الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-10) | |
| 107 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع | (k 15-4) |
| | الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-11) | |
| 108 | صور FE-SEM مع صور للمقطع العرضي ومخطط التوزيع | (1 15-4) |
| | الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-12) | |
| 109 | سمك الغشاء كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير | (a 16-4) |
| | المطعمة | |
| 109 | سمك الغشاء كدالة لنسب التطعيم الثنائي لأغشية CdO غير | (b 16-4) |
| | المطعمة والمطعمة بالخارصين والكوبلت | |
| 110 | تحليلات (EDS) مع صور (Electron Image) لبعض | (17-4) |
| | الأغشية المحضرة | |
| 112 | طيف الامتصاصية لأغشية CdO غير المطعمة | (a 18-4) |
| 113 | طيف الامتصاصية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً | (b 18-4) |
| | بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 113 | طيف الامتصاصية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً | (c 18-4) |
| | بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 114 | طيف النفاذية لأغشية CdO غير المطعمة | (a 19-4) |
| 115 | طيف النفاذية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب | (b 19-4) |
| | متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 115 | طيف النفاذية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب | (c 19-4) |
| | مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 116 | طيف الانعكاسية لأغشية CdO غير المطعمة | (a 20-4) |

| 117 | طيف الانعكاسية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً | (b 20-4) |
|-----|--|----------|
| | بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 117 | طيف الانعكاسية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً | (c 20-4) |
| | بنسب مختلفة بالخار صين والكوبلت | |
| 119 | معامل الامتصاص لأغشية CdO غير المطعمة | (a 21-4) |
| 119 | معامل الامتصاص لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً | (b 21-4) |
| | بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 120 | معامل الامتصاص لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً | (c 21-4) |
| | بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| | قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح الناتجة من | |
| 122 | العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون و (αhv) لأغشية CdO غير | (a 22-4) |
| | المطعمة | |
| | قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح الناتجة من | |
| 122 | العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون و (αhv) لأغشية CdO غير | (b 22-4) |
| | المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| | قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح الناتجة من | |
| 123 | العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون و (αhv) لأغشية CdO غير | (c 22-4) |
| | المطعمة والمطعمة بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| | قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح الناتجة | |
| 124 | من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون و ^{1/2} (αhv) لأغشية CdO | (a 23-4) |
| | غير المطعمة | |
| | قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح الناتجة | |
| 125 | من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون و ^{1/2} (αhv) لأغشية CdO | (b 23-4) |
| | غير المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| | | |

| | قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح الناتجة | |
|-----|--|----------|
| 125 | من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون و ^{1/2} (αhv) لأغشية CdO | (c 23-4) |
| | غير المطعمة والمطعمة مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 127 | العلاقة بين طاقة الفوتون و [Ln(α] لأغشية CdO غير | (a 24-4) |
| | المطعمة | |
| 128 | العلاقة بين طاقة الفوتون و [Ln(α] لأغشية CdO غير | (b 24-4) |
| | المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 128 | العلاقة بين طاقة الفوتون و [Ln(α] لأغشية CdO غير | (c 24-4) |
| | المطعمة والمطعمة بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 130 | معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة | (a 25-4) |
| 130 | معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة | (b 25-4) |
| | والمطعمة بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 131 | معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة | (c 25-4) |
| | والمطعمة بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 132 | معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة | (a 26-4) |
| 133 | معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة | (b 26-4) |
| | والمطعمة بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 133 | معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير المطعمة | (c 26-4) |
| | والمطعمة بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 135 | ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير | (a 27-4) |
| | المطعمة | |
| 135 | ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير | (b 27-4) |
| | المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |

| 136 | ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير | (c 27-4) |
|-----|--|----------|
| | المطعمة والمطعمة بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 136 | ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير | (a 28-4) |
| | المطعمة | |
| 137 | ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير | (b 28-4) |
| | المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت | |
| 137 | ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية CdO غير | (c 28-4) |
| | المطعمة والمطعمة بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت | |
| 139 | تركيز الحاملات والتحركية والتوصيلية الكهربائية كدوال لدرجة | (a 29-4) |
| | حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة | |
| | تركيز الحاملات والتحركية والتوصيلية الكهربائية كدوال لنسب | |
| 140 | التطعيم الثنائي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بنسب | (b 29-4) |
| | متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت | |
| | تركيز الحاملات والتحركية والتوصيلية الكهربائية كدوال لنسب | |
| 140 | التطعيم الثنائي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بنسب | (c 29-4) |
| | مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت | |
| | | |

قائمة الجداول

| رقم الصفحة | عنوان الجدول | رقم الجدول |
|------------|--|--------------|
| | | الفصل الأول |
| 2 | التوصيلية الكهربائية النموذجية لبعض المعادن وأشباه المعادن وأشباه الموصلات والعوازل عند درجة حرارة الغرفة | (1-1) |
| 10 | بعض خصائص أوكسيد الكادميوم | (2-1) |
| | | الفصل الثالث |
| 54 | الكميات والنسب المستعملة في تحضير أغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت | (1-3) |
| | | الفصل الرابع |
| 71-72 | زوايا الحيود ومعاملات ميلر وعرض منتصف القمة العظمى والمسافات البينية والحجم البلوري للأغشية المحضرة | (1-4) |
| 85 | المعلمات التركيبية التي تم الحصول عليها من فحص الأشعة السينية للأغشية المحضرة | (2-4) |
| 88 | قيم خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة والحجم الحبيبي للأغشية المحضرة | (3-4) |
| 96 | قيم أكبر وأصغر حبيبة ووسيط ومعدل الحجم الحبيبي والانحراف المعياري للأغشية المحضرة | (4-4) |
| 126 | قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة وغير المباشرة المسموحة | (5-4) |
| 141 | نتائج قياسات تأثير هول لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخار صين والكوبلت | (6-4) |

قائمة الرموز

| الوحدة | المعنى | الرمز |
|----------------------|--|---------------------|
| nm | الطول الموجي | λ |
| degree (°) | زاوية حيود براك | θ |
| | معاملات ميلر | (hkl) |
| Å | المسافة بين المستويات البلورية | d_{hkl} |
| | مرتبة الحيود | n |
| Å | ثابت الشبيكة | a _o |
| eV/m ² .s | شدة الشعاع الساقط | Io |
| eV/m ² .s | شدة الشعاع النافذ | I _t |
| eV/m ² .s | شدة الشعاع الممتص | I _A |
| radian | عرض منحني منتصف القمة (FWHM) | β |
| nm | معدل الحجم البلوري | D _{ave} |
| nm | حجم البلوريات للمستوي (hkl) | D_{hkl} |
| | الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl) باستخدام XRD | I _(hkl) |
| | الشدة القياسية للمستوي (hkl) المعتمدة في البطاقة الدولية | I _{o(hkl)} |
| | عدد القمم الظاهرة في حيود الاشعة السينية | N |
| | الانفعال المايكروي | 3 |
| cm ⁻² | كثافة الانخلاعات | δ |

| cm ⁻² | عدد البلوريات | No |
|------------------|----------------------------------|-----------------|
| | الانعكاسية | R |
| | الامتصاصية | А |
| | النفاذية | Т |
| nm | سمك الغشاء | t |
| cm ⁻¹ | معامل الامتصاص | α |
| | ثابت التناسب | αο |
| eV | فجوة الطاقة البصرية | Eg |
| eV | طاقة الفوتون | hv |
| | معامل أسي يعتمد على نوع الانتقال | r |
| | ثابت يعتمد على طبيعة المادة | Р |
| eV | طاقة أورباخ | Eu |
| eV | طاقة الفونون | E _{ph} |
| | معامل الانكسار المعقد | N* |
| m/s | سرعة الضوء في الوسط | V |
| m/s | سرعة الضوء في الفراغ | С |
| | معامل الانكسار الحقيقي | n _o |
| | معامل الخمود | k _o |
| | ثابت العزل البصري المعقد | ε _o |
| | الجزء الحقيقي لثابت العزل البصري | ε |

| | الجزء الخيالي لثابت العزل البصري | ε2 |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| V | فولتية هول | $V_{\rm H}$ |
| (cm ³ /C) | معامل ہول | R _H |
| (cm ² /Vs) | تحركية هول (الشحنة) | μ_{H} |
| (cm) ⁻³ | تركيز حاملات الشحنة | n _H |
| Tesla | شدة المجال المغناطيسي | Bz |
| m/s | سرعة الانجراف | V_d |
| $(\Omega \text{ cm})^{-1}$ | التوصيلية الكهربائية | σ |
| mol/L | المولارية | М |
| g/mol | الوزن الجزيئي | M_{wt} |
| g/cm ³ | كثافة مادة الغشاء | ρ |
| rotation/min | rotation per minute | rpm |

قائمة المختصرات

| المعنى | المصطلح العلمي | المختصر |
|--|--|---------|
| حيود الأشعة السينية | X-Ray Diffraction | XRD |
| قاعدة بيانات التركيب البلوري للمركبات اللاعضوية | Inorganic Crystal Structure Database | ICSD |
| عرض المنحني لمنتصف القمة | Full Width at Half Maximum | FWHM |
| مطيافية الأشعة تحت الحمراء | Fourier Transform Infrared Spectroscopy | FTIR |
| مجهر القوة الذرية | Atomic Force Microscopy | AFM |
| المجهر الالكتروني الماسح-الباعث للمجال | Field-Emission Scanning Electron Microscopy | FE-SEM |
| الأشعة فوق البنفسجية | Ultra Violet | UV |
| حزمة التكافؤ | Valence Band | V.B. |
| حزمة التوصيل | Conduction Band | C.B. |

الفصل الأول

المقدمة

والدراسات السابقة

Introduction

يُعدُّ اكتشاف أشباه الموصلات أحد أهم الإنجاز ات العلمية والتكنلوجية الرئيسة في القرن العشرين ا وقد تسببت في تغيير ات اقتصادية كبيرة وريما غيرت الحضارة نفسها [1]، إذ استلزم التنوع الواسع في تطبيقات أشباه الموصلات مؤخراً الحاجة إلى مادة عالية الحساسية ويسهل تصنيعها في الوقت نفسه [2]. ويرجع العدد الهائل من التطبيقات الناجحة للأغشية الرقيقة لمجموعة متنوعة من الأغراض العلمية والهندسية والصناعية إلى حد كبير إلى الفهم العلمي المتزايد بسرعة لطبيعة العمليات المستخدمة في ترسيب الأغشية الرقيقة [3]، وخلال العقدين المنصر مين كان هناك زيادة في الاهتمام بتطوير أغشية. رقيقة من مواد أشباه موصلات مختلفة لتطبيقها في تضخيم الضوء والطلاء الانتقائي الشمسي والخلايا الشمسية وأجهزة الاستشعار وذاكرة الكتلة البصرية وكاشفات أشعة كاما وما إلى ذلك [4]. وتلعب الأغشية الرقيقة دورًا مهيمنًا في التكنولوجيا الحديثة ولها تطبيقات واسعة النطاق في مختلف قطاعات الصناعة الحديثة [5]، وأنَّ الاستخدام الأكثر انجاحًا وأهمية يظهر في التكنولوجيا الواسعة الانتشار للدوائر المتكاملة. ويظهر أيضًا كعناصر حيوية في مجالات متنوعة مثل أجهزة تحويل الطاقة الشمسية. وعناصر فائقة التوصيل [6]، ومؤخراً الأغشية الرقيقة من كالكوجينيدات الكادميوم (Cadmium) (Chalcogenides ومزجها مع عناصر من المجموعات III-VI تم تحديدها على أنها مرشحة واعدة خاصةً للتطبيقات الكهر وكيميائية الضوئية [7]، إذ تنتمي أشباه الموصلات المركبة إلى المجموعة الثانية. السادسة (II – VI)، ويسبب فجوة الطاقة المباشرة والكبيرة نوعًا ما، فهي تُعدُّ مواد مهمة جدًا لوجهة ا النظر العلمية والتكنولوجية[8].

(2-1) تصنيف مواد الحالة الصلبة (2-1)

تُعدُّ الحالة الصلبة إحدى حالات المادة وتتميز بجسيمات مرتبة بحيث يكون شكلها وحجمها مستقرين، إذ تنقسم المواد الصلبة حسب انتقال الشحنة الإلكترونية تقليديًا إلى: [9] (أولا) المعادن:

هي المواد التي تقع فيها حزمة الطاقة المملوءة بالإلكترونات بجوار مستوى الطاقة الحرة للالكترونات أو حتى تتداخل معها، وهي مفيدة بشكل خاص بسبب خصائصها عالية التوصيل الكهربائي، إذ تحتوي على عدد كبير جدًا من الإلكترونات الحرة التي يمكنها بسهولة تكوين تيار تحت تأثير المجال الكهربائي [11, 11].

(ثانيا) أشباه الموصلات:

هي المواد التي تكون خواصها الإلكترونية وسيطة بين خواص المعادن والعوازل [12]. ويتم تحديد خواصها الوسيطة من خلال التركيب البلوري وخواص الاواصر وتركيب حزم الطاقة [9].

(1-1) المقدمة

(ثالثا) العوازل:

هي مواد تكون فيها فجوة النطاق المحظورة واسعة جدًا لدرجة أنها تفشل في إظهار التوصيل الإلكتروني في الظروف الاعتيادية [13]. تم جدولة التوصيلات النموذجية لبعض المعادن وأشباه المعادن وأشباه الموصلات والعوازل عند درجة حرارة الغرفة في الجدول (1-1)، ولا يقتصر سلوك أشباه الموصلات على المواد الصلبة فهناك أشباه موصلات سائلة. وتم العثور على بعض الهيدروكربونات العطرية لتكون من أشباه الموصلات. وتصبح أشباه الموصلات معدنية (موصلة) عند تطعيمها بشكل كبير [11].

الجدول (1-1) التوصيلية الكهربائية النموذجية لبعض المعادن وأشباه المعادن وأشباه الموصلات والعوازل عند درجة حرارة الغرفة [14].

| مثال | $\sigma (\Omega.cm)^{-1}$ | نوع المادة الصلبة |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Ag Pb Cu Au | 10 ⁵ - 10 ¹⁰ | المعادن |
| HgTe Graphite (G), | $10^2 - 10^5$ | أشباه المعادن |
| Si, Ge, GaAs, ZnSe | $10^{-9} - 10^2$ | أشباه الموصلات |
| Quartz (SiO_2) , CaF ₂ | 10-9 | العوازل |

سنتناول دراسة المواد شبه الموصلة فقط في دراستنا الحالية، والشكل (1-1) يبين بعض أنواع المواد من حيث توصيليتها الكهربائية [15].



الشكل (1-1): التوصيلية الكهربائية لبعض المواد الصلبة [15].

Thin Films

(3-1) الأغشية الرقيقة

يستخدم مصطلح "الأغشية الرقيقة" لوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة معينة يتراوح سمكها بين 10 نانومتر وأقل من مايكر ومتر واحد (كونها رقيقة جدًا). وترسب طبقة الغشاء الرقيق على قواعد أو ركائز معينة تم اختيارها وفقًا لطبيعة الدراسة أو الحاجة العلمية، إذ يمكن أن تكون هذه القواعد شرائح زجاجية أو رقائق سيليكون أو ألومنيوم أو كوارتز أو غيرها. وتختلف الخصائص الفيزيائية للأغشية الرقيقة عن تلك المتعلقة بخواص المواد الحجمية [16]، إذ تم تصنيع هذه الأغشية لأول مرة بواسطة عن تلك المتعلقة بخواص المواد الحجمية [16]، إذ تم تصنيع هذه الأغشية لأول مرة بواسطة عن تلك المتعلقة بخواص المواد الحجمية [16]، إذ تم تصنيع هذه الأغشية لأول مرة بواسطة عن تلك المتعلقة بخواص المواد الحجمية [16]، إذ تم تصنيع هذه الأغشية لأول مرة بواسطة عام 1850 على على عام 1852 باستخدام التفاعل الكيميائي. وفي عام 1857 تمكن العالم فاراداي من الحصول على غشاء معدني رقيق عن طريق التبخير الحراري. تم استخدام هذه الأغشية الراداي من الحصول على غشاء معدني رقيق عن طريق التبخير الحراري. تم استخدام هذه الأغشية بشكل متنوع حيث يتم استعمالها في مجال تصنيع الوصلات n-n والتر التراري. تم استخدام هذه الأغشية بشكل متنوع حيث يتم استعمالها في مجال تصنيع الوصلات n-n والتراني الترايي من الحرول على غشاء معدني رقيق عن طريق التبخير الحراري. تم استخدام هذه الأغشية بشكل متنوع حيث يتم استعمالها في مجال تصنيع الوصلات n-n والتر الترايي من الحصول على غشاء معدني رقيق التبخير الحراري. تم استخدام هذه الأغشية بشكل متنوع حيث يتم استعمالها في مجال تصنيع الوصلات n-n والتر الترايي الترايي الترايي الترايي والترايي التبخير الحراري. والتور (Integrated Circuits) والنبائط فار اداي من الحموم والي والدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) والنبائط والمريية الطرفين كالمقومات (Optical Communications) والدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) والخواشف والموين كالمقومات (Optical Communications) والحواش والتحوي وألتو والتف والتوي والتوا النمسيري (Detectors) والخواشا البصرية) والموائف (Integrated circuits) والموائف) والكواشف البصرية (Integrated circuits) والتوا المصيري (Integrated circuits) والنوا والموي والمووع والموي الموي (Integrated cir

(4-1) تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة (4-1)

شهد مجال تحضير الأغشية الرقيقة تطوراً كبيراً مما أدى ذلك إلى ظهور التنوع في البحوث الخاصة بدراسة الخصائص الفيزيائية لهذه الأغشية. ولتحضير أغشية رقيقة ذات مواصفات على درجة عالية من النقاوة والدقة والسيطرة على سمك الغشاء وتجانسه يتطلب منظومات وأجهزة دقيقة ومعقدة ومكلفة جداً مما أدى كل ذلك إلى البحث عن طرق جديدة تكون فيها كلفة التحضير منخفضة وأجهزة التحضير أقل تعقيداً ومنها تقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) للمحلول ألهلامي (Sol-Gel) وألتي باستخدامها يمكن الحصول على أغشية بمواصفات جيدة للدراسة والإستفادة منها في التطبيقات العملية

وبشكل عام يمكن تقسيم تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة الى قسمين أساسيين هما: [18]. (أولا) التقنيات الفيزيائية (Physical Techniques): مثل الترسيب الفيزيائي للبخار (PVD) والترسيب الطباقي للشعاع الجزيئي (Molecular Beam Epitaxy) والترذيذ (Sputtering) وغيرها من التقنيات.

(ثانيا) التقنيات الكيميائية (Chemical Techniques): مثل الترسيب بالطور الغازي Gas Phase) (ثانيا) التقنيات الكيميائية (Solution Deposition) وكما موضح بالشكل (1-2) [19] وسيتم اعتماد تقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) للمحلول الهلامي (Sol-Gel) لتكون التقنية المتبعة في هذا البحث.



الشكل (1-2): مخطط تقنيات تحضير الاغشية الرقيقة [20].

Sol-Gel Method

(5-1) طريقة السائل الهلامي

تُعدُّ طريقة السائل الهلامي (Sol-Gel) إحدى الطرائق الكيميائية الواعدة في علم المواد، إذ تسمح بتصميم المادة المطلوبة في درجات حرارة مختلفة، ويُعدُّ المسار الذي يوفره هذا النظام هو الأكثر ملائمة لصنع المواد التي تتمتع بخواص فريدة بشكل عام [21]، إذ يتيح الوصول إلى أشكال متعددة يصعب الحصول عليها بطر ائق أخرى [22]، فهي تجمع بين التحكم في البنية المجهرية للتركيب على المستوى الذري والجزيئي والقدرة على تشكيل المواد وفق تكوينات مختلفة. وهي تعتبر طريقة مثالية لتحضير الألياف والمساحيق والمواد الخزفية والأنابيب النانوية والأغشية الرقيقة. ويستند مبدأ التوليف للسائل الهلامي على مادة كيميائية غروية تتمثل بمواد أولية ذات حالة صلبة لها قابلية على الذوبان في المذيبات لتنتج محاليل رائقة ومتجانسة تحت ظروف خاضعة للرقابة كالضغط ودرجة الحرارة وغيرها ثم يتم تحويل طور ها المشتت إلى مادة هلامية (Gel) لزجة نسبياً تحت تأثير الظروف ذاتها [23, 24]، إذ أَنَّ تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة اللزجة الهلامية تدعى بعملية السائل الهلامي -Sol) (Gel) [25] وتمثل تقنية كيميائية رطبة تستخدم لتكوين أكاسيد غروية من المحاليل الكيميائية أو من الجسيمات ذات المقياس النانوي الغروية ويدعى Sol ومن ثم نظام متكامل هلامي يدعى Gel، وأَنَّ الكوكسيدات المعدنية (Metal Alkoxides) هي أكثر العمليات تنوعاً لتحضير أكاسيد السائل الهلامي (Sol-Gel) حيث تخضع لأشكال متنوعة من تفاعل التحلل المائي والتكثيف المتعدد لتكوين المادة الهلامية، إذ يتكون النظام بصورة متجانسة داخل المذيب من جسيمات صلبة صغيرة يتراوح حجمها بين (1 نانومتر-1مايكرومتر)، وأنَّ التفاعل الكيميائي بين الماء والمادة الأولية تدعى بعملية التحلل المائي، إذ تتطلب إز الة المر احل المتبقية من السوائل (المذيبات) عمليات تجفيف وتكون عادة مصحوبة بكميات كبيرة من الانكماش والتكثف لتكوين المادة المسامية ويتم زيادة عملية التكثيف وتعزيز الخواص الميكانيكية عن طريق المعالجة الحرارية [24, 26]. وهنالك الكثير من المعلمات المؤثرة على عمليتي التكثيف والتحلل المائي في طريقة السائل الهلامي والتي تلعب دوراً مهماً في تحديد هيكلية وخصائص المواد المركبة وتشمل: الأس الهيدروجيني، النسبة المولارية، درجة الحرارة، نوع المادة، طبيعة المذيب، وظروف التعتيق (Ageing) والتجفيف (Baking or Drying) [27]. وهنالك ميزات أخرى تتمتع بها طريقة Sol-Gel مقارنة مع الطرائق الأخرى ومنها: (i) إمكانية الحصول على النقاوة العالية والتجانس العالى المطلوب باستخدام المحفزات الكيميائية كالمثبتات (Stabilizers)، (ii) إمكانية التحضير بحرارة واطئة تؤدى الى تقليل خطر التبلور وانفصال الاشكال والتفاعل (الاتحاد) بين المواد ذات الحرارة الواطئة مثل (البوليمرات، والمركبات العضوية، والسير اميك) [28].

ويمكن تقسيم عمليات الطلاء بطريقة السائل الهلامي (Sol-Gel) على النحو الآتي [29]:

Ide Coating).

- الطلاء بالترذيذ (Spray Coating).
- Inawdown Coating).
 - In Coating).

Spin Coating Technique

هي التقنية المستخدمة في در استنا الحالية لتحضير الأغشية الرقيقة، إذ وصفت لأول مرة من قبل (Emslie) وجماعته عام (1958)، ومن ثم إجراء تبسيطات عديدة عليها بو اسطة (Meyerhofer) في عام (1987) [30]، وتستخدم هذه التقنية على نطاق و اسع لطلاء الأغشية بسمك محدد على قاعدة مستوية [31]. يتم في عملية الطلاء البرمي وضع قطرات من المحاليل المراد ترسيبها على الركيزة (القاعدة) وبعدها تبدأ القاعدة بالدوران إلى أن يتم الوصول للسرعة المطلوبة عن طريق الاستفادة من المحاليل المراد ترسيبها على الركيزة القاعدة) وبعدها تبدأ القاعدة بالدوران إلى أن يتم الوصول للسرعة المطلوبة عن طريق الاستفادة من المواد المركزي والتي تعمل على انتشار المحلول على القاعدة وإخراج الفائض منه الى حافة الركيزة المراد الطرد المركزي والتي تعمل على انتشار المحلول على القاعدة وإخراج الفائض منه الى حافة الركيزة المراد الطرد عليها [32]. وأخيراً يترك الغشاء المرسب ليجف بعد الحصول على مقدار السمك المواد بعد تجفيفه وتلدينه (أي وضعه داخل فرن حراري لرفع صلادته وتماسكه وزيادة قوة تلاصقه المطلوب بعد تجفيفه وتلدينه (أي وضعه داخل فرن حراري لرفع صلادته وتماسكه وزيادة قوة تلاصقه المطلوب بعد تجفيفه وتلدينه (أي وضعه داخل فرن حراري لرفع صلادته وتماسكه وزيادة المرك ونسبة المطلوب بعد تجفيفه وتلدينه (أي وضعه داخل فرن حراري لرفع صلادته وتماسكه وزيادة وة تلاصقه المع القاعدة)، وأما الخصائص الأخرى فتعتمد على طبيعة كل من (لزوجة المحلول الهلامي ونسبة التجفيف وتركيز المواد الصلبة والشد السطحي وغيرها) [33]. ومراح إلى ألمالاء الدوراني مع القاعدة)، وأما الخصائص الأخرى فتعتمد على طبيعة كل من (لزوجة المحلول الهلامي ونسبة التجفيف وتركيز المواد الصلبة والشد السطحي وغيرها) [33]. ويمكن تقسيم عملية الطلاء الدوراني المراحل ألى مراحل أساسية عدة كما موضحة في الشكل (1-3) وهي [34, 35]:

1- مرحلة الترسيب او الطلاء (Deposition or Coating).

يتم في هذه المرحلة توزيع المحلول على القاعدة ويمكن طلاءه بطرائق عدة نذكر منها:

- أنْ يتم وضع فقط قطرة صغيرة في منتصف قاعدة الترسيب.
 - يتم غمر القاعدة بأكملها بالمحلول.
- أنْ يتم التدفق بصورة مستمرة على القاعدة إلى أن يغطى سطحها بأكمله، ويعتمد معدل
 القطرات على مساحة سطح القاعدة ولزوجة المحلول ليتم تغطية القاعدة بشكل كامل أثناء
 الدوران بسرعة عالية. وتستغرق هذه المرحلة بضع ثواني ليتم بعدها الانتقال الى مرحلة
 بدء التدوير.

2- مرحلة بدء التدوير (Spin up).
يتم في هذه المرحلة بدء تدوير القاعدة والوصول الى السرع المطلوبة وعادة ما تؤخذ ضمن المدى بين (I000-6000 rpm) وبفعل تأثير قوى الطرد المركزي يتم نشر المحلول لتغطية القاعدة حتى حافاتها الخارجية، ويعتمد سمك طبقات الغشاء والذي يفضل أَنْ يكون ضمن المدى

(6-1) تقنية الطلاء البرمي

النانوي (1μm >) في هذه المرحلة على كل من سرعة وزمن الدوران. ومن ثم الانتقال مباشرة إلى مرحلة إنهاء التدوير. 3- مرحلة انهاء التدوير (Spin off). يتم في هذه المرحلة إزالة السوائل الفائضة من سطح القاعدة بتطايره على شكل قطرات بسبب النقص في السرعة الذي قد يكون عدة الاف الى بضعة عشرات دورة لكل دقيقة Rotation) per Minute).

4- مرحلة تبخر المذيب (Solvent Evaporation).
يتم في هذه المرحلة تبخر المذيب وبدء عمليات النمو والتنوي للمواد المذابة في المحلول الهلامي
لإنتاج طبقة أو عدة طبقات منخفضية الانتشار تدعى بالغشاء الرقيق.



الشكل (3-1): مراحل عملية الطلاء البرمي (Spin Coating) [34]. (a) مرحلة الترسيب، (b) مرحلة بدء التدوير، (c) مرحلة انهاء التدوير، (d) مرحلة تبخر المذيب

وهنالك عوامل عدة يتعين النظر اليها تؤثر على طبيعة تجانس الغشاء مثل: (تركيز المحلول ولزوجة المحلول، وزمن الدوران وسرعة الدوران، ونسبة تبخر المذيب). وتمتلك تقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel Spin Coating Technique) إيجابيات عدة منها (سهولة الاستحصال على المعدات اللازمة لعملية الطلاء، ويمكن ترسيب أكثر من طبقة ولمحاليل مختلفة على القاعدة نفسها، وكما يمكن وبكميات صغيرة من المحلول تغطية سطح العينة بالكامل من السائل المراد طلاءه). أما سلبيات هذه التقنية فتكمن في إشكالية السيطرة على سمك الأغشية وتجانسها عند القواعد الكبيرة، وصعوبة الحصول على نقاوة داخل الطبقات، وتشترط خواص محددة للمذيبات [36].

(1-7) أكاسيد التوصيل الشفافة

Transparent Conducting Oxides (TCOs)

اتجهت البحوث الحديثة إلى الأكاسيد الموصلة الشفافة وذلك لأهميتها الكبيرة في التكنولوجيا، إذ استعملت بشكل واسع في العديد من التطبيقات منها المتحسسات الغازية ولوحات العرض المسطحة والنوافذ المعمارية وغيرها والمواد الالكترونية ذات أساس مؤلف من البوليمر [37]، ويمكن الحصول على الشفافية والتوصيلية العالية طبقة أو عدة طبقات رقيقة من أنواع مختلفة من المعادن المؤكسدة. وهذه الميزات يمكن الحصول عليها بشكل مناسب من أكاسيد الخارصين (ZnO) والانديوم (In₂O₃) والقصدير (SnO₂) والكادميوم (CdO) وسبائكها التي تكون على شكل طبقة رقيقة محضرة بإحدى تقنيات الترسيب. وفي عام (1907) ظهر أول بحث حول الأغشية الموصلة الشفافة من قبل الباحث (Badeker) تناول فيه تحضير أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة بتقنية الترذيذ بالأكسدة الحرارية للكادميوم [38]. وسنتناول بعض الأكاسيد الموصلة التي تخص دراستنا الحالية:

Cadmium Oxide (CdO)

(1-7-1) أوكسيد الكادميوم

يُعرف أوكسيد الكادميوم بأنه مركب كيميائي لا عضوي يمكن الحصول عليه (صناعياً) من التسخين الشديد لعنصر الكادميوم النقي في الهواء ولدرجة حرارة معينة (دون درجة انصهاره) أما مختبرياً فيتم تحضيره بأكسدة بخار الكادميوم المترسب بوجود الهواء وفي أفران خاصة له قابلية على الذوبان في الحوامض وأملاح النشادر ولا يذوب في الماء أو القواعد [40, 39].

يمتلك أوكسيد الكادميوم تواجداً في الطبيعة بهيئتين (صيغتين تركيبيتين) هما البلورية والعشوائية، وتمتاز هيئته التركيبية البلورية بأنها ذات لون بني في حين تمتاز هيئته التركيبية العشوائية بأنها عديمة اللون [41]. أما طبيعة تركيبه البلوري فانه ذو تركيب بلوري مكعب متمركز الأوجه مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم. وهذا يعني أنَّ خلية الوحدة الاعتيادية الواحدة لبلورة المركب تحتوي على أربع نقاط شبيكة يرافق كل نقطة من هذه النقاط أساس مكون من أيونين أحدهما أيون الكادميوم الموجبة رابعة (Cd⁺²). والأخر أيون الأوكسجين السالب (²⁻0)، وبذلك تضم خلية الوحدة الاعتيادية الوحدة أربعة أيونات كادميوم موجبة، وأربعة أيونات أوكسجين سالبة، أي أربع جزيئات من أوكسيد الكادميوم، تحتل أيونات الكادميوم الموجبة رؤوس الخلية المكعبة الثمانية ومراكز أوجهها الستة بينما تحتل أيونات الأوكسجين السالبة مركز الخلية المكعبة ومنتصف كل ضلع من أضلاعها الاثني عشر، وعلى هذا الأساس فأن كل أيون يكون محاطاً بستة أيونات مخالفةً له وتُعدُّ جاراً أول لذلك الأيون. [42] .ينتمي أوكسيد الكادميوم إلى المجموعة الثانية السادسة (II-II) كما هو الحال بالنسب لمعظم المركبات الموصلة الشفافة التي تمتلك فجوة طاقة كبيرة نوعاً ما [8].



الشكل (1-4): التركيب البلوري لأوكسيد الكادميوم(CdO) [43].

هنالك حاجة كبيرة لأكاسيد موصلة شفافة جديدة (TCOs) على شكل أغشية رقيقة لاستخدامها في التطبيقات البصرية والكهربائية مثل شاشات العرض والشاشات التي تعمل باللمس والخلايا الشمسية والأقطاب الكهربائية الموصلة الشفافة. بشكل عام متطلبات معظم التطبيقات مقاومة صغيرة وحركية عالية ونفاذية بصرية أعلى من 80٪. من بين أكاسيد المعادن العديدة جذبت أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة الكثير من الاهتمام بسبب خصائصها البصرية والفيزيائية والإلكترونية بما في ذلك انتقال ممتاز للضوء المرئي والتوصيلية الكهربائية الجيدة. من المعروف أَنَّ أوكسيد الكادميوم هو شبه موصل من نوع (n-type) ويمتلك فجوة طاقة مباشرة تتراوح بين 2.2eV الى 2.7eV. وهذه الخصائص تعتمد على التركيب المايكروي والنانوي وعلى التركيب البلوري لأوكسيد الكادميوم [44]. وفي الأجهزة ذات الحالة الصلبة يُعدُ أوكسيد الكادميوم (CdO) مادة شبه موصلة مهمة لتطوير التقنيات المختلفة، إذ أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة تكون شفافة لطيف الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم في المنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل المحتلفة، إذ أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة تكون شفافة لليف الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم في المنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم في المنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم المنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم المنظومات الشمسية الزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم ألمنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم ألمنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم ألمنظومات الشمسية لزيادة كفاءتها بسبب المتلكه لمعامل الحمراء، ويستعمل أوكسيد الكادميوم ألمنظومات الشمسية الزيادة الماري والأشعة تحت الحلايا الشمسية الخلايا الشمسية الخلايا الشمسية الخلايا الشمسية الخلايا الشمسية الخليا الشمسية الخليا الشمسية المال مالي في ولغان الخليان مالي المالي المالي المالي الشمسية ألمالي مالي مالي الخليا الشمسية ألمالي المالي مالي مالي الخليان المالي مالي مالي مالي مالي مالي ألمالي المالي المالي ألمالي ألمالي المالي المالي مالي ألمالي ألمالي ألمالي مالي مالي مالي مالي ألمالي ألمالي المالي ألمالي ألمالي مالي مالي ألمالي المالي ألمالي ألمالي المالي ألمالي ألمالي ألمالي ألمالي ألمالي ألمالي أ

الجدول (1-2): بعض خصائص أوكسيد الكادميوم [46].

| 1500 | درجة الانصهار (℃) | مادة صلبة | المظهر |
|-------|------------------------------|-----------|---------------------------|
| 4.695 | ثابت الشبيكة (Å) | بني | اللون |
| 8.15 | (Kg/m ³) الكثافة | 128.41 | الوزن الجزئيئي (g/mol) |

إنَّ أحد أكثر الطرق الفعالة هي بإضافة عنصر خارجي إلى تركيب أوكسيد الكادميوم لزيادة كفاءة الاستخدام سواء بالخلايا الشمسية او بالثنائيات الباعثة للضوء أو النوافذ الذكية أو الترانسز تورات أو المتحسسات الغازية وبهذا الخصوص فأنَّ خصائص التركيب البلوري والسطحي والبصري والكهربائي والميكانيكي يمكن تحسينها بالتطعيم بعنصر خارجي، إذ أنَّ تماسك الحجم الأيوني هو أحد أهم المؤثرات الواجب أخذها بنظر الاعتبار عند اختيار عنصر التطعيم. وجد أنَّ الخصائص الكهربائية وجد أنَّ الخصائص الكهربائي والميكانيكي يمكن تحسينها بالتطعيم بعنصر خارجي، إذ أنَّ تماسك الحجم الأيوني هو أحد أهم المؤثرات الواجب أخذها بنظر الاعتبار عند اختيار عنصر التطعيم. وجد أنَّ الخصائص الكهربائية لموائد الديمية المؤكمينية المؤكسية الواجب أخذها بنظر الاعتبار عند اختيار عنصر التطعيم. وجد أنَّ الخصائص الكهربائية أمو المؤكسية الواجب أخذها بنظر الاعتبار عند اختيار عنصر التطعيم. وجد أنَّ الخصائص الكهربائية أمو المؤكسية الواجب أخذها بنظر الاعتبار عند اختيار عنصر التطعيم. وجد أنَّ الخصائص الكهربائية أو كمين الواجب أخذها بنظر الاعتبار عند اختيار الموني لعنصر التطعيم. وجد أنَّ الخصائص الكهربائية أو كسيد الكادميوم ليكانية المؤكسية الخام الأوكسية الأو أصغر من أو أصغر من أو أصغر من التطور الأيوني للكادميوم يمكن التحكم الماذا كان نصف القطر الأيوني لعنصر التطعيم قريب أو أصغر من النصف القطر الأيوني الكادميوم للكادميوم(Å
Zinc Oxide (ZnO)

(1-7-2) أوكسيد الخارصين

يُعدُّ أوكسيد الخارصين مادة شبه موصلة شفافة ذات فجوة طاقة كبيرة (3.37 eV) وذو نفاذية عالية للضوء المرئي والأشعة فوق النفسجية و هو ذو تركيب سداسي متعدد التبلور، إذ يمتلك ثابت شبيكة مقداره (Å c = 5.12 Å, c = 5.12)، وإنَّ كل ذرة خارصين (Zn) تكون مرتبطة بشكل رباعي السطوح(Tetrahedrally) مع أربع ذرات اوكسجين (O)، وينتمي (ZnO) إلى المجموعة الثانية-السادسة (II-VI) ذو نصف قطر أيوني (Å A.7 = 0.74 Å) وبذلك فهو يمتلك نصف قطر أيوني أصغر من نصف القطر الأيوني للكادميوم (Å 20.5 = 20.50)، فيمكن استعماله في تطعيم أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة [48].

إهتم ألمجتمع العلمي مؤخراً بشكل واسع بدراسة أوكسيد الخارصين (ZnO)، إذ تم دراسته بصورة كبيرة منذ عام (1935) وذلك لأهمية هذا المركب في الصناعات والتكنلوجيا الحديثة حيث ترجع هذه الأهمية لامتلاكه فجوة طاقة واسعة مقدارها (3.37 eV) وطاقة ترابط (الكترون-فجوة) كبيرة مقدارها (60 meV) وبذلك فهو يستعمل في كثير من الأجهزة والنبائط المختلفة من ضمنها النبائط البصرية وفوق البنفسجية والنبائط الألكترونية والكهر وضوئية والمتحسسات والنبائطذات الأساس نانوي التركيب مثل أجهزة العرض (displays) [48].



الشكل (1-5): التركيب البلوري لأوكسيد الخارصين [49].

(1-7-1) أوكسيد الكوبلت

Cobalt Oxide (Co₃O₄)

جذبت المواد ذات الأساس المكون من أوكسيد الكوبلت (Co₃O₄) إهتماماً كبيراً في مجال التطبيقات العلمية والتكنلوجية وخصوصاً معدن أوكسيد الكوبلت ذو التركيب (Co^{II}Co^{III}₂O₄) وجذب

أيضاً الإهتمام في إنتاج متحسسات الحالة الصلبة و كمركبات لخزن الطاقة [50]، ويمتلك أوكسيد الكوبلت تركيب بلوري من النوع المكعب (Cubic)، إذ يتكون التركيب البلوري لأوكسيد الكوبلت من أيون الكوبلت (+20) بحالتي أكسدة (+20) و (+20) مختلفتين شاغلة بذلك مواقع رباعية الأسطح (88) وثمانية الاسطح (164) على التوالي وثابت شبيكة مقداره (Å 8.08) ونصف قطر ايوني 0.72) (Å [51]، ويمتلك أوكسيد الكوبلت توصيلية من نوع p-type عند درجات الحرارة الواطئة وتوصيلية n-type عند درجات الحرارة العالية وهو ذو فجوة طاقة مقدار ها (1.6 ها) (1.6 ها)



الشكل (1-6): التركيب البلوري لأوكسيد الكوبلت (II) [52].

Litreture Survay

(1-8) الدراسات السابقة

- قام الباحثون (Cdosh et al., 2005) [54] بدراسة تراكيب من أغشية أوكسيد الكادميوم نانوية التركيب والمحضرة بتقنية الطلاء بالغطس للمحلول الهلامي (Sol-Gel) على قواعد من السيليكون والزجاج. وأظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) المحضرة هي من النوع المكعب وأنَّ شدة قمم حيود الأشعة السينية (XRD) تزداد أيّ أنَّ المادة قد تحسن تبلور ها عند درجات الحرارة العالية وبينت صور المجهر الالكتروني الماسح (SEM) بأنَّ ترداد أيّ أنَّ المادة قد تركيب أغشية أوكسيد الكادميوم (OdO) تدعس تبلور ها عند درجات الحرارة العالية وبينت صور المجهر الالكتروني الماسح (SEM) بأنَّ تركيب أغشية أوكسيد الكادميوم (OdO) متناهية الصغر هي بمعدل حجم حبيبي يقع بين -1.6) تركيب أغشية أوكسيد الكادميوم (OdO) متناهية الصغر هي بمعدل حجم حبيبي يقع بين -6.0) الأغشية المحضرة ذات نفاذية قيمتها تقريبا (% 75) ضمن مدى الأطوال الموجية (Sem) (MR) ومعروم (MR) ومعروم (OdO).
- استخدم الباحثون (Leon Gutierrez et al., 2006) [55] تقنية الترسيب بالحمام المائي(Chemical Bath Deposition) لتحضير أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة بالقصدير (Sn) وكانت جميع الأغشية المحضرة متبلورة لمادة (CdO₂) ومن خلال التلدين تتحول الى (CdO) بتركيب من النوع المكعب. وتمتلك الأغشية غير المطعمة فجوة طاقة بصرية تتراوح قيمتها بين (CdO) ولها توصيلية كهربائية (¹-(Ω. cm)) * 00 × 10⁻⁴ (Ω. cm).
- قام الباحث (Ilican et al., 2009) وآخرون [56] بتحضير أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة بالألمنيوم (AI) بالنسب الوزنية (%xel, and 3 wt) على قواعد زجاجية بطريقة الإذابة بالمحلول ألهلامي (Sol-Gel) وأظهرت نتائج حيود الأشعة السينية (XRD) أنَّ جميع الأغشية المحضرة غير المطعمة منها والمطعمة بالألمنيوم كانت متعددة التبلور جميع الأغشية المحضرة غير المطعمة منها والمطعمة بالألمنيوم كانت متعددة التبلور جميع الأغشية المحضرة غير المطعمة منها والمطعمة بالألمنيوم كانت متعددة التبلور الالكان والمعمة بالألمنيوم (200) أنَّ المحضرة غير المطعمة منها والمطعمة بالألمنيوم كانت متعددة التبلور جميع الأغشية المحضرة غير المطعمة منها والمطعمة بالألمنيوم كانت متعددة التبلور الالكان والمنعمة المائد والمفصل للنمو (111). وبينت نتائج التلاح المائد والمفصل للنمو (201) أنَّ القياسات البصرية أنَّ قيمة فجوة الطاقة البصرية (Qptical Energy Gap) لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة تزداد بزيادة نسب التطعيم من (2010) للأغشية غير المطعمة الى الكادميوم غير المطعمة تزداد بزيادة نسب التطعيم من (2010) للأغشية فير المطعمة الى الكادميوم غير المطعمة الى التحرية (300)، وكذلك تم اعتماد طيف النفاذية وطيف الكادميوم ليز أيشية المحرية للأغشية المحضرة من معامل انكسار ومعامل الخمود وثابت الانعكاسية لحساب الثوابت البصرية للأغشية المحضرة من معامل انكسار ومعامل الخمود وثابت العزل البصري بجز أيه ألحقيقي والخيالي.
- درس الباحث (Kumaravel et al., 2010) وآخرون [57] تأثير التطعيم بالانديوم (In) على
 أغشية أوكسيد الكادميوم المحضرة بطريقة التحلل الحراري على قواعد مصنوعة من الزجاج

وبتراكيز تطعيم مختلفة (%x = 2-8 wt) في محلول الترذيذ، إذ بينت فحوصات حيود الأشعة السنية (XRD) بأنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة أنها متعددة التبلور وبالاتجاه السائد (200). وأَنَّ زيادة تركيز التطعيم يؤدي إلى زيادة في شدة قمم الحيود للأغشية وإعادة التوجيه البلوري باتجاه المستوي البلوري (111). وبينت الفحوصات البصرية أَنَّ قيمة فجوة الطاقة البصرية ترداد بازدياد نسب التطعيم، إذ بلغت أعلى قيمة لها (2.72 eV) عند (% wt) عند (% wt) عنها متعدد التبلوري الخاصية وإعادة التوجيه البلوري باتجاه المستوي البلوري (211). وبينت الفحوصات البصرية أَنَّ قيمة فجوة الطاقة البصرية ترداد بازدياد نسب التطعيم، إذ بلغت أعلى قيمة لها (2.72 eV) عند (% wt) عنه الكادميوم الكادميوم الكادميوم الكادميوم الكادميوم الملعم وراك (2.30 eV) الغشاء أوكسيد الكادميوم الكادميوم الكادميوم الملعم وراك (2.36 eV) الغشاء غير المطعم.

- حضًر الباحث (Khan et al., 2010) وآخرون [58] أغشية أوكسيد الكادميوم النانوية بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ودراسة تأثير تطعيم أغشية (CdO) بالألمنيوم (Al)، إذ بينت الدراسة أنَّ تبلور الأغشية عالي وحجمها البلوري يبلغ (mas 2 nm) وتركيبها البلوري من النوع المكعب وثابت شبيكتها يساوي (As 2 nm). ووجد أنَّ فجوة الطاقة المباشرة لأغشية أوكسيد الكادميوم وثابت شبيكتها يساوي (As 7 nm). ووجد أنَّ فجوة الطاقة المباشرة لأغشية أوكسيد الكادميوم وثابت شبيكتها يساوي (As 7 nm). ووجد أنَّ فجوة الطاقة المباشرة لأغشية أوكسيد الكادميوم وثابت شبيكتها يساوي (As 7 nm). ووجد أنَّ فجوة الطاقة المباشرة لأغشية أوكسيد الكادميوم في را المطعمة هي (As 7 nm). ووجد أنَّ فجوة الطاقة المباشرة لأغشية أوكسيد الكادميوم في را المطعمة هي (As 7 nm). ووجد أنَّ فجوة الطاقة المباشرة لأغشية أوكسيد الكادميوم في بير المطعمة هي (As 7 nm). ووجد أنَّ فجوة الطاقة المباشرة لأغشية أوكسيد الكادميوم في النفاذية البصرية. وتبين أيضاً أنَّ ثابت العزل ومعامل الانكسار يتغيران مع تغير تركيز As وطاقة الفوتون. أظهرت نتائج القياسات الكهربائية أنَّ الأغشية غير المطعمة تتصرف كمواد عازلة عند درجات الحرارة المنخفضة جداً وسلوكها هذا يتغير مع التطعيم بالألمنيوم. وقد أظهرت أيضاً أنَّ الإغشية المن المطعمة تنصرف كمواد عازلة عند درجات الحرارة المنخفضة جداً وسلوكها هذا يتغير مع التطعيم بالألمنيوم. وقد أظهرت أيضاً نتائج القياسات الكهربائية أنَّ الأغشية غير المطعمة تنصرف كمواد عازلة عند درجات الحرارة المنخفضة جداً وسلوكها هذا يتغير مع التطعيم بالألمنيوم وقد أظهرت أيضاً انتائج القياسات الكهربائية أنَّ الأغشية عبر المطعمة تصرفي مواد عازلة عند درجات الحرارة المنخفضة جداً وسلوكها هذا يتغير مع التطعيم بالألمنيوم وقد أظهرت أيضاً النائج الملاحل القياسات الكهربائية أنَّ الأغشية مين النوع السالب (عراري وراري أيضاً النائج الملاحل المحضرة تمتلك حاملات شحنة من النوع السالب (n-type)) وتركيز حاملات الشحنة من النوع السالب (n-type)) وتركيز حالات الشحنة من النوع السالب (n-type)) وتركيز الملاحل الملاحل الملاحل الملاحل الملحضرة الملاحل الملحل الملحل الملاحل الملحل الملاحل الملحل الملحل
- حضَّر الباحث (Sol-Gel) وأغشية أوكسيد الكادميوم نانوية التركيب غير المطعمة والمطعمة بالنيكل (Ni) بطريقة الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel) وأظهرت نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة تشكلت من جسيمات نانوية التركيب وأنَّ الحجم الحبيبي يتغير مع تغير تركيز النيكل. وبينت نتائج قياسات حيود الأشعة السينية أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة تشكلت من جسيمات نانوية أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة تشكلت من جسيمات نانوية أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة تشكلت من جسيمات نانوية التركيب وأنَّ الحجم الحبيبي يتغير مع تغير تركيز النيكل. وبينت نتائج قياسات حيود الأشعة السينية أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم في معددة التبلور وذات تركيب أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة بالنيكل (Ni) هي متعددة التبلور وذات تركيب معبي مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم (Iac) وأنَّ قمم الحيود تشير إلى أنَّ الاتجاهات البلورية السائدة هي باتجاه المستوي (I11) والمستوي (200). وأظهرت النتائج البصرية أنَّ قيم محبي مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم (Iac) والمستوي (200) وأظهرت النتائج البصرية أنَّ قيم محبي مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم (Iac) والمستوي (200) وأخ قمم الحيود تشير إلى أنَّ الاتجاهات البلورية السائدة هي باتجاه المستوي (Iac) والمستوي (200). وأظهرت النتائج البصرية أنَّ قيم محبي مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم بير المطعمة تقع ضمن المدى (Yac) والمريدا إلى ألمن قيم فجوة الطاقة لإغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة تقع ضمن المدى (Wac) والاداد في قيمة فجوة الطاقة البصرية والحبم الحبيبي لأغشية أوكسيد الكادميوم عن الدرات النيكل (Ni)
- قام الباحث (Serbetci et al., 2011) و آخرون [60] بتحضير ودراسة أغشية أوكسيد الكادميوم
 غير المطعمة و المطعمة بالأنتيمون (Sb) بطريقة الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel). تم
 فحص الخصائص التركيبية بو اسطة مجهر القوة الذرية (AFM) و تبين أَنَّ تركيب أغشية (CdO)

الرقيقة تحول من حجم مايكروي إلى نانوي عند تطعيمها بالأنتيمون (Sb) وأظهرت نتائج قياسات الامتصاصية البصرية أنَّ فجوة الطاقة تتغير بتغير نسب التطعيم، إذ أَنَّ قيم فجوة الطاقة البصرية لأغشية (CdO) المطعمة بالأنتيمون بالنسب (%x 2.0 , 1.0, and 2.0 wt) كانت ,2.28) لأغشية (CdO) المطعمة بالأنتيمون بالنسب (%it الثوابت البصرية الأخرى مثل معامل الانكسار وثابت العزل تم حسابها من البيانات البصرية.

- درس الباحث (Cu) على أفشية (Gupta et al., 2011) وآخرون [61] تأثير التطعيم بالنحاس (Cu) على أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة نانوية التركيب والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) للمحلول الهلامي (Sol-Gel). وتم استخدام مجهر القوة الذرية للكشف عن الحجم الحبيبي والتركيب السطحي وأظهرت قياسات (AFM) أنَّ الحجم الحبيبي للغشاء هو نانوي التركيب ويتناقص بزيادة السطحي مالنحاس (Cu) وبينت القياسات البصرية أنَّ فجوة الطاقة تزداد بزيادة نسب التطعيم بالنحاس.
- قام الباحث (2013) والمحتوم الرقيقة نانوية التركيب المحضرة بطريقة الطلاء البرمي على خصائص أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة نانوية التركيب المحضرة بطريقة الطلاء البرمي (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) والمطعمة بتراكيز مختلفة من (Te) 10 (Sol-Gel) والمطعمة بتراكيز مختلفة من (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) والمطعمة بتراكيز مختلفة من (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (Sol-Gel) والمطعمة بتراكيز مختلفة من (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) والمطعمة بتراكيز مختلفة من (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) و (x = 1, 3, 5, 7, and 10 (Te)) الحبري المبتوي البلوري (Te) (X = 1, 1, 10)) و ترداد قيمة فجوة الطاقة البصرية من (X = 1, 1, 10) (Te) (Te) (Te) (Te)) الحبيبي يزداد من (R = 1, 1, 10) (Te)) و ترداد قيمة فجوة الطاقة البصرية من (X = 1, 10) (Te)) (Te) (Te))
- درس الباحث (Alkhayat et al., 2014) [63] وآخرون تأثير التلدين على أغشية أوكسيد (Sol الكادميوم الرقيقة ذات التراكيب النانوية والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي -Sol (De وبعد ترسيب أربعة طبقات على قواعد زجاجية وتجفيفها بدرجة حرارة مقدراها (20 00) ومن ثم تلدين العينات عند درجات حرارة (20 °C) (300, 400, and 500 °C) . بينت نتائج فحوصات نمط حيود الاشعة السينية (XRD) التركيب المتعدد التبلور للأغشية من النوع المكعب مشابه لبلورة (NaCl) ، وأظهرت صور (NaCl) أنَّ الحجم الحبيبي لأغشية (CdO) يزداد مع زيادة درجة حرارة التادين العينية المحمر المورة (20 °C) وهذا يبين أنَّ الأغشية المحضرة هي نانوية درجة حرارة التلدين ضمن المدى (Sol مقدراها (Cd)) وهذا يبين أنَّ الأغشية المحضرة هي نانوية النوية درجة حرارة التلدين ضمن المدى (Sol معد التبلور) وهذا يبين أنَّ الأغشية المحضرة مع نانوية النوية النوية النوية المحمرة من النوع المحضرة مع نانوية حرارة (Sol معدين العنية المحضرة مع نانوية النوية النوية النوية النوية النوية النوية النوية النوية المحضرة المحضرة التلدين ألمحضرة المحضرة المحضرة المحضرة التانوية النوية المحضرة التادين ألمحضرة التلدين ألمحضرة التبلورة المحضرة النوية المحضرة النوية حربة المحضرة المحضرة النوية النوية النوية النوية النوية النوية النوية النوية النوية المحضرة المحضرة النوية المحضرة المحضرة المحضرة التلدين ضمن المدى (Sol مع زيادة درجة) وهذا يبين أنَّ الحجم الحبيبي ألمحضرة النوية المحضرة المحضرة المحضرة النون النوية النوية النوية النوية النوية النوية المحضرة المحضرة المدى (Sol مع زيادة النوية ا

التركيب. وأظهرت القياسات البصرية زيادة الامتصاصية ونقص النفاذية مع ارتفاع درجة حرارة التلدين يرافقها نقص في قيم فجوة الطاقة من (2.556 eV) الى (2.081 eV) عند درجات حرارة التلدين (°C 300-400) على التوالي.

- درس الباحث (Ubale et al., 2014) وآخرون [64] الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية (CdO) التي تم ترسيبها بتقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel) وأظهرت قياسات نمط حيود الأشعة السينية وقياسات المقاومية الكهربائية والقياسات البصرية على التوالي أنَّ الأغشية المحضرة ذات تراكيب نانوية متعددة التبلور من النوع المكعب، وأنَّ التغير في قيم المقاومية الكهربائية مع تغير درجة الحرارة يؤكد بأنَّ الأغشية ذات طبيعة شبه موصلة، وأنَّ قيمة فجوة الطاقة البصرية المحرية المحرية الطاقة البصرية لغشاء أوكسيد الكارمية الكهربائية أوكسيد الكامي (3.42 eV).
- قام الباحث (Hymavathi et al., 2014) وآخرون [65] بدراسة تأثير درجة الحرارة على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة المطعمة بالكروم والمحضرة باتقانية الترذيذ الممغنط التفاعلي المستمر (DC Reactive Magnetron Sputtering) والمرسبة على قواعد زجاجية عند درجات حرارة مختلفة. أظهرت نتائج (XRD) أنَّ الأغشية متعددة التبلور من النوع المكعب بالاتجاه السائد والمفضل للنمو (200). تم دراسة التركيب السطحي النانوي وتركيز العناصر داخل مادة الغشاء بواسطة (EDS) من النوع المكعب بالاتجاه السائد والمفضل للنمو (200). تم دراسة التركيب السطحي النانوي وتركيز العناصر داخل مادة الغشاء بواسطة (FE-SEM) وطيف (EDS) على التوالي. وأظهرت نتائج القياسات الكهربائية أنَّ أقل مقاومية كهربائية للأغشية المطعمة كانت ⁴⁻⁰¹/1921]
 وتركيز العناصر داخل مادة الغشاء بواسطة (SEC). وبينت الفحوصات البصرية أنَّ حافة الامتصاص التوالي. وأظهرت النائج القياسات الكهربائية أنَّ أقل مقاومية كهربائية للأغشية المطعمة كانت ⁴⁻⁰¹/1922]
 وتركيز العناصر داخل مادة الغشاء بواسطة (SEC). وبينت الفحوصات البصرية أنَّ حافة الامتصاص النائج القياسات الكهربائية أنَّ أقل مقاومية كهربائية للأغشية المطعمة كانت ⁴⁻⁰¹/1923]
 وتركيز العناصر داخل مادة الغشاء مواسطة (SEC). وبينت الفحوصات البصرية أنَّ حافة الامتصاص البصرية أنَّ حافة الرمالي البصرية المائمة الرابية الول موجي مع ارتفاع درجة حرارة القاعدة. وأنَّ فجوة الطاقة البصرية البصرية الجهت باتجاه أقل طول موجي مع ارتفاع درجة حرارة القاعدة وتعزى هذه الزيادة البصرية البصرية الحمن بالكروم إذدادت قيمتها مع ارتفاع درجة حرارة القاعدة وتعزى هذه الزيادة البلاس البلان يتأثير (CO)) المطعم بالكروم إذدادت قيمتها مع ارتفاع درجة حرارة القاعدة وتعزى هذه الزيادة البلانية الريادة البلانة الرصادي البلان البلان الخشاء وإلى تأثير (Burstein-Moss).
- درس الباحث (El Sayed et al., 2014) وآخرون [66] الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الكادميوم النانوية المطعمة بالكوبلت (Co) بنسب وزنية (Co % 8.0 wt.%)
 والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) للمحلول الهلامي (Sol-Gel) على قواعد والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي (XRD) أنَّ أغشية (CdO) النانوية ذات تراكيب متعددة التبلور من النوع المكعب وأنَّ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة للكوبلت (Co). وأظهرت صور (AFM) أنَّ أغشية (CdO) النانوية ذات تراكيب متعددة التبلور من النوع المكعب وأنَّ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة للكوبلت (Co). وأظهرت صور (AFM) تتاقص حجم الحبيبات لأغشية (CdO) بارتفاع نسب التطعيم بالكوبلت (Co). وبينت نتائج القياسات النوع المكعب وأنَّ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة الكوبلت (Co). وأظهرت معرد القياسات النوع المكعب وأنَ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة الكوبلت (Co). وأظهرت معر القياسات النوع المكعب وأنَ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة الكوبلت (Co). وأظهرت معر (AFM) النوع المكعب وأنَ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة الكوبلت (Co). وأظهرت معر القياسات النوع المكعب وأنَ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة الكوبلت (Co). وأظهرت معر (Dr) النوع المكعب وأنَ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة الكوبلت (Co). وأظهرت معر القياسات النوع المكعب وأنَ التبلور قد تدهور عند النسب المرتفعة الكوبلت (Co). والظهرت معر التواع نسب التطعيم بالكوبلت (Co). والتوصيلية البصرية من (Co والتوصيلية البصرية مع ارتفاع نسب التطعيم بالكوبلت (Co)، كما تحسنت خواص كل من معامل الانكسار والتوصيلية البصرية مع ارتفاع نسب ارتفاع نسب التطعيم بالكوبلت (Co)، كما تحسنت خواص كل من معامل الانكسار والتوصيلية البصرية مع ارتفاع نسب ارتفاع نسب التطعيم بالكوبلت (Co)، كما تحسنت خواص كل من معامل الانكسار والتوصيلية البصرية مع ارتفاع نسب ارتفاع نسب التطعيم بالكوبلت (Co)، كما تحسنت خواص كل من معامل الانكسار والتوصيلية البصرية مع اررتفاع نسب التطعيم بالكوبلت.

- . درس الباحث (Usharani et al., 2015) [67] وآخرون تأثير تركيز التطعيم بالمغنيسيوم على الخصائص التركيبية والسطحية والبصرية والكهربائية لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة نانوية النوية والمراب التركيب والمحضرة بتقنية الرش الحراري الكيميائي والمرابة على قواعد زجاجية عند درجة حرارة (C) (XRD) وبنسب تطعيم (%, and 8 wt.) أنَّ حرارة (C) تائخ (XRD)) أنَّ جميع الاغشية متعددة التبلور من النوع المكعب وباتجاه سائد ومفضل (111). وأظهرت فحوصات جميع الاغشية متعددة التبلور من النوع المكعب وباتجاه سائد ومفضل (111). وأظهرت فحوصات (SEM) تحول شكل السطح من حبيبات كروية الى شكل row (%). أظهرت نتائج القياسات التطعيم بالمغنيسيوم (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%). أظهرت نتائج القياسات (XRD) تحول شكل السطح من حبيبات كروية الى شكل row (%). أظهرت نتائج القياسات (XRD) التطعيم بالمغنيسيوم (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%). متلك أصغر مقاومية كهربائية قيمتها الكهربائية أنَّ الأغشية المطعمة (CdO:Mg) بنسبة (%) تمتلك أصغر مقاومية كهربائية قيمتها الكهربائية أنَّ الأغشية المطعمة (CdO:Mg) بنسبة (%) تمتلك أصغر مقاومية كهربائية قيمتها الكهربائية أنَّ الأغشية المطعمة (CdO:Mg) بنسبة (%) ماعدا (10. ماعال (%) الكهربائية أنَّ الأغشية المطعمة (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%) ماعدا مقاومية كهربائية قيمتها الكهربائية أنَّ الأعشية المطعمة (%) بنسبة (%) ماعدا معار (%) ماعدا (%) ماعدا (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%) ماعدا معار (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%) ماعدا معار (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%) ماعدا معار (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%) ماعدا (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%) ماعدا معار (%) ماعدا (%) ماعدا (%) ماعدا (%) ماعدا (%) ماعدا الأغشية المطعمة بنسبة (%) ماعدا معار (%) ماعدا (%) ماعد
- قام الباحث (Jbaier., 2015) [68] بدراسة تأثير التلدين على خصائص أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة المحضرة بطريقة الرش الحراري الكيميائي والمترسبة على قواعد مصنوعة من الزجاج الاعتيادي. تم دراسة الخواص التركيبية والبصرية للأغشية المحضرة عند درجات حرارة تلدين مختلفة (200 معنو). وأظهرت نتائج فحوصات نمط حيود الاشعة السينية أنَّ تلدين مختلفة (2^o 200, and 300). وأظهرت نتائج فحوصات نمط حيود الاشعة السينية أنَّ الأغشية المحضرة متعددة التبلور ذات شبيكة من النوع المكعب باتجاه سائد ومفضل للنمو للمستوي الأغشية المحضرة متعددة التبلور ذات شبيكة من النوع المكعب باتجاه سائد ومفضل للنمو للمستوي الأغشية المحضرة متعددة التبلور ذات شبيكة من النوع المكعب باتجاه سائد ومفضل للنمو للمستوي البلوري (111). واظهرت نتائج القياسات البصرية باستعمال مطياف (UV-VIS) مند رفع درجة حرارة التلدين من (20 20.50) وهذا الانخفاض في فجوة الطاقة يعزى إلى الزيادة في تموضع حرارة التلدين من (200 مالك والمشار اليها بواسطة طاقة اورباخ وإلى الزيادة في حجم البلوريات.

- درس الباحث (Thirumoorthi et al., 2016) وآخرون [70] تأثير التطعيم بتراكيز مختلفة من القصدير (Sn) على الخصائص الفيزيائية لأغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة المحضرة بتقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel) . أظهرت قياسات (XRD) أَنَّ التركيب البلوري للأغشية المحضرة متعدد التبلور من النوع المكعب وذو اتجاه بلوري مفضل بالمستوي (111). وأكدت نتائج المحضرة متعدد التبلور من النوع المكعب وذو اتجاه بلوري مفضل بالمستوي (111). وأكدت نتائج محضرة متعدد التبلور من النوع المكعب وذو اتجاه بلوري مفضل بالمستوي (111). وأكدت نتائج المحضرة متعدد التبلور من النوع المكعب وذو اتجاه بلوري مفضل بالمستوي (201). وأكدت نتائج فحوصات مطيافية (EDX) وجود عناصر القصدير والكادميوم والأوكسجين في الغشاء. فسر تأثير (300 eV) الزيادة في قيمة فجوة الطاقة البصرية من (240 eV) الى (296 eV).
 تأثير (Ross) الزيادة أنَّ أصغر قيمة لمقاومية مقدار ها (2.40 m) ما كان (2.40 eV).
 بينت القياسات الكهربائية أنَّ أصغر قيمة للمقاومية مقدار ها (Acm) مع أكبر عدد لينت القياسات الكهربائية أنَّ أصغر قيمة لمقاومية مقدار ها (Acm) معار (Smt.) مع أكبر عدد التبلون المحدة (Sm) مع أكبر عدد التبلون المحدة (Sm) ما كان (Smt.) مع أكبر عدد الملات الشحنة (Smt.) مع أكبر عدد الملات الشحنة (Smt.) مع أكبر عدد القياسات الكهربائية أنَّ أصغر قيمة للمقاومية مقدار ها (Smt.) مع أكبر عدد العالملات الشحنة (Smt.) ما كان (Smt.) مع أكبر عد الحالات الشحنة (Smt.) ما كان (Smt.) مع أكبر عد الحاملات الشحنة (Smt.) ما كان (Smt.) مع أكسيدة (Smt.) مع أكبر عد الحاملات الشحنة (Smt.) مع أكبر كان (Smt.) مع أكسير المات القيامية أوكسيد الكادميوم بنسبة (Smt.) مع أكبر عد الحاملات الشحنة (Smt.) ما كان (Smt.) مع أكبر عد الحاملات الشحنة (Smt.) ما كان (Smt.) مع أكسيدة (Smt.) مع أكسيدة (Smt.) مع أكسيد (Smt.) مع أكسيد أكبر عد الحاملات الشحنة (Smt.) ما كان (Smt.) مع أكسيد الحاملات المالي الحاملات الشحنة (Smt.) مع أكسيد (Smt.)
- قام الباحث (Ushrani et al., 2016) وآخرون [71] بدراسة تأثير التطعيم بعنصر الكلور على أغشية أوكسيد الكادميوم المطعمة ثنائياً بعنصري الخارصين والمغنيسيوم والمحضرة بتقنية الرش الحراري الكيميائي، إذ وجد أنَّ جميع الأغشية غير المطعمة والمطعمة والمطعمة (Zn,Mg co doped والحراري الكيميائي، إذ وجد أنَّ جميع الأغشية غير المطعمة والمطعمة والمطعمة (ZMCO) CdO) (CdO) هي ذات تركيب متعدد التبلور بالاتجاه السائد (111) ويتغير إلى الاتجاه السائد (200) (CdO) عند تطعيمها بالكلور (Cl) والذي يحسن النفاذية البصرية لأغشية (2000) ويسبب زيادة (200) عند تطعيمها بالكلور (Cl) والذي يحسن النفاذية البصرية لأغشية (2000) ويسبب زيادة في قيمة فجوة الطاقة البصرية (Blue Shift) ويتغير (ZMCO) والتي يعزى سببها الى تأثير (ZMCO)) والتي في قيمة فجوة الطاقة البصرية (الخصائص الكهربائية بزيادة حاملات الشحنة لأغشية (ZMCO) ويجعلها عند تطعيمها بالكلور كما يعزز الكلور (Cl) الخصائص الفيزيائية لأغشية (كملاته) ويجعلها أكثر ملائمة للتطبيقات الكهروضوئية.
- حضرً الباحث (Ben Miled et al., 2017) وآخرون [44] أغشية أوكسيد الكادميوم بتراكيز مختلفة بتقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) للمحلول الهلامي (Sol-Gel) ودراسة تأثير التلدين وتركيز أيون الكاديوم (+Cd²) في المحاليل البدائية على الخواص التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية (CdO). ووجد أنَّ (C^o 450) ثيد أفضل درجة حرارة تلدين (درجة حرارة التلدين المثالية) للحصول على أغشية أوكسيد الكادميوم ذات نفاذية عالية للضوء المرئي وطيف الأشعة تحت الحصول على أغشية أوكسيد الكادميوم ذات نفاذية عالية للضوء المرئي وطيف الأشعة تحت لمحراء القريب إضافة إلى توصيلية كهربائية عالية. ثم باستخدام درجة حرارة التلدين المثالية ترسيب أغشية أوكسيد الكادميوم ذات نفاذية عالية. ثم باستخدام درجة حرارة التلدين المثالية ترسيب أغشية أوكسيد الكادميوم بتراكيز مولية مختلفة تحت نفس ظروف التحضير. وأظهرت أنماط ترسيب أغشية أوكسيد الكادميوم بتراكيز مولية مختلفة تحت نفس ظروف التحضير. وأظهرت أنماط الحمراء القريب إضافة إلى توصيلية كهربائية عالية. ثم باستخدام درجة حرارة التلدين المثالية ترسيب أغشية أوكسيد الكادميوم بتراكيز مولية مختلفة تحت نفس طروف التحضير. وأظهرت أنماط الممراء القريب إضافة إلى توصيلية ميراكيز مولية مختلفة تحت نفس طروف التحضير. وأظهرت أنماط المراء القريب إضافة إلى توصيلية كهربائية المحضرة ذات تركيب متعددة التبلور من النوع ترسيب أغشية أوكسيد الكادميوم بتراكيز مولية مختلفة تحت نفس طروف التحضير. وأظهرت أنماط المرغي در الأشعة السينية أنَّ جميع عينات الأغشية المحضرة ذات تركيب متعددة التبلور من النوع منوسيد أنْنَ زيادة التركيز المولاري للكادميوم يؤدي إلى نقص في قيم المكعب. أظهرت القياسات البصرية أنَّ زيادة التركيز المولاري الكادميوم يؤدي إلى الموى في قيم ميرانية النفاذية البصرية وبدوره يؤدي إلى زيادة الامتصاصية. حيث سجلت أعلى المتصاصية لضوء المانية بشدة بسمك الغشاء. وفي الوقت نفسه المرئي عند الطول الموجي الأقل من (mo mo) ويتأثر بشدة بسمك الغشاء. وفي الوقت نفسه المرئي عند الطول الموجي الأقل من (mo mo) ويتأثر بشدة بسمك الغشاء. وفي الوقت نفسه المرئي عند الطول الموجي الأقل من (mo mo) ويتأثر ميلية بلموليو الغيوم المولي الموليو إلى مروليو إلى مروليو ويليو الموليو ويليو الموليو ويليو إليوليو ويوليو ويليو ويليو ويليو ويليو ويليو ويليو ويليو ويليو

تناقصت قيم فجوة الطاقة البصرية من (eV و2.35 eV) عند زيادة التركيز المولاري للمحاليل البدائية. وأظهرت نتائج الفحوصات الكهربائية تغيراً في المقاومية الكهربائية حيث از دادت قيمتها من .[(Ω . cm) ⁵⁻10×2.7-⁶⁻¹⁰×2.7] مع زيادة التركيز المولاري، وأَنَّ أقل قيمة للمقاومية الكهربائية [(Ω . cm) ⁵⁻¹⁰×2.7] لأغشية أوكسيد الكادميوم سجلت عند التركيز المولاري الكهربائية [(Ω . cm) أولاري المولاري (0.1M) لأيون الكادميوم في المحاليل البدائية المعتمدة في تحضير أغشية (Ω) الرقيقة يقابلها قيم كل من حاملات الشحنة وتحركية الحاملات ($1.6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)، ($1.6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) على التوالى.

- درس الباحث (Pb) وبنسب وزنية مختلفة أوكسيد الكادميوم المحضرة بتقنية الطلاء
 درس الباحث (Turgut., 2017) [74] تأثير التطعيم بأيون الرصاص (Pb) وبنسب وزنية مختلفة (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
 (%)
- قام الباحث (Velusamy et al., 2018) وآخرون [72] بدراسة تأثير التطعيم بالكوبلت وبنسب وزنية مختلفة على أغشية أوكسيد الكادميوم الرقيقة المحضرة بطريقة الرش الحراري الكيميائي ومعرفة مدى تأثيرها في تحسين خواص التحسس الغازي والخواص الكهروضوئية. أظهرت قياسات (XRD) انتقال قمم الحيود للاتجاه السائد والمفضل للنمو من المستوي (111) إلى المستوي قياسات (XRD) انتقال قمم الحيود للاتجاه السائد والمفضل للنمو من المستوي (111) إلى المستوي قياسات (200) مع ارتفاع نسب تطعيم أغشية (CdO) بالكوبلت (OD). أظهرت صور (RE-SEM) تغير أفلورت (CdO) مع ارتفاع نسب تطعيم أغشية (CdO) مع تغير نسب تركيز الكوبلت. نسبة استجابة غاز الفور مالديهايد (الميثانال) عند نسبة التطعيم (OD) مع تغير نسب تركيز الكوبلت. نسبة استجابة غاز وأظهرت نتائج الفحوصات الكهربائية أنَّ أكبر قيمة لتحركية حاملات الشحنة (200).
 لأغشية أوكسيد الكادميوم المطعمة بنسبة (OD) بعاد قيمة لتحركية حاملات الشحنة (200).
 لأغشية أوكسيد الكادميوم المطعمة بنسبة (OD) مع تغير نسب تركيز مالات الشحنة (200).
 لأغشية أوكسيد الميثانال) عند نسبة التطعيم (OD) مع تغير نسب تركيز الكوبلت. نسبة استجابة غاز وأظهرت نتائج الفحوصات الكهربائية أنَّ أكبر قيمة لتحركية حاملات الشحنة (200).
 لأغشية أوكسيد الكادميوم المطعمة بنسبة (OD) مع تغير نسب تركيز مالات الشحنة (200).
 لأغشية أوكسيد الكادميوم المطعمة بنسبة (OD) مع تغير قيمة لتحركية حاملات الشحنة (200).

الاطوال الموجية (mm 1100-600) وأَنَّ قيمة فجوة الطاقة البصرية ازدادت من 2.38-2.50) . eV).

- درس الباحث (Anitha et al., 2018) [73] وآخرون تأثير التطعيم الثنائي بأيوني الخارصين و الفلورين (CdO) co-doping)] على أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة و الفلورين [Zn + F) wt.% co-doping)] على أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة و المترسبة علي قواعد زجاجية بطريقة الرش الحراري الكيميائي. أظهرت الفحوصات التركيبية أنَّ الأغشية تمتلك سمك يتراوح بين (mn 06-500) وذات تراكيب متعددة التبلور بالاتجاه السائد و المفضل للنمو (111). واظهرت الفحوصات البركيبية أنَّ الأغشية المحضرة تمتلك نفاذية عالية و المفضل للنمو (111). واظهرت الفحوصات البصرية أنَّ الأغشية المحضرة تمتلك نفاذية عالية قيمتها (% 70) عند منطقة الطيف المرئي، كما أظهرت صور (SEM) أنَّ التطعيم يسبب تغييراً في التركيب السطحي. بينت الخواص الكهربائية نقص في قيمة المقاومية الكهربائية يصل إلى في التركيب الملحمة. (100) معند منطقة الطيف المرئي، كما أظهرت صور (CdO) غير المطعمة. أنَّ الزيادة في التركيب المطحية. إذ المعمة. أنَّ الزيادة عالية التركيب المعادية الكهربائية يصل إلى في التركيب الملحي المعادية الطيف المرئي، كما أظهرت صور (CdO) غير المطعمة. أنَّ الزيادة في التركيب المطحية. الكهربائية يصل إلى في التركيب السطحي. بينت الخواص الكهربائية نقص في قيمة المقاومية الكهربائية يصل إلى في التركيب المطحية. والنفاذية المطعمة بالمقارنة مع أغشية (CdO) غير المطعمة. أنَّ الزيادة في فجوة الطاقة البصرية والنفاذية البصرية وتحسن الخصائص الكهربائية ساهم في رفع كفاءة الزيادة البطرة الكهروضوئية وخصوصاً النوافذ الشفافة للخلايا الشمسية.
- درس الباحث (Kati., 2018) [75] التحكم بفجوة الطاقة البصرية لأغشية أوكسيد الكادميوم بوساطة أوكسيد الخارصين، إذ تم ترسيب أغشية (Cd:ZnO) على قواعد زجاجية بطريقة الطلاء (CdO:ZnO=5:5, CdO:ZnO=6:4, منائع وبنسب مختلفة للتطعيم , 6:4 (CdO:ZnO=5:5, CdO:ZnO=6:4) البرمي للمحلول الهلامي وبنسب مختلفة للتطعيم , 6:4 (CdO:ZnO=8:2) أظهرت نتائج المجهر الالكتروني الماسح التركيب السطحي لنسب كل من (CdO) و (CdO) في الغشاء، إذ أنَّ النسب الصغيرة من (CdO) في الغشاء كانت قريبة جداً من خواص غشاء (CdO) النقي، أمّا النسب الكبيرة من (CdO) تؤدي إلى تغير التركيب الحبيبي للغشاء. وأنَّ قيم فجوة الطاقة للغشاء (CdO) و (CdO) في الغشاء كانت قريبة جداً من خواص غشاء (CdO) و (CdO) و (CdO) يعتمد على نسب كل من (CdO) و (CdO) في الغشاء (CdO) و (CdO

الغشاء، إذ كانت قيم فجوة الطاقة للأغشية (CdO:ZnO=5:5) و (CdO:ZnO:6:4) و (CdO:ZnO=8:2) هي (2.5eV) و (2.49eV) و (2.4eV) على التوالي.

- قام الباحث (2019) وقار (Guney et al., 2019) وآخرون [76] بدراسة تأثير التطعيم بالخارصين (Zn) وبنسب مختلفة (Xn) (Zn) and 4.5 wt%) من عنصر الخارصين (Zn) على أغشية وبنسب مختلفة (Xn) (SILAR معرية (Xn)) والمترسبة على قواعد (SLG). أظهرت قياسات (CdO) الرقيقة المحضرة بطريقة (SILAR) والمترسبة على قواعد (SLG). أظهرت قياسات (CdO) أنَّ العينات تمتلك تركيب بلوري مكعب. وبينت القياسات البصرية أنَّ فجوة الطاقة تزداد بازدياد نسبة تطعيم أغشية (XRD) بالخارصين (Xn) والمترسبة على قواعد (SLG). أظهرت قياسات (CdO) أنَّ العينات تمتلك تركيب بلوري مكعب. وبينت القياسات البصرية أنَّ فجوة الطاقة تزداد بازدياد نسبة تطعيم أغشية (CdO) بالخارصين إذ ارتفعت قيمة فجوة الطاقة من (Ya) (2.6) إلى درفاد وV) بالخارصين. أظهرت صور (SEM) أنَّ شكل السطح للعينات قد تأثر بالتطعيم بالخارصين ويزداد هذا التأثير بازدياد نسبة التطعيم. قيم مطيافية رامان لأغشية أوكسيد الكاميوم غير المطعمة والمطعمة بالخارصين كانت (Izagom⁻¹, 557cm⁻¹, 937cm⁻¹).
 أظهر طيف التألق الضوئي (Zn ions) داخل تركيب أغشية (CdO) مواقع أيونات الخارصين (Zn ions) داخل تركيب أغشية (PL) مواقع أيونات الخارصين (Zn ions) داخل تركيب أغشية (PL)
- قام الباحث (2019 et al., 2019) وآخرون [77] بدراسة تأثير نوع الركيزة (القاعدة) على الخواص التركيبية والسطحية والبصرية والكهربائية لأغشية أوكسيد الكادميوم المحضرة بطريقة (الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel) لتحسينها من أجل تطبيقات الكاشفات الضوئية. أظهرت نتائج التركيب البلوري أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم التي تشكلت على مختلف القواعد هي أظهرت نتائج التركيب البلوري أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم التي تشكلت على مختلف القواعد هي دات تركيب بلوري مكعب بمعدل حجم بلوري ضمن المدى (Horo 20-80). أظهرت صور التركيب البلوري أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم التي تشكلت على مختلف القواعد هي أظهرت نتائج التركيب البلوري أنَّ أغشية أوكسيد الكادميوم التي تشكلت على مختلف القواعد هي السطحي أنَّ شكل الجسيمات النانوية لأغشية أوكسيد الكادميوم تعتمد على نوع القاعدة، إذ أنَّ جميع الأغشية كانت متشابهة ماعدا الأغشية المرسبة على زجاج أوكسيد القصدير انديوم (ITO). وبين نمط حيود الأشعة السينية والصور التخطيطية التوزيع المنتظم للكادميوم والاوكسجين داخل الغشاء. أظهرت أغشية أوكسيد الكادميوم تعتمد على نوع القاعدة، إذ أنَّ جميع نمط حيود الأشعة المينية والصور التخطيطية التوزيع المنتظم للكادميوم والاوكسجين داخل الغشاء. والإغشية أوكسيد الكادميوم أوكسيد الكادميوم والاوكسجين داخل الغشاء. والخشية أوكسيد الكادميوم المرسبة على زجاج أوكسيد الكادميوم والاوكسجين داخل الغشاء. والجرت أغشية أوكسيد الكادميوم المرسبة على زجاج السليكا المنصهر (FSG) نفاذية عالية مع أظهرت أغشية أوكسيد الكادميوم المرسبة على زجاج السليكا المنصهر (FSG) والجوز والعارت أغشية أوكسيد الكادميوم المرسبة على زجاج السليكا المنصهر (FSG) والهورت أخشية أوكسيد الكادميوم المرسبة على زجاج السليكا المنصهر (FSG) والموز والعور المرسبة على زجاج السليكا المنصهر والاوجي نية مع أظهرت أظهرت أخشية أوكسيد الكادميوم المرسبة على قاعدة أظهرت أخشية أوكسيد الكادميوم المرسبة على ورجاج السليكا المنصهر (FSG) وروجاج الصودا الكلسي ووجد بأنها تمالك استقرار جيد مع زمن زجاج الصودا الكلسي (ESL) من زحاح السليكا ووجد بأنها تمالك المرسبة على ركيزة (SLG) مثل محسس الضوء المرئي ووجد بأنها تمالك المتور الموئي لرمن المولي المرسي المرسية المرري) وركرة (ESL) مأر (CSL) مأل محسس الضوء المرئي ووجد بأنها تمالك المولي الموئي المولي
- درس الباحث (Kannan et al., 2019) وآخرون [45] تأثير التطعيم والتلدين على الخواص التركيبية والبصرية لأغشية أوكسيد الكادميوم المحضرة والمترسبة على قواعد زجاجية بتقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel) بعنصر الكوبلت(Co). أظهر نمط (XRD) الطور الأحادي لأغشية (CdO)

مع تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب لجميع العينات. أظهرت القياسات البصرية أَنَّ النفاذية البصرية لطبقات الغشاء إنخفضت وقيمة فجوة الطاقة أصبحت أقل بارتفاع نسبة تركيز الكوبلت داخل الغشاء ودرجة حرارة التلدين.

حضرً الباحث (Noorunnisha et al., 2020) وآخرون [51] أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة بالخارصين (Zn) بنسبة (2wt.%) ومن ثم تطعيمها ثنائياً بالخارصين وتم دراسة والكوبلت بالنسب الوزنية (Zn+2%Co)، (Zn+4%Co) والمرسبة بتقنية الرش. وتم دراسة الخصائص التركيبية والبصرية للأغشية المحضرة، إذ أظهرت قياسات XRD أنَّ جميع الأغشية المحضرة، إذ أظهرت قياسات CdO قد تناقص المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO قد تناقص من (Rom (Sec.) ينافع التطعيم الثنائي فقد تسبب بزيادة حجم البلوريات المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO قد تناقص من (Rom (Sec.) ينافع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO قد تناقص المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO قد تناقص المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO قد تناقص المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO قد تناقص المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO ومن من (Rom (Sec.) ومن ثم تطعيم الثنائي فقد تسبب بزيادة حجم البلوريات المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وأنَّ الحجم البلوري لغشاء ODO قد تناقص المحضرة وأما التطعيم الثنائي فقد تسبب بزيادة حجم البلوريات الى (Rom 35). وأظهرت نتائج المجهر الالكتروني الماسح (Sec.) أشكالاً تشبه القرنابيط النانوي بزيادي (Rom (Sec.) وأخرون الماسح (Sec.) ومن ثم تناقصت فجوة الطاقة بالتطعيم الثنائي. كما أكدت بزيادة فجوة الطاقة من (Pace 2.400 ومن ثم تناقصت فجوة الطاقة بالتطعيم الثنائي. كما أكدت الفحوصات الكهربائية نقصان المقاومية وزيادة التوصيلية لأغشية لأغشية لأمريا ثياً بالنسب الفحوصات الموسات الكهربائية المحارة المقاومية وزيادة التوصيلية لأغشية (CdO و.2000 و.2

Aim of The Study

(1-9) هدف الدراسة

تهدف الدراسة الحالية إلى تحضير أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة بطريقة المحلول الهلامي (Sol-Gel) وترسيبها على قواعد مصنوعة من الكوارتز (SiO₂) باستخدام تقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) بثبوت السرعة عند (aco rpm) والزمن (aco sec) وبدرجة الحرارة الاعتيادية ومن ثم دراسة تأثير تغير درجة حرارة التلدين والتطعيم الثنائي بالخارصين والكوبلت على الخواص التركيبية والبصرية والكهربائية للأغشية المحضرة، ولأجل الحصول على غشاء رقيق متجانس بمواصفات جيدة ليكون مناسبا للاستعمال في التطبيقات الفوتوفولتائية (Photovoltaic ، حصوصاً كطبقة شفافةً في نوافذ الخلايا الشمسية والتطبيقات المختلفة الأخرى.



الجزء النظري

(1-2) مقدمة

Introduction

يتضمن هذا الفصل الجوانب النظرية لموضوع البحث، لأن المفاهيم والنظريات الواردة فيه (سواء كانت علاقات رياضية، أو تفسيرات علمية، أو رسوم بيانية) تساعد في توضيح الجوانب العملية والتفسيرات العلمية للبحث بشكل ما.

(2-2) أشباه الموصلات

Semiconductors

تحتوي مواد أشباه الموصلات على قيمة توصيل كهربائية محدودة بين المواد الموصلة والمواد العازلة، ويمكن التحكم بتوصيليتها عن طريق التحكم في درجة الحرارة أو إضافة كمية صغيرة من الشوائب أو وجود عيوب بلورية معينة [1, 78]. وتعتمد التوصيلية الخاصة بها على كمية الطاقة التي تكتسبها الالكترونات في حزمة التكافؤ وقدرة هذه الالكترونات على عبور فجوة الطاقة والوصول الى حزمة التوصيل، لذلك تكون هذه المواد موصلة عندما تكتسب طاقة (مثل الحرارة أو الضوء أو المجال الكهربائي) وتكون عازلة في درجة حرارة الصفر المطلق (O K) وO R]، وآ]، وآ]. شبه الموصلة المستخدمة في الأجهزة الالكترونية هما السيليكون (Si) والجرمانيوم (Ge) [0].

ونظرا لأن توصيلية أشباه الموصلات حساسة جداً لدرجة الحرارة والضوء والمجال المغناطيسي وذرات الشوائب (حوالي 1 ميكروغرام الى 1 غرام من ذرات الشوائب في 1 كيلوغرام من مادة اشباه الموصلات)، فهي تُعدُّ نوع من المواد الأكثر استخداماً في تطبيقات الأجهزة الالكترونية، وأصبحت في طليعة المواد المستخدمة في الخلايا الشمسية وأجهزة الكشف والسطوح الانتقائية ومن أهم ميزاتها ,81] [28:

- مقاوميتها الكهربائية لها معامل حراري سالب، مما يعني أنَّ توصيلها الكهربائي يزداد مع زيادة درجة الحرارة.
- امتلاكها نوعين من حاملات الشحنة (n-type) و (p-type)، وقد يؤدي وجود شوائب أو عيوب في أشباه الموصلات إلى زيادة التوصيلية وظهور نوعين من حاملات الشحنة.
 - تتراوح قيمة مقاومتها النوعية بين (Ω.cm 10⁸ Ω.cm) في درجة حرارة الغرفة (2° 27).
 - حساسة جداً للضوء.
 - التوصيلية الكهربائية لها تتأثر بالمجال المغناطيسي.

(3-2) التركيب البلوري لأشباه الموصلات

Crystal Structure for Semiconductors

تنقسم أشباه الموصلات الى جز أين رئيسين وفقا لتركيبها البلوري:

Crystalline Semiconductors

تتمتع ذرات أشباه الموصلات البلورية بترتيب هندسي منتظم يتكرر دورياً في ثلاثة أبعاد ولمديات طويلة وينتهي بنهاية الشبيكة البلورية [1, 83]. وتنقسم أشباه الموصلات البلورية إلى قسمين رئيسين وهما:

يتم ترتيب الذرات أو الجزيئات في أشباه الموصلات أحادية التبلور بطريقة هندسية منتظمة، أي أنها تكرر نفسها بشكل دوري في ثلاثة أبعاد لتشكيل بنية هندسية منتظمة، لذلك تمتلك نوع من التماثل (Symmetry) [1, 14]. وأنَّ هذا النوع من الترتيب في ذرات البلورة (Crystal) يسمى بالترتيب بعيد المدى (Long Range Order) [84, 85] وكما موضح بالشكل (2-1 a)، ويسمى الترتيب الدوري للذرات في البلورة بالشبيكة (Lattice)، والتي تتكون من وحدات متكررة في البلورة على طول امتدادها تسمى بخلية الوحدة (Unit Cell) [85, 86].

2. أشباه الموصلات متعددة التبلور Polycrystalline Semiconductors

هي المواد التي يكون فيها الترتيب الهندسي عند حدود معينة داخل التركيب البلوري ولا يمتد الى جميع أجزاء المادة وأَنَّ هذه الحدود هي التقاء سطوح الحبيبات البلورية مع بعضها البعض والتي ينقطع عندها الترتيب الدوري للذرات وتسمى بحدود الحبيبات (Grain Boundaries) كما في الشكل (2-b1) وتتألف من عدد كبير من البلورات الصغيرة تسمى بالحبيبات (Grains) وأَنَّ الحبيبة الواحدة تحتوي على عدد كبير من خلايا الوحدة (Unit Cells) وأَنَّ أشباه الموصلات متعددة التبلور تمتلك استقرار حراري (ثرموديناميكي) اقل مما هو عليه في حالة أشباه الموصلات أحادية التبلور التبلور تمتلك استقرار حراري (شرموديناميكي) اقل مما هو عليه في حالة أشباه الموصلات أحادية التبلور التبلور تمتلك المتقرار حراري (شرموديناميكي) القل مما هو عليه في حالة أشباه الموصلات أحادية

(1-3-2) أشباه الموصلات البلورية

Amorphous Semiconductors

(2-3-2) أشباه الموصلات العشوائية

هي المواد التي لا يتواجد فيها الترتيب طويل المدى (Long Range Order) بل يمتلك تركيبها الترتيب قصير المدى (Short Range Order) فذراتها تترتب بشكل عشوائي (Random) فالترتيب الذري في أي جزء منها يكون مغايراً عن الترتيب الذري في الجزء الأخر وبذلك لا يعتبر ترتيب ذراتها تكراراً لخلية الوحدة، وهذا لا يعني أنَّ هناك تكسر في الأواصر في هذا النوع من الترتيب وأنما هو مختص في تركيب ذرات المادة [1, 89]. وكما موضح أدناه في الشكل (c 1-2).



الشكل (1-2): التركيب البلوري لأشباه الموصلات (a) احادي التبلور، (b) متعدد التبلور، (c) عشوائية [88].

Bonding

(4-2) الآواصر

هنالك أربعة أنواع من الأواصر هي التي تحدد تركيب المادة [90, 91] ، وهذه الأواصر هي:-

- 1- الأواصر المعدنية (Metallic Bonds): تتواجد هذه الأواصر في المعادن والسبائك، وتكون هذالك قوى تجاذب بين سحابة من الالكترونات والأيونات الموجبة، كما في الشكل (2-2 a)، وتفتقر هذه الأواصر إلى الاتجاهية.
- 2- الأواصر الايونية (Ionic Bonds): تظهر هذه الأواصر في المركبات المكونة من عناصر ذات شحنة كهربائية موجبة قوية (معادن) وعناصر ذات شحنة كهربائية سالبة مثل اللافلزات ، وكما موضح في الشكل (b 2-2) ولا تمتلك اتجاه مفضل، ومن تطبيقات الغشاء الأيوني هو استعماله في الخلايا الشمسية.

- 3- الأواصر التساهمية (Covalent Bonds): تتواجد في العناصر، وكذلك في المركبات الصلبة مثل عناصر أشباه الموصلات وكما موضح في الشكل (2-2)، وتتصف بانها ذات اتجاهية قوية.
- 4- قوى فاندر فالز (Van Der Waals Forces): هنالك مجموعة كبيرة من المواد تشترك مع بعضها بقوى جزيئية ضعيفة تسمى قوى فاندر فالز تتمثل بتفاعل بين الجزيئات كما هو الحال في الغازات وكما موضح في الشكل (d 2-2).



الشكل (2-2): أنواع الأواصر (a) الآصرة المعدنية، (b) الآصرة الأيونية، (c) الآصرة التساهمية، (d) قوى فاندرفالز [90].

(2-5) حزم الطاقة في المواد الصلبة

Energy Bands in Solid Materials

تترتب الالكترونات داخل البلورة على شكل أنطقة تدعى بحزم الطاقة (Energy Bands) وتفصل بين الحزمة والأخرى مناطق تسمى بمناطق الطاقة الممنوعة (Forbidden) التي تمنع تواجد الالكترونات فيها [1, 84]. تحتوي البلورة على حزمة تتألف من عدد كبير من مستويات الطاقة المجاورة لبعضها البعض وتظهر هذه الحزمة كما لو أنها مستمرة طبقاً لنظرية الحزم التي يكون فيها عدد هذه المستويات مساوياً لعدد الذرات في البلورة [27, 92]. تنقسم هذه الحزم إلى نو عين أحدهما تعرف بحزمة التكافؤ (Valence Band) وهي ممتلئة تقريباً بالإلكترونات والاخرى تسمى حزمة التوصيل (Donduction Band) والتي لا تحتوي على الكترونات تقريباً ويفصل بينهما فجوة طاقة محظورة (Conduction Band) والتي لا تحتوي على الكترونات محدد قيمة هذه الفجوة نوع المادة الصلبة [29] ومعمانية تقريباً ويفصل بينهما فجوة طاقة محظورة (Conduction Band) والتي لا تحتوي على الكترونات تقريباً ويفصل بينهما فجوة طاقة محظورة (Conduction Band) والتي لا تحتوي على الكترونات، تحدد قيمة هذه الفجوة نوع المادة الصلبة [29] وكما هو موضح في الشكل (2-3) [1]. إذا كانت فجوة الطاقة ضيقة جداً أو شبه معدومة ففي هذه الحالة تكون المادة موصلة، ولكنها تكون واسعة جداً في المادة العازلة والتي لا يمكن للألكترونات العبور خما هو موضح في الشكل (2-3) [1]. إذا كانت فجوة الطاقة ضيقة جداً أو شبه معدومة ففي هذه الحالة تكون المادة موصلة، ولكنها تكون واسعة جداً في المادة العازلة والتي لا يمكن للألكترونات العبور فرعا المادة موصلة، ولكنها تكون واسعة جداً في المادة العازلة والتي لا يمكن للألكترونات العبور خلالها حتى عندما يتم تسليط مجال كهربائي خارجي أو طاقة حرارية، أما في حالة المادة شبه الموصلة فتكون فجوة الطاقة فيما المادة شبه الموصلة العبور أو طاقة حرارية، أما في حالة المادة شبه الموصلة خلالها حتى عندما يتم تسليط مجال كهربائي خارجي أو طاقة حرارية، أما في حالة المادة شبه الموصلة نكون فجوة الطاقة فيها أضيق من تلك الموجودة في المادة العازلة فيمكن لبعض الالكترونات عبور ها عندما يتم تسليط طاقة لازمة لذلك ويمثل هذا الانتقال عملية التوصيل [70, 10]. الشكل (2-4) يبين عندما يتم تسليط مجال.



الشكل (2-3): حزم الطاقة في المواد الصلبة [1].



الشكل (2-4): فجوة الطاقة في المواد الصلبة (a) موصلة (b) شبه موصلة (c) عازلة [15, 17].

Classifications of Semiconductors تصنيفات أشباه الموصلات (6-2) تصنيفات أشباه الموصلات بلي صنفين أساسبين هما:

Pure (Intrinsic) Semiconductors (Ä

(1-6-2) أَشباه الموصلات النقية (الذاتية)

هي مواد يكاد يخلو تركيبها البلوري من الذرات الغريبة (Foreign Atoms) أو الشوائب الكيميائية (Chemical Dopants) في أثناء نموها البلوري [85]، وأنَّ سبب تسميتها بأشباه الموصلات الذاتية ذلك لأن توصيلها يكون ذاتياً وناتجاً من مشاركة الأزواج (الكترون-فجوة) أي بمعنى أنه ينتج من مشاركة الأزواج (الكترونات حزمة) أي بمعنى أنه ينتج من مشاركة المتولدات حزمة التوصيل بعد أنْ كانت الكترونات تكافؤ والفجوات المتولدة منها [84]. وأنَّ أشباه الموصلات النقية تتصرف عازلةً عند درجات الحرارة الواطئة جدا (A 0) ويكون توصيلها الكهربائي ضعيفاً جداً عند درجة حرارة الغرفة (A 0 0) ويكون منها الكهربائي ضعيفاً جداً عند درجة حرارة الغرفة (A 0 0) وتزداد توصيليتها بارتفاع درجة توصيلها الكهربائي ضعيفاً جداً عند درجة حرارة الغرفة (A 00) وتزداد توصيليتها بارتفاع درجة الموصلات الذاتية نوعين من حزم الطاقة وفقا لنظرية الحزم وهما حزمة التوصيل الموائل أشباه الموصيل من من حزم الطاقة وفقا لنظرية الحزم وهما حزمة التوصيل وسيلات الذاتية نوعين من حزم الطاقة وفقا لنظرية الحزم وهما حزمة التوصيل وسيلات الذاتية نوعين من حزم الطاقة وفقا لنظرية الحزم وهما حزمة التوصيل وسيلات النوعين عنوباً في تركيبها البلوري أو عند إضافة الشوائب اليها وراد الغرفين الموائل ألباه الموصيل من من حزم الطاقة وفقا لنظرية الحزم وهما حزمة التوصيل (Conduction الذاتية نوعين من حزم الطاقة وفقا لنظرية الحزم وهما حزمة التوصيل ولكان) الموائب اليها ولكون ملوءة الموحين الموصيل ولكان من مالوءة ولفقا لنظرية الحزم وهما حزمة التوصيل مالاتيا ألباه الموحين مالموءة الموصيل ولكان وتكون مالوءة المطورة (Pather Band) وتكون مملوءة المولونات ويفصل بينهما فجوة الطاقة المحظورة (Forbidden Energy Gap) الخالية من

الالكترونات، ممكن أنْ تثار الكترونات حزمة التكافؤ بعد رفع درجة حرارة المادة فتكتسب طاقة تمكنها من عبور فجوة الطاقة والانتقال إلى حزمة التوصيل مخلفة ورائها فجوات مساوية إلى عدد الالكترونات المنتقلة منها، وجود الفجوات في حزمة التكافؤ يسهل على الالكترونات التحرك لشغلها تاركةً خلفها المنتقلة منها، وجود الفجوات في حزمة التكافؤ يسهل على الالكترونات التحرك لشغلها تاركةً خلفها فجوات إضافية في مكانها الأصلي، فتظهر الفجوات وكأنها تتحرك باتجاه موازياً للمجال ومعاكساً لاتجاه فجوات الحرف المحال ومعاكساً لاتجاه فجوات إضافية في مكانها الأصلي، فتظهر الفجوات وكأنها تتحرك باتجاه موازياً للمجال ومعاكساً لاتجاه حركة الالكترونات الحرة بسبب اختلاف شحنة كل منهما. [15, 85, 95]. وكما هو موضح في الشكل حركة الالكترونات الحرة بسبب اختلاف شحنة كل منهما.

(2-6-2) أَشْباه الموصلات غير النقية (غير الذاتية)

Non-Pure (Extrinsic) Semiconductors

نظر أ لكون أشباه الموصلات النقبة هي موصلات ضعيفة ونوعاً ما قلبلة الفائدة، فمن الممكن أنْ تصبح مواد ممتازة ومفيدة عندما يتم ادخال بعض الشوائب الكيميائية بمستويات منخفضة في تركيبها الكيميائي، لذلك ممكن التحكم في الخصائص الكهربائية عن طريق إضافة كميات صغيرة من الشوائب إلى أشباه الموصلات النقية وتسمى هذه العملية بالتطعيم أو التشويب (Doping)، وتتم هذه الإضافة باستخدام تقنيات معينة، إذ من الممكن أنْ تسيطر وتتحكم هذه التطعيمات أو الشوائب في الخصائص الكهربائية لأشباه الموصلات وبالتالى الحصول على نوعين من أشباه الموصلات غير النقية السالبة والموجبة، وهذه الشوائب المضافة تسمى بنسب التطعيم (Doping Ratios) [94, 96]. وستؤدي إضافة الشوائب إلى مواد أشباه الموصلات النقية إلى ظهور أحد نوعى حاملات الشحنة (الكترون-فجوة) وتناقص أو اختفاء النوع الثاني من الحاملات، ويؤدي التطعيم إلى تغيير في خصائص أشباه الموصلات ويمكن الاستفادة من هذه العملية في التطبيقات التي تتطلب نوعاً واحداً من حاملات الشحنة (على سبيل المثال (التر انزستور))، ويمكن تصنيف أشباه الموصلات المطعمة وفقا لنوع الشوائب: النوع الأول هو شبه موصل (n-type) ويدعى بالنوع السالب ويتم الحصول على هذا النوع بإضافة شوائب خماسية التكافؤ إلى أشباه الموصلات النقية على سبيل المثال إضافة الزرنيخ (As) أو الغاليوم (Ga) إلى السليكون (Si)، والنوع الثاني هي أشباه الموصلات الموجبة (p-type) ويمكن الحصول عليها بإضافة شوائب ثلاثية التكافؤ مثل إضافة البورون (B) إلى السليكون (Si)، ويطلق على هذين النوعين بالشوائب السطحية [94, 97] ، وكما موضح في الشكل (2-5) [15].



الشكل (2-5): التطعيم في أشباه الموصلات (a) شوانب سطحية سالبة (n-type)، (b) شوانب سطحية [15]. موجبة (p-type].

(7-2) تقنيات تطعيم أشباه الموصلات

2. التطعيم بالليزر

Semiconductors Doping Techniques

هنالك عدة تقنيات تستخدم لتطعيم المواد شبه الموصلة النقية، منها:

1. التطعيم بالانتشار الحراري Doping by Thermal Diffusion

Doping by Laser

- Doping by Co-Evaporation .3 Deposition
- 4. التطعيم بالزرع الأيوني Doping by Implantation
- 5. التطعيم بالإذابة بالمحلول (Doping by Solubility in Solution)، فالتطعيم بالخلط داخل المحلول (Doping by Mixture Using Weight Ratios)، فالتطعيم بالاذابة بالمحلول يتم عندما تكون كل من مادة الغشاء المحضر (المادة الأساس) ومادة التطعيم (التشويب) على شكل محاليل ذائبة وبعدها يتم خلط المحاليل بنسب حجمية ملائمة لكل من المحلولين آخذين بنظر الاعتبار الوزن الجزيئي لكل من المادة الأساس ومواد التطعيم [98]، أمَّا التطعيم بالخلط داخل المحلول الواحد وبنسب ورادة الغشاء) ومادة الغشاء المحضر المادة الأساس ومواد التطعيم (التشويب).

وتم استخدام تقنية التطعيم بالإذابة والخلط داخل المحلول وبنسب وزنية ملائمة للمواد في در استنا الحالية لطلاء أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) المطعمة تطعيماً ثنائياً (co-doping) بعنصري الخار صين (Zn) والكوبلت (Co).

(8-2) تشخيص الأغشية المحضرة

Characterization of the Prepared Films

تم تشخيص الخواص الفيزيائية للأغشية المحضرة باستخدام التقنيات التالية:

Structural Properties

إذا ما أردنا الحصول على معلومات دقيقة عن بنية المادة الصلبة عامة والأغشية الرقيقة بشكل خاص فيتحتم علينا استخدام التقنيات الحديثة التي تعتمد على:

X-ray Diffraction Pattern

توفر تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) معلومات مفصلة عن التركيب البلوري والصفة البلورية والحجم البلوري والمسافة بين المستويات والشد الشبيكي للمواد، إذ أنها تعطي معلومات مفصلة عن البنية البلورية وسلالتها و عيوبها. وحجم بلوراتها (في حالة الجسيمات النانوية). يتم انتاج قمم الحيود للأشعة السينية عن طريق التداخل البناء لحزمة أحادية الطول الموجي من الأشعة السينية التي تنعكس في زوايا محددة لكل مجموعة في عينة قاعدة بيانات (المركز الدولي لبيانات الحيود ICDD) لأنماط في زوايا محددة لكل مجموعة في عينة قاعدة بيانات (المركز الدولي لبيانات الحيود ICDD) لأنماط معيود الاشعة السينية حيث تمكن من تحديد المرحلة لمجموعة واسعة ومتنوعة من العينات البلورية. تتم حيود الاشعة السينية باستعمال موجي دراسة الخصائص البلورية للأغشية المحضرة باستخدام تقنية الحيود للأشعة السنية باستعمال ضوء مدراسة الخصائص البلورية للأغشية المحضرة باستخدام تقنية الحيود للأشعة السنية النيورية. والي الموجي أولي أوليا محددة الموجي من تحديد المرحلة لمجموعة واسعة ومتنوعة من العينات البلورية. تتم حيود الاشعة السينية حيث تمكن من تحديد المرحلة لمجموعة واسعة ومتنوعة من العينات البلورية. تتم الاتحاب البلورية للأغشية المحضرة باستخدام تقنية الحيود للأشعة السنية باستعمال ضوء در السة الخصائص البلورية للأغشية المحضرة باستخدام تقنية الحيود للأشعة السنية الني (الولي أولي الانحراف (20) في الحادي الطول الموجي (Å 1.5400) من مصدر ميلام براغ (Bragg) في عام (101) شرطأ لازماً الحادي الحيود وعبر عنه بشكل رياضي [101]، وكما موضح في المعادلة (2 - 1) [201].

$$n\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta \tag{1-2}$$

إذ أَنَّ: (n) مرتبة الحيود، (λ) الطول الموجي، (d_{hkl}) المسافة بين مستويين بلورين، (θ) زاوية الحيود.

(1-8-2) الخصائص التركيبية

(1-8-2) حيود الأشعة السينية

إنَّ شرط الحيود وفق قانون براك يحدث فقط عندما يكون الطول الموجي المستخدم في المعادلة أعلاه أصغر أو يساوي ضعف المسافة البينية بين مستويين بلوريين متعاقبين داخل البلورة، أي بمعنى أخر يحدث فقط عندما ($\lambda \geq 2d$) ولهذا السبب لا يمكن استعمال الضوء المرئي في دراسة التركيب البلوري، والشكل (2-6) يوضح مخطط للمستويات البلورية وحيود براغ (Bragg Diffraction). [103].



الشكل (2-6) مخطط للمستويات البلورية وحيود براغ [103].

الأشعة السينية (X-ray) هي موجات كهرومغناطيسية يتراوح طولها الموجي بين (Å 100-0.1)، وبذلك تعدُّ تقنية حيود الأشعة السينية (XRD) إحدى التقنيات المهمة والإساسية لدراسة التركيب البلوري للمواد والتي تحقق شرط براغ (Bragg) للحيود وبالتالي معرفة كيفية انتظام البلورات والذرات ونوع التركيب البلوري للمادة [92, 104]. يمكن التمييز بين أنواع المواد شبه الموصلة البلورية (Crystalline) والعشوائية غير المتبلورة (Amorphous) من خلال دراسة نمط الحيود للأشعة السينية (XRD Pattern) والعشوائية غير المتبلورة (على مكل قمم متنوعة بزوايا مختلفة أما في المواد غير واحدة حادة) أما المواد متعددة التبلور فتكون على شكل قمم متنوعة بزوايا مختلفة أما في المواد غير البلورية فتظهر عدد من القمم الواسعة وليس هناك انعكاس خاص بتبلور واحد [105, 106]، وكما موضح في الشكل (2-7) [88].



الشكل (2-7): نمط حيود الاشعة السينية (a) متعددة التبلور، (b) أحادية التبلور، (c) عشوائية [88].

Structural Parameters

Lattice Constant (a)

يمثل التركيب المكعب (Cubic) المتعدد التبلور (Polycrystalline) النمط السائد لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO)، إذ يمكن حساب ثابت الشبيكة باستعمال العلاقة (2 - 2) [47].

$$a = d_{hkl} \left(h^2 + k^2 + l^2 \right)^{1/2}$$
(2-2)

إذ أَنَّ:

1-ثابت الشبيكة

(2-1-8-2) المعلمات التركيبية

(Inter-Planer معاملات ميلر (Miller Indices)، و (hkl) المسافة بين مستويين بلوريين (hkl) . Spacing).

2- حجم البلوريات

Crystallite Size (D)

يتم حساب معدل الحجم البلوري (D) باستعمال العلاقة (2 - 3) والتي تمثل صيغة شيرر (Scherer's Formulae) (70, 73].

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \tag{3-2}$$

إذ أَنَّ: (K) يمثل عامل الشكل (Shape Factor) وتقع قيمته ضمن المدى (1-0.9) ويعتمد على شكل الحبيبات (λ) تمثل الطول الموجي للأشعة السينية (X-ray Wavelength)، و (β) تمثل اقصى عرض للمنحني عند منتصف الشدة العظمى (FWHM) (Full Width at Half Maximum)، و (θ) تمثل زاوية الحيود.

3- عامل التشكيل

Texture Coefficient (Tc)

يستخدم مصطلح عامل التشكيل عادة لوصف الاتجاه السائد لنمو الغشاء فاذا كانت قيمته أكبر من واحد (Tc > 1) فانه يشير إلى أَنَّ النمو البلوري للمستويات السائدة (المفضلة) يقع ضمن هذا الاتجاه، أما عندما تكون قيمته أصغر من واحد (1 \geq Tc(hkl) \geq 0) فأَنَّ النمو البلوري يكون باتجاهات عشوائية (أي لا يكون هناك اتجاه سائد أو مفضل للنمو البلوري). يمكن حساب عامل التشكيل وفق العلاقة (2 - 4) [51, 44].

$$Tc(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_o(hkl)} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{I(hkl)}{I_o(hkl)} \right]^{-1}$$
(4-2)

إذ أَنَّ:

(I(hkl)) الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl) باستخدام حيود الأشعة السينية (XRD)، و(n) عدد قمم الحيود، و ((I_o(hkl)) الشدة النسبية القياسية للمستوي (hkl) المعتمدة في بيانات البطاقة الدولية (ICDD Data).

4- الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات

Micro-Strain (ϵ), Dislocation Density (δ), and Number of Crystallites (N₀)

يُعدُّ الانفعال المايكروي مقياساً لتشوه التركيب البلوري الناجم عن الاجهادات المتولدة في البلورة التي تسبب تشوه في الشبيكة البلورية، ومن خلال الاجهادات الداخلية للشبيكة يمكن تحليل عرض القمة، فالقيمة السالبة للانفعال الداخلي تعني وجود انكماش (انضغاط) في الشبيكة البلورية، والذي يؤدي بدوره الى تقارب مستويات السطوح (أي نقصان في فسحة السطوح اdhk)، بينما تشير القيمة الموجبة للانفعال الداخلي إلى وجود زيادة (اتساع) في الشبيكة البلورية، ينجم عنه تباعد السطوح عن بعضها البعض (أي زيادة في فسحة السطوح [20]. يمكننا حساب الانفعال المايكروي (ع) وفقا للعلاقة (2 - 5) [70, 51].

$$\varepsilon = \frac{\beta \cos\theta}{4} \tag{5-2}$$

تمثل كثافة الانخلاعات عدد خطوط الانخلاع لوحدة المساحة في التركيب البلوري للمادة، وتمثل

مؤشر مهم على جودة البلورة من عدمها فيمكننا حساب كثافة الانخلاعات من خلال معرفة حجم البلوريات للمادة (الغشاء) (D) باستعمال العلاقة (2 - 6) [70].

$$\delta = \frac{1}{D^2} \tag{6-2}$$

يتم حساب عدد البلوريات لوحدة المساحة (No) وفق العلاقة (2 - 7) [108].

$$N_o = \frac{t}{D^3} \tag{7-2}$$

(D) الحجم البلوري، و (t) سمك الغشاء.

اذ أَنَّ:

Atomic Force Microscopy (AFM) مجهر القوة الذرية (3-1-8-2)

يستعمل جهاز مجهر القوة الذرية في مجالات تقنية النانو (Nano-Technology) للتعرف على طبو غرافية السطوح ذات الابعاد النانوية والمايكروية ويسمى أيضاً بمجهر القوة الماسحة (SFM) وتفوق قدرة التكبير لديه الف (1000) مرة من قدرة تكبير المجهر البصري، ويمتلك قدرة تحليل عالية جداً قد تصل إلى أجزاء النانومتر (nm)، تم اختراع هذا الجهاز في عام (1986) من قبل العالمين (Cantilever) إلى أجزاء النانومتر (nm)، تم اختراع هذا الجهاز في عام (1986) من قبل العالمين والذي يمتاز بكونه ذات مرونة عالية ويوجد في نهاية الذراع مجس (AFM) من ذراع (Cantilever) والذي يمتاز بكونه ذات مرونة عالية ويوجد في نهاية الذراع مجس (Probe) مكون من رأس حاد يستعمل لمسح سطوح العينات، إذ يحتوي على وحدة مسح ثلاثية الاتجاهات (Cantinesion) وطيفتها تحريك سطح العينة تحت المجس في جميع الاتجاهات، ليتمكن المجس من مسح سطوح العينات في جميع الاتجاهات، فعندما يقترب رأس المجس وأنَّ القوة المتولدة قد تكون قوة ميكانيكية أو قوى فاندروالز أو غيرها من القوى، تتغير قوى التفاعل من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي إلى انحراف الذراع بحسب قانون هوك، وأنَّ القوة المتولدة قد تكون قوة ميكانيكية أو قوى فاندروالز أو غيرها من القوى، تتغير قوى التفاعل المتولدة بين سطح العينة وراس المجس تبعاً إلى نوعية مكونات سطح العينة التي يتم دراستها والتي على ذراع المجور وهذا الشعاع المنعكس يتم رصده من خلال مصفوفة خطية من الصمامات الضوئية على ذراع المجهر وهذا الشعاع المنعكس يتم رصده من خلال مصفوفة خطية من الصمامات الضوئية (Photodiodes)، إذ يتم معالجة الإشارات المرسلة من الكاشف الضوئي في وحدة المعالجة المركزية (Photodiodes)، إذ يتم معالجة الإشارات المرسلة من الكاشف الضوئي في وحدة المعالجة المركزية ليتم انتاج صور ثلاثية الابعاد لسطح وتضاريس العينة، ويزودنا (AFM) بمعلومات دقيقة عن خشونة سطح العينة (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي لخشونة سطح العينة (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي لخشونة مطح العينة (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي الخشونة مطح العينة (Root Mean) ومعدل (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي الخشونة مطح العينة (Root Mean) ومعدل (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي الخشونة مطح العينة (Root Mean) (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي الخشونة مطح العينة (Root Mean) (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي الخشونة مطح العينة (Root Mean) ومعدل (Root Mean) ومعدل الجذر التربيعي الخشونة مطح العينة (Root Mean) (Root Mean) ومعدل (Root Mean) (Root Mea



الشكل (2-8): الية عمل مجهر القوة الذرية (AFM) [108].

(FE-SEM) المجهر الالكتروني الماسح-الباعث للمجال (FE-SEM)

Field Emission-Scanning Electron Microscopy

يُعدُّ من الاجهزة التي لايمكننا الاستغناء عنها في مجال الابحاث العلمية وخصوصاً في تقنية النانو نظراً لإمتلاكه قوة تكبير عالية جداً، وقدرة تحليلية، واظهار الصور بجودة عالية. وتستعمل أجهزة المجهر الالكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM) في العديد من التطبيقات سواء في فحص البنية البلورية لأشباه الموصلات، أو في الدوائر الالكترونية الدقيقة، أو في دراسة التراكيب السطحية للأغشية الرقيقة. وتكمن الية عمل جهاز (FE-SEM) من خلال تحرير الالكترونات من مصدرها المدفع الالكتروني (Electron Gun) واطلاقها على شكل سيل من الالكترونات التي يتم توجيهها بواسطة عدسات مغناطيسية على العينة المراد فحصها ومسح سطحها بثلاثة ابعاد (3D) لتنتج صوراً ثلاثية الابعاد بكافة تفاصيلها من شقوق (Cracks) أوتجاويف (Pinholes) أو غير ها عندما يمسح الشعاع الالكتروني والذي يتم التحكم فيه من خلال المجال المغناطيسي بأستخدام فرق جهد متغير للتحكم في تحريك شعاع الالكترونات على العينة فأنه سوف يتفاعل مع سطح العينة وينتزع الالكترونات منها بشكل محدد، إذ يتم كشف هذه الالكترونات بواسطة الكاشف (FE-SEM Detector) عن طريق جذب الالكترونات المتشتتة. وبالاعتماد على عدد الالكترونات التي تصل الى الكاشف فانها سوف تسجل درجة محددة من مستوى الاضاءة على الشاشة، وباستخدام مجسات إضافية (Additional Probes) عن طريق جذب الكشف عن الالكترونات المتشتنة بالانعكاس عن سطح العينة وكذلك الأشعة السينية (X-Ray) المنبعثة عن العينة نقطة بنقطة وسطر بسطر وبذلك يتم تكوين صورة عن العينة الصلية ويجب أيضاً أن يفرغ عن العينة المنية على المتشتنة بالانعكاس عن سطح العينة وكذلك الأشعة السينية (Radditional Probes) يتم الكشف عن الالكترونات المتشتنة بالانعكاس عن سطح العينة وكذلك الأشعة السينية (Additional Probes) بنوغ عن العينة نقطة بنقطة وسطر بسطر وبذلك يتم تكوين صورة عن العينة الاصلية ويجب أيضاً أن يفرغ الجهاز من الهواء عند تشغيله، ويبين الشكل (2-9) مخطط لجهاز (FE-SEM) [6E-SEM] المنبعثة



الشكل (2-9): مخطط لأجزاء المجهر الالكتروني الماسح-الباعث للمجال (FE-SEM) [106].

Optical Properties

(2-8-2) الخصائص البصرية

يُعدُّ التفاعل بين الضوء وأشباه الموصلات مهماً جداً في در اسة المواد شبه الموصلة، لأنه يزودنا بالكثير من المعلومات حول أنواع الانتقالات الالكترونية وحزم الطاقة، كما أنه يصف الخصائص المميزة التي تحدد التفاعل بين الضوء والمادة [1]. فعندما يسقط ضوء أحادي اللون (أي ذو طول موجي محدد) بشكل عمودي على سطح أشباه الموصلات سينعكس جزء من الضوء الساقط وينفذ الجزء الاخر وسوف يمتص جزء من الضوء النافذ داخل المادة شبه الموصلة ، يحدث ذلك عندما تكون طاقة الجزء الممتص من الضوء اكبر من طاقة فجوة الطاقة المحظورة (Forbidden Energy Band Gap), وسيكون كافيا لأثارة الالكترونات ونقلها من مستويات الطاقة المنخفضة (حزمة التكافؤ) المملوءة مستويات الطاقة بالحزمتين يكون كبيراً، وأنَّ نسبة المصاص الضوء داخل المادة شبه الموصلة، مستويات الطاقة بالحزمتين يكون كبيراً، وأنَّ نسبة امتصاص الضوء داخل المادة شبه الموصلة المنخفضة طردياً مع شدة الضوء الساقط عند طول موجي محدد وهذا يؤدي إلى اضمحلال في شدة الضوء أحادي اللون أسياً عند مرور الشعاع الضوئي داخل البلورة وأنَّ العلاقة التي تربط بين امتصاص شعاع الضوء وحصائص المادة يتم التعبير عنها بالعلاقة ((2 – 8) والتي تسمى بعلاقة بير-لامبرت -Bertime).

$$I_t = I_o \ e^{-\alpha t} \tag{8-2}$$

إذ أنَّ:

- . شدة الضوء النافذ لمسافة (x) داخل شبه الموصل (I_t)
 - (I_o) شدة الضوء الساقط.
 - (α) معامل الامتصاص.

(1-2-8-2) الامتصاصية

Absorbance (A)

(Optoelectronic تُعدُّ الامتصاصية خاصية مهمة في التطبيقات الكهروضوئية Optoelectronic) (IA) فهي تمثل النسبة بين شدة الشعاع الممتص (IA) من قبل المادة الى شدة الشعاع الساقط (I_A) عليها، وتحسب من العلاقة (2 – 9) [112].

(2-2-8-2) النفاذية

$$A = I_A / I_o \tag{9-2}$$

Transmittance (T)

Reflectance (R)

تمثل النفاذية النسبة بين شدة الشعاع النافذ (I_t) الى شدة الشعاع الساقط (I_o) على سطح المادة، وتحسب من العلاقة (2 - 10) [112].

$$T = I_t / I_o \tag{10-2}$$

(2-8-2) الانعكاسية

تسمى النسبة بين شدة الشعاع المنعكس عند سقوط حزمة من الضوء على سطح مادة إلى شدة الشعاع الساقط بالانعكاسية والتي ترتبط بمعامل الانكسار ومعامل الخمود وفق العلاقة (2 - 11) [111].

$$R = \frac{(n_0 - 1)^2 + k^2}{(n_0 + 1)^2 + k^2}$$
(11 - 2)

اذ ان:

(Refractive Index) معامل الانكسار
$$(n_o)$$

(k) معامل الخمود (Extinction Coefficient).

فعندما (K=0)

$$R = \frac{(n_o - 1)^2}{(n_o + 1)^2}$$
(12 - 2)

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

كما ترتبط الامتصاصية مع كل من النفاذية والانعكاسية وفق العلاقة (2-14) والتي تدعى بقانون حفظ الطاقة [114].

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

Fundamental Absorption Edge

(1-2-8-2) حافة الامتصاص الأساسية

هي مقدار الزيادة الحاصلة سريعاً في الامتصاص عندما تكون طاقة الاشعاع الممتصة من المادة تساوي تقريباً قيمة فجوة الطاقة (E_g)، إذ تمثل حافة الامتصاص الأساسية أقل فرق في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ (قمة) وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل (قعر) في المواد. وتكون حافة الامتصاص الاساسية حادة في أشباه الموصلات أحادية التبلور بينما تكون أقل حدة في أشباه الموصلات متعددة التبلور وأنَّ مناطق الامتصاص تقسم على ثلاث مناطق كما يوضحه الشكل (2-10) الذي يبين العلاقة بين معامل الامتصاص (α) وطاقة الفوتون (hv) [115].

High Absorption Region

1-منطقة الامتصاص العالى

تبلغ قيمة معامل الامتصاص (α) في هذه المنطقة ($\alpha^{-1} \le \alpha$) والموضحة في الشكل α) (2-01 وتنشأ هذه المنطقة عندما تحدث الانتقالات الالكترونية من المستويات التي تمتد في حزمة التكافؤ الى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، حيث يمكن من خلالها التعرف على فجوة الطاقة البصرية [1]، ويعبر عن معامل الامتصاص (α) باستعمال العلاقة (2-15) [116].

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

إذ أَنَّ:

(hv) طاقة الفوتون، و (k) ثابت يعتمد على طبيعة المادة، و (E_g) فجوة الطاقة البصرية، و (r) معامل (hv) يعتمد على طبيعة الانتقال ويمتلك (4) قيم هي (1/2, 3/2, 2, 3).



الشكل (2-10): مخطط يوضح مناطق الامتصاص [115].

Exponential Absorption Region

2-منظقة الامتصاص الأسى

تقع قيمة معامل الامتصاص (α) في منطقة الامتصاص الأسي ضمن المدى >1) ($\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$) وكما مبين بالشكل (2-10 b)، وتحدث الانتقالات الالكترونية في هذه المنطقة بين المستويات الموضعية المتواجدة في قمة حزمة التكافؤ الى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل [11] ، وتزداد فيها حافة الامتصاص أسياً وذلك بسبب حدوث زيادة تدريجية في الامتصاص قد تمتد لبضعة الكترون-فولت، إذ تنشأ عندها منطقة ذيول اورباخ نتيجة الزيادة الحاصلة في معامل الامتصاص الناتج من خلل في البلورة المثالية بسبب التطعيم أو العيوب كما في الشكل (2-11) الذي يوضح ذيول اورباخ علاقة اورباخ (Urbach Tail)، وأنَّ معامل الامتصاص (α) يزداد في هذه المنطقة ويُعبر عنه باستخدام علاقة اورباخ (Urbach) والمتمثلة بالمعادلة (2 - 16) [111].

$$\alpha = \alpha_0 \, e^{h\nu/E_u} \tag{16-2}$$

إذ أَنَّ: - α_0 ثابت التناسب، و E_u عرض الذيول للمستويات الموضعية في منطقة فجوة الطاقة البصرية (طاقة ذيول اورباخ) وتكون مساوية إلى مقلوب ميل الخط المستقيم الناشئ عن رسم العلاقة البيانية بين (hv) و(hv) و(Ln α).



شكل (2-11): مخطط ذيول اورباخ [119].

Low Absorption Region

3-منطقة الامتصاص الواطئ

(2-8-2) الانتقالات الالكترونية

تكون قيمة معامل الامتصاص صغيرة جدا في هذه المنطقة ($\alpha < 1 \text{ cm}^{-1}$) إذ أنَّ الامتصاص البصري يكون ضعيفاً وتمثل هذه المنطقة الانتقالات الالكترونية بين المستويات الموضعية (الذيول) داخل فجوة الطاقة، كما تعتمد منطقة الامتصاص الواطئ على طبيعة تركيب المادة ويبين الشكل c) (10-2) منطقة الامتصاص الواطئ [115].

Electronic Transitions

يتضح من خلال دراسة الخصائص البصرية بأنه يمكننا التمييز بين نوعين من الانتقالات الالكترونية [119].

Direct Transitions

وهي عملية انتقال الالكترون من أعلى حالة طاقة (قمة) في حزمة التكافؤ (Valance Band) إلى أقل حالة طاقة (قعر) في حزمة التوصيل (Conduction Band) في فضاء متجه الموجة -K) (Space عند النقطة نفسها إذ أَنَّ (ΔK=0)، عندما يمتص الالكترون في حزمة التكافؤ فوتوناً يمتلك طاقة تساوى أو أكبر من فجوة الطاقة البصرية (hv≥E₀) عندها ينتقل الى حزمة التوصيل، يحدث هذا النوع من الانتقالات دون حصول تغير ملحوظ في الزخم بمعنى أنه يخضع لقانون حفظ الطاقة والزخم [109.96]، وتعرف أشباه الموصلات التي يحدث فيها هذا النوع من الانتقالات بأشباه الموصلات المباشرة (Direct Semiconductors)، وهنالك نوعين من الانتقالات الالكترونية المباشرة [17]:

Direct Allowed Transition

يحدث هذا النوع عندما ينتقل الكترون بصورة مباشرة من قمة حزمة التكافؤ (V.B) إلى قعر حزمة التوصيل (C.B)، وكما مبين في الشكل (2-12 a) [17].

Direct Forbidden Transition

يحدث هذا النوع عند انتقال الالكترونات بين النقاط التي تكون مواقعها مجاورة لأعلى نقطة وإوطأ في حزمتي التكافؤ (V.B) والتوصيل (V.C) على التوالي [17]، وكما موضح في الشكل (b) (2-12. أَنَّ قيمة فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة أو الممنوعة يمكن حسابها من العلاقة (2 - 15) والتي من خلالها يتضبح أنَّ قيمة (r) هي التي تحدد نوع الانتقال المباشر في مادة شبه الموصل (r = 3/2) فعندما تكون قيمتها (r = 1/2) فالانتقال بكون مباشراً مسموحاً أما عندما تكون قيمتها فالانتقال يكون مباشر أ ممنو عاً [117,106].

Indirect Transitions

وهي عملية انتقال الالكترونات من حالة الطاقة الأعلى (قمة) في حزمة التكافؤ الى حالة الطاقة الأقل (قعر) حزمة التوصيل في مناطق مختلفة من فضاء متجه الموجة (K-Space) عند النقطة نفسها، ويكون هذا الانتقال بصورة غير عمودية (بصورة مائلة) ولا تتساوى قيمتى متجه الموجة (K) للالكترون قبل الانتقال وبعده أي أنَّ (ΔK ≠ 0) لهذا السبب تحدث الانتقالات غير المباشرة بمساندة

1-الانتقالات المباشرة

2-الانتقالات غير المباشرة

*-الانتقال المباشر الممنوع

*-الانتقال المباشر المسموح

الفونونات (Phonons). من أجل حفظ الزخم (قوة الدفع) الناتج من تغير متجه الموجة للالكترون، ويطلق على أشباه الموصلات التي يحدث فيها هذا النوع من الانتقالات بأشباه الموصلات غير المباشرة [109, 117]. هنالك نوعان من الانتقالات الالكترونية غير المباشرة والتي تمتلك أيضاً فجوة طاقة غير مباشرة (Indirect Energy-Gap) [106,17]:

Indirect Allowed Transition

يحدث هذا النوع من الانتقالات عندما يكون الانتقال بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ (V.B) وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل (C.B) وير افقه تغير في قيمة متجه الموجة ($\Delta K \neq 0$)، وكما موضح في الشكل (2-12 c) [106, 117].

Indirect Forbidden Transition

يحدث هذا الانتقال بين الحزم من النقاط المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل، ويرافقه أيضاً تغير في قيمة متجه الموجة (ΔK ≠ 0)، وكما مبين في الشكل (2-12 d).

تحسب قيمة فجوة الطاقة غير المباشرة (Indirect Energy – Gap) باستخدام العلاقة (2 - 17) [109,117].

 $\alpha h\nu = B_1 (h\nu - E_g^{opt} \pm E_{ph})^r$ (17-2)

إذ أَنَّ:

(E_g^{opt}) تمثل فجوة-الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموح بوحدة الالكترون-فولت (E_g^{opt}) يمثل ثابت يعتمد على نوع المادة. (E_{ph}) تمثل طاقة الفونون بوحدة (eV). الإشارة (-) (eV). (B_1) يمثل ثابت يعتمد على نوع المادة. (E_{ph}) تمثل طاقة الفونون بوحدة (ev). الإشارة (-) تعني انبعاث فونون والاشارة (+) تعني امتصاص فونون. (r) هو معامل أسي يحدد طبيعة الانتقال فعندما تكون قيمته (r=2) فان الانتقال يكون غير مباشر مسموح أما إذا كانت قيمته (r=3) فيكون الانتقال غير مباشر مسموح أما إذا كانت قيمته (r=3).

*-الانتقال غير المباشر الممنوع

*-الانتقال غير المباشر المسموح



شكل (2-12): أنواع الانتقالات الالكترونية [106].

| (b) الانتقال المباشر الممنوع. | (a) الانتقال المباشر المسموح. |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (d) الانتقال غير المباشر الممنوع | (c) الانتقال غير المباشر المسموح. |

Optical Constants

(2-8-2) الثوابت البصرية

1-معامل الامتصاص

Absorption Coefficient (α)

يمثل معامل الامتصاص (α) نسبة النقص (الخسارة) في شدة الشعاع (الضوء) الساقط بالنسبة الى وحدة المسافة (سمك) داخل الوسط ويعتمد على طاقة الفوتونات الساقطة (hv) و على نوع الانتقالات الالكترونية التي تحدث بين حزم الطاقة و على خصائص المادة شبه الموصلة بالنسبة لفجوة الطاقة [120] ويقدر معامل الامتصاص بوحدات (cm^{-1}) [106, 15]. ينفذ الفوتون داخل المادة إذا كانت طاقته أقل من فجوة الطاقة (E_g)، وتعطى نفاذية المادة شبه الموصلة بالعلاقة الأتية (2 - 18) [112].

$$T = (1 - R)^2 e^{-\alpha t}$$
 (18 - 2)
إذ أَنَّ:- (T) النفاذية، (R) الانعكاسية، (t) سمك المادة (الغشاء).
2_معامل الانكسار المعقد

*معامل الانكسار

يمكن كتابة قانون بير -لأمبرت (Beer-Lambert) العلاقة (2 - 8) بالصيغة الأتية: $\ln \frac{I_t}{I_0} = -\alpha t$ (19 - 2) $\alpha t = 2.303 \log \frac{I_0}{I_t}$ (20 - 2)

وبما أَنَّ المقدار (log I₀/I_t) يمثل امتصاصية مادة الغشاء (A) يمكننا كتابة المعادلة (2 - 20) بالصيغة الأتية [109, 121]:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \tag{21-2}$$

تساعد معرفة قيم معامل الامتصاص (α) في تحديد طبيعة الانتقالات فإذا كانت قيمه عالية أي أنها تكون ($\alpha = 10^4.cm^{-1}$)، وهذا يشير إلى احتمالية حدوث انتقال الكتروني مباشر، أما إذا كانت قيمة معامل الامتصاص صغيرة أي أنَّ ($\alpha = 10^4.cm^{-1}$) فهذا يعني احتمالية حدوث انتقال الكتروني غير معامل الامتصاص منغيرة أي أنَّ ($\alpha < 10^4.cm^{-1}$) فهذا يعني احتمالية حدوث انتقال الكترواني غير مباشر [109,15].

هنالك أيضاً تعبيران شائعان بالنسبة للثوابت البصرية وهما معامل الانكسار المعقد (حقيقي وخيالي)، وثابت العزل البصري (حقيقي وخيالي)، إذ تختلف قيمهما للمادة باختلاف الاطوال الموجية.

Complex Refractive Index (N*)

يصف معامل الانكسار المعقد (N*) مدى تأثر المادة بالشعاع الضوئي من خلال تفاعله مع المادة، فهو يعتمد بشكل كبير على نوع المادة وتركيبها البلوري [111]، ويتألف من جزأين هما:

Refractive Index (n_o)

يمثل معامل الانكسار (n_o) الجزء الحقيقي (Real Part) من معامل الانكسار المعقد (N^{*})، ويعرف بأنه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ (c) إلى سرعته في الوسط المادي (v) [106]، وكما موضح في العلاقة (2 - 22).[122].

$$n_{o} = c/v \tag{22-2}$$

ومن خلال العلاقة (2 - 9) يمكن التعبير عن معامل الانكسار (no) بالعلاقة الأتية [111, 106]:

*_معامل الخمود

$$n_{o} = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^{2} - \left(K_{o}^{2} + 1 \right) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R}$$
(23-2)

Extinction Coefficient (k₀)

يعرف معامل الخمود (k_o) على أنه الخمود (التوهين) الحاصل للموجة الكهرومغناطيسية التي تدخل المادة نتيجة تفاعلها مع جسيمات المادة، ويمثل أيضاً ما تمتصه الالكترونات من طاقة الفوتونات الساقطة، إذ تتحدد قيمة معامل الخمود خلال تفاعلات الموجة الكهرومغناطيسية مع الوسط. ويمثل معامل الخمود (k_o) الجزء الخيالي (Imaginary Part) من معامل الانكسار المعقد ويحسب من العلاقة الاتية [109, 80]:

$$k_{o} = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \tag{24-2}$$

إذ أَنَّ:

3-ثابت العزل البصرى المعقد

(λ): الطول الموجي بوحدات (cm) للشعاع الكهر ومغناطيسي الساقط.

Optical Complex Dielectric Constant (ε)

يعرف ثابت العزل المعقد (ع) بأنه قابلية المادة على الاستقطاب، إذ يمثل استجابة ذرات المادة لمختلف الترددات وبسلوك معقد، إذ يصف التفاعل بين الضوء والمادة عند انتقال الضوء خلالها، وينتج من تفاعل الضوء مع المادة استقطابية لشحنات الوسط، إذ تكون الاستقطابية الالكترونية هي السائدة على أنواع الاستقطاب الأخرى ويوصف عادة هذا الاستقطاب بثابت العزل المعقد (ع) ويعطى بالعلاقة الاتية [123,109]:

 $\epsilon = \epsilon_1 - i\epsilon_2$ (25 - 2) إذ أَنَّ: (ϵ_1): الجزء الحقيقي لثابت العزل، (ϵ_2): الجزء الخيالي لثابت العزل

ويرتبط معامل الانكسار المعقد (N*) مع ثابت العزل المعقد (z) بالعلاقة الاتية [109, 119]:

الجزء النظري

| $N^* = \sqrt{\epsilon}$ | (26 – 2) |
|---|---|
| | وبتعويض قيم كل من (N*) و (z) تصبح المعادلة: |
| $\epsilon_1 - i\epsilon_2 = (n_o - ik_o)^2$ | (27 – 2) |
| معقد بالصورة الأتية: | ويمكن كتابة الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل ال |
| $\epsilon_1 = n_o^2 - k_o^2$ | (28 – 2) |
| $\epsilon_2 = 2n_ok_o$ | (29 – 2) |
| حساب ثابت العزل المعقد بجز أيه الحقيقي | ويمكننا من خلال المعادلتين (2 – 28) و (2 – 29) |
| | والخيالي للأغشية المحضرة. |
| | |

Electrical Properties

(2-8-2) الخصائص الكهربائية

تختلف الخصائص الكهربائية لأشباه الموصلات البلورية وغير البلورية باختلاف عمليات الانتقال الالكتروني لهما، إذ تمتاز المواد غير البلورية (العشوائية) بوجود ترتيب المدى القصير في تركيبها البلوري والذي يؤدي بدوره الى نشوء مستويات موضعية أو ذيول عند الحافات الحركية لكل من حزمتي التكافؤ والتوصيل، في حين تمتاز المواد البلورية والتي يكون لكل من حجمها وحدودها تأثير من حزمتي التكافؤ والتوصيل، في حين تمتاز المواد البلورية والتي يكون لكل من حجمها وحدودها تأثير على من حزمتي التكافؤ والتوصيل، في حين تمتاز المواد البلورية والتي يكون لكل من حجمها وحدودها تأثير على حركة حاملات الشحنة، وتختلف الحدود الحبيبية للمركبات شبه الموصلة عن العناصر شبه الموصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة، وتختلف الحدود الحبيبية للمركبات شبه الموصلة عن العناصر شبه الموصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة بسبب تباين حجم الحبيبات. تعتمد التوصيلية الكهربائية لأشباه الموصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة بسبب تباين حجم الحبيبات. معامل السلوك المواد الموصلة إذ تقل الموصلة من ناحية المواد الموصلة من ناحية المواد المواد الموصلة من ناحية الكهربائية لأشباه على حركة حاملات الشحنة، وتختلف الحدود الحبيبية للمركبات شبه الموصلة عن العناصر شبه الموصلة من العناصر شبه الموصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة بسبب تباين حجم الحبيبات. تعتمد التوصيلية الكهربائية لأشباه الموصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة بسبب تباين حجم الحبيبات معامر التوميلية الكهربائية لأشباه موصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة بسبب تباين حجم الحبيبات. تعتمد التوصيلية الكهربائية لأشباه الموصلة من ناحية انتقال حاملات الشحنة بسبب تباين حجم الحبيبات. تعتمد التوصيلية الكهربائية الأشباه الموصلة من ناحية المواد الموصلة بذ تصلك ملوكاً معاكساً لسلوك المواد الموصلة إذ تقل الموصلات بشكل حرجة الحرارة، لذلك تنصف بكونها تمتك مقاومة ذات معامل حراري سالب [17].

Hall Effect

(2-8-2-1) تأثير هول

يعرف تأثير هول بأنه ظاهرة اختلاف توزيع التيار الكهربائي في شريحة معدنية بفعل مجال مغناطيسي و هو من الظواهر المهمة المستخدمة في تحديد نوع حاملات الشحنة (الكترونات أو فجوات) وكثافتها وتحركية هذه الحاملات. يعتمد عمل تأثير هول على تسليط مجال مغناطيسي (B_Z) بصورة عمودية على اتجاه سريان التيار الكهربائي (I_x) المنساب داخل شبه الموصل مؤدياً الى نشوء ميل للانحراف الجانبي لحاملات الشحنة بسبب قوة لورنتز مسببة بذلك فرق جهد داخل شبه الموصل يكون

باتجاه عمودي على كل من اتجاه التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي ويعرف فرق الجهد المتولد بجهد هول (V_H) (Hall Voltage) يصاحبه مجال كهربائي يسمى بمجال هول (E_H) وكما موضح بالشكل (13-2)، ويتم حساب معامل هول من العلاقة (2 – 30) [124, 17]:

$$R_{\rm H} = \frac{V_{\rm H}}{I_{\rm X}} \cdot \frac{t}{B_{\rm Z}} = -\left(\frac{1}{n_{\rm H}e}\right) \tag{30-2}$$

إذ أَنَّ:

(R_H): معامل هول وتكون اشارته موجب (+) لشبه الموصل (p-type) وسالبه (-) لشبه الموصل من النوع السالب (n-type).

$$(\mathrm{I_X})$$
: العلاقة الخطية بين فولتية هول $(\mathrm{V_H})$ والتيار الخارج $(\mathrm{I_X})$.

- (t): سمك شبه الموصل.
- (B_Z): شدة المجال المغناطيسي.

يتم حساب تركيز حاملات الشحنة لمعامل هول (R_H) من المعادلتين الأتيتين [124]:

$$n = \frac{-1}{R_{\rm H}e}. \quad \text{for} \quad n - \text{type} \tag{31-2}$$

$$P = \frac{1}{R_{\rm H}e} \qquad \text{for} \quad p - \text{type} \tag{32-2}$$

إذ تمثل (e): شحنة الالكترون مقاسة بوحدة الكولوم (C).

ويمكننا حساب تحركية هول (μ_H) (Hall Mobility) من خلال حساب كل من معامل هول (R_H) وقيم التوصيلية (σ) باستخدام العلاقة الأتية [124, 106]:

$$\mu_{\rm H} = \frac{\sigma}{n_{\rm H} e} = \sigma |R_{\rm H}| \tag{33-2}$$



الشكل (2-13): ظاهرة تأثير هول [125].

الفصل الثالث

الجزء العملي

Introduction

يتضمن هذا الفصل عرضاً دقيقاً وموجزاً للخطوات العملية المتبعة في تحضير أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة تطعيما ثنائياً بعنصري الخارصين والكوبلت -co (co (Zn + Co)) (Soin Coating، باستعمال طريقة الطلاء ألبرمي (Spin Coating) للمحلول الهلامي (Soi-Gel)، وإعطاء وصف عام للمنظومة والأجهزة المستعملة فيها وتحضير المحاليل وتهيئة القواعد التي يتم ترسيب الأغشية عليها، ومتضمناً أيضاً وصفاً للأجهزة المستعملة في دراسة الخصائص التركيبية والبصرية والكهربائية للأغشية المحضرة.

Spin Coating System

(2-3) منظومة الطلاء البرمي

تم استعمال جهاز الطلاء البرمي بريطاني المنشأ والمصنع من قبل شركة (Ossila) لترسيب الأغشية في مختبر قسم الفيزياء في كلية العلوم جامعة ديالى والمبين في الشكل (3-1)، إذ يتكون من محرك كهربائي متصل بقاعدة تدور حول محور ثابت يوضع فوقها الشريحة المراد ترسيب الغشاء عليها. يتم التحكم بالزمن وسرعة دوران المحرك عن طريق لوحة الكترونية توجد فوق السطح العلوي للجهاز، إذ يتم بواسطتها تحديد الزمن المستغرق والسرعة المطلوبة للدوران كما يمكن اختيار أكثر من سرعة وتحديد الزمن لكل سرعة وفق خطوات تصل إلى (100 Step) وأقصى سرعة يصلها المحرك الكهربائي هي (6000 rpm) وتمثل قوة الطرد المركزي المبدأ الأساس لعمل جهاز الطلاء البرمي.



الشكل (3-1): جهاز الطلاء البرمي (Spin Coating).

(3-3) تحضير الأغشية الرقيقة

(1-3-3) تهيئة قواعد الترسيب

يتم إتباع الخطوات الأتية للحصول على أغشية رقيقة ذات مواصفات جيدة باستعمال تقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel Spin Coating Technique):

Preparation of Deposition Substrates

Preparation of Thin Films

تختلف قواعد ترسيب الأغشية الرقيقة باختلاف التطبيق فيمكن أنْ تشمل (المعادن، أشباه الموصلات، السيراميك، البوليمرات، الزجاج بأنواعه المختلفة) وتم في هذا البحث استخدام قواعد مصنوعة من الكوارتز (SiO₂) بأبعاد 2cm² (2×1.5) وسمكها (0.1cm) كقواعد لترسيب أغشية CdO الرقيقة غير المطعمة والمطعمة تطعيماً ثنائياً بالخارصين والكوبلت [SiO₂) كقواعد لترسيب أغشية ويتميز هذا النوع من القواعد بسهولة تقطيعه وتنظيفه ومطابق للمواصفات اللازمة لتحضير أغشية CdO الرقيقة والتي تدخل في تطبيقات الخلايا الشمسية والمتحسسات الغازية وغير ها كما أنَّ القواعد يجب أنْ يلاحظ بأنها تكون خالية من الشقوق والخدوش التي قد تنتج بسبب العيوب الصناعية أو أثناء عملية التقطيع لأن ذلك يؤثر بشكل كبير على تجانس الغشاء عند استخدام تقنية الطلاء البرمي.

تمر عملية تهيئة القواعد لترسيب الأغشية الرقيقة بمراحل عدة وهي:

- التحديثة عليه القواعد إلى أشكال مستطيلة ذات ابعاد 2x2) (m²).
- خسل القواعد بسوائل التنظيف والماء المقطر للتخلص من العوالق الناتجة من العوامل الجوية وغيرها.
- خسل الشرائح بالماء الخالي من الأيونات (Deionized Water) للتخلص من مكونات المساحيق.
- ب تغمر القواعد في دورق زجاجي (Beaker) يحتوي على أسيتون ثم يوضع الاناء (الدورق) في جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultra-Sonic Bath) المجهز من قبل شركة Wise Clean
 بهاز الموجات فوق الصوتية (Ultra-Sonic Bath) المجهز من قبل شركة المركة وبقايا أملاح الإنكليزية لمدة (15min) للتخلص من بقايا العوالق الناتجة من مساحيق التنظيف وبقايا أملاح الماء و غير ها من الملوثات العضوية ومن ثم إخراجها وتجفيفها داخل فرن تجفيف بدرجة حرارة (2° 80) لمدة (15min).
- تغمر القواعد في دورق يحتوي على الايثانول ومن ثم يتم وضعه في جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة (15min) ومن ثم إخراجها وتنظيفها.

- نغمر القواعد كليا في دورق زجاجي يحتوي على ماء خالي من الأيونات ويوضع الدورق داخل جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة (15min) للتخلص من بقايا الأسيتون والايثانول ومن ثم يتم إخراجها وتجفيفها وتعريضها الى غاز النتروجين لغرض إزالة بقايا العوالق والغبار قبل ترسيبها.
- Preparation of Precursor Solutions (2-3-3) تحضير المحاليل البدائية

أُستعملت المواد الأتية لتحضير المحاليل بطريقة ال Sol-Gel لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالكوبلت والخار صين:

- 1- خلات الكادميوم المائية (Cd(CH₃COO)₂.2H₂O): هي مسحوق أبيض اللون ذو وزن جزيئي (266.53 g/mol) ونقاوتها (%99) والمجهزة من شركة (THOMAS BAKER) الهندية.
- 2- خلات الخارصين المائية (Zn(CH₃CO₂).2H₂O): هي مسحوق أبيض اللون ذو وزن
 جزيئي (Scharlau) ونقاوتها (%98.5) والمجهزة من شركة (Scharlau) الاسبانية.
- 3- كلوريد الكوبلت المائي (CoCl₂. 6H₂O): هو مسحوق أُرجواني اللون ذو وزن جزيئي (237.93 g/mol) ونقاوة (%99) والمجهز من شركة (Riedel) الألمانية.
- 4- 2-ميثوكسي إيثانول (CH₃O.CH₂.CH₂OH): هو مذيب سائل شفاف عديم اللون وزنه الجزيئي (BDH) الإنكليزية.
- 5- أحادي-إيثانول آمين [(Mono-Ethanolamine (C₂H₇NO)]: هو سائل لزج عديم اللون شفاف وزنه الجزيئي (61.08 g/mol) وبنقاوة (%98) منشأه شركة (HIMEDIA) الهندية.
- *- لتحضير المحلول المستعمل في ترسيب أغشية (CdO) غير المطعمة تم اذابة (g 1.33265) من خلات الكادميوم المائية في (10 ml) من ال 2-ميثوكسي ايثانول بتركيز (M 0.5 M)، إذ تم حساب كتلة المادة المطلوبة المقابلة للتركيز المولاري من خلال العلاقة الرياضية الأتية [106, 109]:
- $M = (W_t/M_{wt}).(1000/V)$ (1-3)
 - إذ أَنَّ:
 - (M) التركيز المولاري (mol/L). (W_t) كتلة المادة المطلوب اذابتها (g). (M_{wt}) الوزن الجزيئي للمادة المذابة (g/mol)، (V) حجم المذيب الذي تتم فيه الاذابة (ml).

*- لتحضير المحاليل المستعملة في ترسيب أغشية (CdO) المطعمة تطعيما ثنائياً بعنصري الخارصين والكوبلت [Zn + Co) wt.% co-Doping] تم إذابة كل من خلات الكادميوم المائية بتركيز (M 0.5 M) كمصدر لأيونات الكادميوم وخلات الخارصين المائية بتركيز (M 0.5 M) كمصدر لأيونات الخارصين وكلوريد الكوبلت المائي بتركيز (M 0.5 M) كمصدر لأيونات الكوبلت في حجم نهائي مقداره (10 ml) من المذيب (2-ميثوكسي-ايثانول)، إذ تم حساب كتل المواد المطلوب اذابتها المقابلة للتركيز المولاري باستخدام العلاقة (3 – 1) وكما مبين بالجدول (1-3).

| Samples | Zn + Co wt.% co- doping level | Mass of Cd acetate di- hydrate (g) | Mass of Zn acetate di- hydrate (g) | Mass of Co (II) chloride (g) | Volume of 2- Methoxy- ethanol (ml) | Volume of Mono- Ethanol- amine (ml) | Molarity (M) | Annealing Temperature (°C) |
|------------------------------|--|---|---|--|--|--|-----------------|----------------------------------|
| Cd-1 Cd-2 Cd-3 Cd-4 | 0 + 0 | 1.3327 | 0 | 0 | 10 | 0.05 | 0.5 | 350 450 550 650 |
| Cd-5 | 1+1 | 1.3060 | 0.0110 | 0.0119 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |
| Cd-6 | 3 + 3 | 1.2527 | 0.0329 | 0.0357 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |
| Cd-7 | 5 + 5 | 1.1994 | 0.0549 | 0.0595 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |
| Cd-8 | 7 + 7 | 1.1461 | 0.0768 | 0.0833 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |
| Cd-9 | 1 + 9 | 1.1994 | 0.0110 | 0.1071 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |
| Cd-10 | 3 + 7 | 1.1994 | 0.0329 | 0.0833 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |
| Cd-11 | 7 + 3 | 1.1994 | 0.0768 | 0.0357 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |
| Cd-12 | 9 + 1 | 1.1994 | 0.0988 | 0.0119 | 10 | 0.05 | 0.5 | 450 |

الجدول (3-1): الكميات والنسب المستعملة في تحضير أغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية ونسب مختلفة بالخارصين والكوبلت.

تم وزن الكميات المناسبة من المواد (Precursors) المراد إذابتها في (10ml) من 2-ميثوكسي إيثانول باستعمال ميزان الكتروني من نوع (Mettler AE-160) ذي حساسية (g⁴⁻¹⁰) ومن ثم توضع المحاليل المبينة نسبها في الجدول (1-3) على خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) بدرجة حرارة الغرفة (RT) لمدة (15min) ثم ترفع درجة الحرارة تدريجياً إلى أن تصل إلى درجة (2°70) بعدها يتم إضافة (Drop-Wise) من أُحادي-إيثانول أمين تدريجياً على شكل (Drop-Wise) للحصول على إذابة تامة للمواد ومحاليل رائقة خالية من الترسبات مع بقاء المحاليل على الخلاط المغناطيسي لمدة ساعتين وبدرجة الحرارة نفسها (° °C) للمرور بعملية (Sol-Gel) وللحصول على محاليل لزجة نوعاً ما تزيد من التصاقها على القاعدة اثناء عملية الطلاء البرمي. حيث تم قياس الأس الهيدروجيني للمحاليل ووجد أنه يساوي (PH=7). كان اللون النهائي للمحلول غير المطعم شفافاً عديم اللون رائقاً، وكان اللون النهائي للمحاليل التي تحتوي على نسب عالية من الكوبلت بنفسجياً غامقاً بعض الشيء وبنفسجياً فاتحاً عند نسب التطعيم بالكوبلت الأقل وكما مبين في الشكل (2-2)، أخيراً يتم ترشيح المحاليل بورق ترشيح (Ageing) قبل ترسيبها.



الشكل (2-3): بعض المحاليل النهائية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة قبل الترسيب.

(3-3-3) العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة

Affecting Factors of Thin Films Preparation

عند تحضير الأغشية الرقيقة بتقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) هنالك عوامل عدة يجب مراعاتها أهمها:

- تجانس المحلول.
- درجة ذوبان ولزوجة وتركيز المحلول.
- اتزان جهاز الطلاء البرمي من حيث الموضع.
 - موقع العينة بالنسبة لمركز دوران الجهاز.
 - زمن الدوران.
 - سرعة الدوران.
 - درجة حرارة نمو الغشاء.

Thin Films Deposition

(4-3-3) ترسيب الأغشية

توضع قواعد الكوارتز (SiO₂) المعدة للترسيب (الطلاء) على قاعدة جهاز الطلاء البرمي (Spin Coating) مع مراعاة موضع القاعدة المراد ترسيب الغشاء عليها بالنسبة لمركز جهاز الطلاء البرمي من أجل الحصول على غشاء متجانس بشكل جيد وذلك لكون أساس عمل الجهاز معتمد على قوة الطرد المركزي واستمرارية الحركة باتجاه المماس وكذلك الحال بالنسبة للمحلول المراد طلاءه على القاعدة، إذ أَنَّ عدم تجانس المحلول أو عدم ذوبانه اذابة تامة أو عدم تمركز القاعدة بالنسبة لمحور على القاعدة، إذ أَنَّ عدم تجانس المحلول أو عدم ذوبانه اذابة تامة أو عدم تمركز القاعدة بالنسبة لمحور الدوران يؤدي إلى حدوث تشققات (Cracks) و ثقوب (Pinholes) و تشوه الغشاء وعدم تجانسه الدوران يؤدي الى حدوث تشققات (Cracks) و ثقوب (Pinholes) و تشوه الغشاء وعدم تجانسه السائل (Micro Pipet) إلى مركز الركيزة (القاعدة) إلى أَنْ يتم تغطية سطح القاعدة بالكامل، ثم يبدأ السائل (Micro Pipet) إلى مركز الركيزة (القاعدة) إلى أَنْ يتم تغطية سطح القاعدة بالكامل، ثم يبدأ التدوير من السكون الى (3000rpm) إلى مركز الركيزة (القاعدة) إلى أَنْ يتم تعطية سطح القاعدة بالكامل، ثم يبدأ وى الطرد المركزي (Adhesive Forces) وسطح القاعدة، وبعد توقف الدوران تؤخذ القاعدة التدوير من السكون الى (Adhesive Forces) بلى أَنْ يتم تنظيف الأذن القطنية بعد غمرها بسائل وى الطرد المركزي (Adhesive Forces) بلي أو التاعدة، وبعد توقف الدوران تؤخذ القاعدة المرسب عليها ويتم تنظيفها من الأسفل والجوانب بأعواد تنظيف الأذن القطنية بعد غمرها بسائل الإيثانول، وتوضع فوق مصدر حراري (Hot-Plate) بدرجة حرارة الغرفة (RT) ثم ترفع درجة حرارة ال Hot-Plate تدريجياً إلى درجة (C° C°) وتترك العينة لمدة (15min) لبدء عملية التنوي والنمو للطبقة الأولى من الغشاء ثم تخفض درجة حرارة ال Hot-Plate تدريجياً الى درجة حرارة ال eltive الغرفة لخرارة (Heat تدريجياً الى درجة حرارة ال Hot-Plate تدريجياً الى درجة حرارة (Heat تعممان عدم حصول تشوه في الغشاء الرقيق وتجفيفه بدرجة ومعالجة حرارية (Heat الغرفة لخمان عدم حصول تشوه في الغشاء الرقيق وتجفيفه بدرجة ومعالجة حرارية (Heat على فضمان عدم حصول تشوه في الغشاء الرقيق وتجفيفه بدرجة ومعالجة حرارية (Heat عدم حصول تشوه في الغشاء الرقيق وتجفيفه بدرجة ومعالجة حرارية (Heat الغرفة لخمان عدم حصول تشوه في الغشاء الرقيق وتجفيفه بدرجة ومعالجة حرارية على الغرف عدم خطيان عدم حصول تشوه في الغشاء الرقيق وتجفيفه بدرجة ومعالجة حرارية عدم الغربي المعدول (K&K, Korea) لغرض تلدينها التخلص من المخلفات العضوية (ملعمة والمطعمة داخل فرن كوري المنشأ (Organic Contamination) والمواد غير المرغوب فيها (بقايا مكونات المحاليل).

تم تلدين أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة بدرجات حرارة مختلفة داخل الفرن بالهواء (الفرن غير مفرغ من الهواء) وكما يأتي: العينة (Cd-1) تم تلدينها عند درجة (°° 300). العينة (Cd-2) تم تلدينها عند درجة (°° 450). العينة (Cd-3) تم تلدينها عند درجة (°° 500). العينة (Cd-4) تم تلدينها عند درجة (°° 60). وتم تلدين جميع أغشية CdO المطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت عند درجة (°° 450).

وتظهر المعادلة التقريبية الأتية تكون أوكسيد الكادميوم بعد ترسيب المحلول على القواعد:

 $Cd(CH_{3}COO)_{2}.2H_{2}O + 4O_{2} \xrightarrow{\varphi} CdO + 4CO_{2}/+ 6H_{2}O/$



الشكل (3-3): مخطط تفصيلي لخطوات تحضير أغشية CdO غير المطعمة والمطعمة.

*- الطريقة الوزنية

(3-4) قياس سمك الأغشية الرقيقة

Thin Films Thickness Measurement (t)

يُعدُّ سمك الغشاء أحد أهم العوامل في تحديد الخصائص الفيزيائية للأغشية الرقيقة، و هنالك أكثر من طريقة لقياس السمك منها:

Gravimetric Method

تتضمن هذه الطريقة وزن القواعد (الركائز) بعد تنظيفها جيداً قبل البدء بعملية الترسيب ومن ثم وزنها بعد عملية الترسيب لمعرفة الفرق في الكتلة (Δm) بوحدة (g) ومعرفة كل من مساحة الغشاء (S) بوحدة (cm²) و كثافة الغشاء (ρ) بوحدة (g/cm³)، إذ يتم حساب السمك (t) وفق المعادلة الأتية [129, 124]:

$$t = \frac{\Delta m}{\rho s} \tag{2-3}$$

أما بالنسبة للأغشية المطعمة فيتم حساب الكثافة الكلية لها باستخدام العلاقة الاتية:

الكثافة الكلية = كثافة مادة (CdO) × نسبتها المئوية في المحلول + كثافة مادة (Zn) × نسبتها المئوية في المحلول + كثافة مادة (Co) × نسبتها المئوية في المحلول.

تحتوي الطريقة الوزنية على نسبة خطأ في تحديد سمك الغشاء الرقيق. لذلك يتم اللجوء الى طرق أخرى أكثر دقة لقياس سمك الغشاء.

* - تصوير المقطع العرضى

Cross Section Imaging

تعتبر طريقة مباشرة وأكثر دقة من الطريقة الوزنية لقياس سمك الأغشية الرقيقة، إذ يتم تصوير مقطع عرضي للغشاء من خلال اجراء فحص (FE-SEM) ولذلك تم اعتماد هذه الطريقة في بحثنا.

Structural Measurements

تم تشخيص طبيعة التركيب البلوري لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة باستخدام التقنيات الأتية:

X-ray Diffraction (XRD)

تُعدُّ تقنية (XRD) غير إتلافية وتعطي معلومات حول البنية البلورية والخصائص التركيبية للأغشية المحضرة والجهاز المستعمل في هذا البحث من نوع (XRD Philips Xpert, Holland) ذو نوع هدف (λ_{Cu-Kα} = 1.54060 Å) والطول الموجي الأحادي المستخدم (Å Δ_{Cu-Kα} = 1.54060 Å) المتوفر في جامعة كاشان - الجمهورية الإيرانية، إذ تم تشخيص نمط XRD ومواقع القمم التي تظهر عند تسليط الأشعة السينية (X-ray) لمدى من الزوايا (80 - 20 = 20) على سطح الغشاء الرقيق نتيجة انعكاسها من السطوح البلورية والتي يحدث عندها تداخل بناء لموجات الأشعة السينية وبمقارنة النتائج مع البطاقات (ICSD No. 075-0592) و (ICSD No. 075-0592) المتعلقة في نوع الغشاء المحضر في هذا البحث يمكن التأكد من دقة الغشاء الناتج. ويوضح الشكل (٤-4) مخططاً للتشخيص بالأشعة السينية (XRD) [86].



الشكل (3-4): التشخيص بالأشعة السينية (XRD) [86].

(3-3) القياسات التركيبية

(1-5-3) حيود الأشعة السينية

(3-3-2) مطيافية الأشعة تحت الحمراء

(3-3-3) مجهر القوة الذرية

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

تُعدُّ تقنية (FTIR) ضرورية، إذ تستعمل للكشف عن المجاميع الوظيفية العضوية والأواصر الكيميائية لمعظم المواد، إذ يقوم مطياف (FTIR) بجمع البيانات الطيفية في نطاق-طيفي عريض ويعتمد التحليل الطيفي له على ظاهرة امتصاص الأشعة تحت الحمراء بوساطة الموجات الكهر ومغناطيسية. تم في هذا البحث استخدام جهاز مطيافية (FTIR) موديل (IRAFFINITY-1 CE) المصنع في شركة (SHIMADZU CORPORATION) اليابانية، والمتوفر في مختبر كلية العلوم-جامعة ديالى.

Atomic Force Microscopy (AFM)

تُعد تقنية عالية الدقة تستخدم للتعرف على الطبيعة المسامية وسمك وتضاريس سطح العينة، إذ تعطي صور ثنائية (2D) وثلاثية (3D) الابعاد لسطح العينة. في هذا البحث تم استعمال مجهر القوة الذرية (AFM) المتوفر في معمل الأبحاث المركزي-جامعة مشهد الجمهورية الإيرانية وبمواصفات:

"(TT-2, advanced second generation tabletop microscope, Japan)"

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

Field Emission-Scanning Electron Microscopy (FE-SEM)

أعتمدت هذه التقنية لدراسة التراكيب السطحية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بعنصري الخارصين (Zn) والكوبلت (Co)، إذ يمكن من خلال تقنية (FE-SEM) معرفة توزيع وشكل الجسيمات فضلاً عن القدرة على كشف العيوب (Defects) في التركيب البلوري للمواد. تم أخذ صور لسطوح الأغشية المحضرة جميعها ومن ثم تحليلها باستعمال برنامج Jmage-J (برنامج يستخدم في تحليل الصور الثنائية والثلاثية الابعاد ويزودنا بملخص عن توزيع المساحة المحسوبة بعد عملية التحليل والذي يتضمن عدد (Count) الحبيبات المتواجدة في الصورة وأكبر (Max) وأصغر (Min) وكذلك متوسط (Mean) مساحة الحبيبات الموجودة في الصورة والذي بوساطته يمكن حساب معدل الحجم الحبيبي [Average Grain Size (D)] للنماذج المحضرة من خلال المعادلة الأتية [29, 130].

$$D = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}}$$
(3-3)

إذ أَنَّ:

(D) معدل الحجم الحبيبي.

(F) متوسط المساحة للحبيبات.

تم أخذ صور للمقطع-العرضي (Cross-Section) بجهاز (FE-SEM) لقياس سمك الأغشية المحضرة، فضلاً عن تحليلات طاقة الطيف (EDS) للكشف عن النسب الكيميائية للمواد المكونة للغشاء الرقيق. في هذا البحث تم استخدام مجهر من نوع (ZEISS Sigma FE-SEMs, Germany) الموجود بمعمل الأبحاث المركزي في جامعة مشهد-ايران.

Optical Measurements

(6-3) القياسات البصرية

تم استخدام مطياف (UV-Vissible1800, Spectrometer) ثنائي الحزمة والمجهز من قبل شركة (SHIMADZU) اليابانية بمدى طول موجي (λ) يتراوح بين (SHIMADZU) والموجود في مختبر البحوث بكلية العلوم-جامعة ديالى لقياس طيفي النفاذية (Transmittance) والامتصاصية (Absorbance)، ويوضح الشكل (3-5) مخطط لأجزاء المطياف [106, 131]. وتم حساب ورسم الثوابت البصرية وفجوة-الطاقة البصرية (E_g) من خلال طيف الامتصاصية باستخدام العلاقات الرياضية و عن طريق ادخال البيانات في برنامج (Origin 2018) لجميع أغشية CdO غير والمطعمة تطعيما ثنائياً بعنصري الخارصين والكوبلت [Zn + Co) wt.% co-Doping].



الشكل (3-5): مخطط أجزاء المطياف البصري [131].

(-3) القياسات الكهربائية (تأثير هول)

Electrical (Hall Effect) Measurements

تم قياس تأثير هول لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة عن طريق استخدام جهاز متطور من نوع (HMS-3000 VER3.5) والمجهز من قبل شركة (ECOPIA) الامريكية والموجود بقسم الطاقات المتجددة في وزارة العلوم والتكنلوجيا. الجهاز مربوط مع حاسب (Computer) ومزود ببرنامج خاص يعرض أهم المعلومات للعينة تحت الفحص عند درجة حرارة الغرفة (RT)، ومن هذه المعلمات: نوع شبه الموصل وتحركية وتركيز حاملات الشحنة والمقاومية والتوصيلية الكهربائية ومعامل هول فضلاً عن معلومات أخرى.

أَنَّ أَهم ما يتميز به هذا الجهاز هو شدة المجال المغناطيسي والاقطاب الابرية المصنوعة من الذهب والتي تلامس اقطاب النموذج المرسبة سابقاً والمتكونة من عنصر الالمنيوم (AI) والتي يستلزم شكلها أَنْ تكون عند زوايا الإنموذج الأربعة وذلك لأَنَّ القياسات تتطلب أربع اتصالات آومية على العينة تحت الاختبار وكما مبينة في الشكل (3-6 a)، وثمَّ يمكن الحصول على جميع المعلومات أعلاه بمجرد وضع النموذج في المكان المخصص له وتحديد بعض الثوابت والمعلمات قبل بدء التشغيل، ويبين الشكل (b 6-3) بعض العينات بعد ترسيب الأقطاب عليها بمادة الالمنيوم وباستعمال عجينة الفضة Silver) (Paste كمادة مساعدة في عملية التوصيل واجراء فحص هول عليها.



الشكل (a): (b). صورة لقاعدة النماذج التي توضع عليها العينات. (b). صورة العينات المحضرة.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Introduction

تضمن هذا الفصل تحليل ومناقشة نتائج الفحوصات التركيبية والبصرية والكهربائية لأغشية أوكسيد الكادميوم CdO غير المطعمة والمطعمة تطعيماً ثنائياً بالخارصين والكوبلت وبنسب تطعيم وزنية مختلفة والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي (Spin Coating) للمحلول الهلامي (Sol-Gel) وعند درجات حرارة تلدين (Annealing Temperature) ونسب تطعيم مختلفة، لمعرفة مدى تأثير تغير درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم الثنائي المتساوية والمختلفة لعنصري التطعيم الخارصين والكوبلت على أغشية CdO الرقيقة.

Structural Measurements

X-Ray Diffraction Results

أظهرت نتائج فحص حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة والمطعمة والمعمة متحددة التبلور (Polycrystalline) تطحيماً ثنائياً بعنصري الخارصين (Zn) والكوبلت (O) أنَّها متعددة التبلور (Preferential Orientation) ذات تركيب من النوع المكعب (Cubic) و (Lab) و (4-6) أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير الملعمة والملعمة ثنائياً (Cubic) و (4-6) و (5-6) أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير الملعمة والملعمة ثنائياً (Co-Doping) وتم تحليل هذه الأنماط لمعرفة مواقع وحدة القمم التي تشير إلى مدى تبلور الغشاء المحضر ، إذ أظهرت أنماط الحيود قمتين فقط للغشاء (1-10) عند CdO غير الملعمة والملعمة ثنائياً (Co-Doping) وتم تحليل هذه الأنماط لمعرفة مواقع وحدة القمم التي تشير إلى مدى تبلور الغشاء المحضر ، إذ أظهرت أنماط الحيود قمتين فقط للغشاء (1-20) عند CdO) غير الملعمة والملعمة ثنائياً (Cd-33,38,77) عند (Cd-3, Cd-3, Cd-7) حد (Cd-1) على التوالي ولا يُلحظ اتجاه سائد ومفضل للنمو لهذا الغشاء، وللأغشية (7-20, Cd-3, Cd-7) عند (Cd-5, Cd-6, Cd-7) عند (Cd-1, Cd-1) على التوالي ولا يُلحظ اتجاه (Cd-5, Cd-6, Cd-6) والذي يقابل المستويات (200), (201) على التوالي، وللأغشية (Cd-5, Cd-6, Cd-6) والذي يقابل المستويات (200), (201) على التوالي، وللغشاء (20 , 23,38,77) عند (7-3, 38, 55, 20) والتي تقابل المستويات (200), (200) إلاحة الوالي، وللغشاء (20 , 200) والتي تقابل المستويات (20 , 33,38,77) على التوالي، وللغشاء (20 , 200) والتي تقابل المستويات (20 , 200), (200) عند (Cd-1, Cd-1) على التوالي، وللغشية ، وأرز هذه النتاية بقابل المستويات (20 , 200) والتي والغي مولي والغي موليات (20 , 200) والتي معابل المستويات (20 , 200) والتي معابل المستوليان ولي مائل والغي مولي الذولي والذي يقابل المستويات (20 , 20 , 200) والتي والغي والغي والغي والغي والغي وللأغشية ، والغشية ، والأغشية ، والخمي والذ (20 , 20 , 20 , 20) والتي والغي و

(1-4) المقدمة

(1-2-4) نتائج حيود الأشعة السينية

(2-4) القياسات التركيبية

حرارة التلدين تزداد معها عدد القمم المتفقة مع البطاقة القياسية الدولية مع زيادة في شدتها يصاحبها نقصاً في عرض منحني منتصف القمة العظمى (FWHM) و الذي يؤدي بدوره إلى زيادة في حجم (Crystallographic Defects) و هذا يؤكد تقليل العيوب البلورية (Crystallographic Defects) و هذا يؤكد تقليل العيوب البلورية (Crystallographic Defects) و هذا يؤكد تقليل العيوب البلورية (Crystallographic Defects) و فريادة نسبة التبلور (Crystallinity) و هذا يؤكد تقليل العيوب البلورية (A, 63, 132) و هذا يؤكد تقليل العيوب البلورية (Crystallinity) و هذا يؤكد تقليل العيوب البلورية (Crystallographic Defects) و فريادة نسبة التبلور (Crystallinity) [20, 63, 132] و الكوبلت (A 2, 0)، وقد تبين أيضاً أنَّ بليوني الخارصين (A 63, 132) و الكوبلت (A 2, 0) و هذه المنبغة السينية المعميم الثنائي بأيوني الخارصين (Cd²⁺ions = 0.72) و الكوبلت (FWHM) بزيادة نسب التطعيم الثنائي (Co²⁺ions – 0.95) يؤدي الى زيادة في شدة القمم لنمط حيود الأشعة السينية (لقمر الكادميوم (A 60) = 0.74) يؤدي الى زيادة في شدة القمم لنمط حيود الأشعة السينية اليون الكادميوم (A 60) = 0.75) يؤدي الى زيادة في شدة القمم لنمط حيود الأشعة السينية (لتابعيم الثنائي رابيان الكادميوم (Co²⁺ions = 0.74) يؤدي الى زيادة في شدة القمم لنمط حيود الأشعة السينية الثنائي (Co²⁺ions التلغيم الثنائي الي تعويف) مقارنات (Co²⁺ions التلغيم الثنائي الي تعويض الموانات الثنائي (EWHM) ونقصاً في عرض منحنيات منتصف القمة العظمى (FWHM) بزيادة نسب التطعيم الثنائي الى تعويض الفراغات الثوكسجينية بوساطة أيونات الخارصين وأيونات الكوبلت [70]، أو قد تكون إستبدالية السبب في تحسن التركيب البلوري مع الزيادة في نسب التطعيم الثنائي الى تعويض الفراغات (لأوكسجينية بوساطة أيونات الخارصين وأيونات الكوبلت [70]، أو قد تكون إستبدالية الوراغات الأوكسجينية بوساطة أيونات الخارصين وأيونات الكوبلت [70]، أو قد تكون إستبدالية تحسن في التركيب وعدد البلوريات والداميوم (Cd²⁺) وعدد البلوريات وقد سجليم</sup> وعدد البلوريات والغال الداخلاعات والانفعال الداخلي وعدد البلوريات وأيونات الكوبلت [70]، أو قد تكون إستبدالية الأوكسجينية تحسن في التركيو وعدد البلوريات وكاميوم (Cd²⁺)</sup> وعدد البلوريات وقد سجلت الدر اسات السابقة تحسن في التركيب البلوري عند التطعيم ال

أما الاختلاف في شدة القمم وعرض منحنى منتصف الشدة العظمى (FWHM) بين نسب التطعيم الثنائي (co-doping) المختلفة كما موضح في الشكل (4-6) فيرجح الى إشغال أيونات الخارصين وأيونات الكوبلت مواقع بينية في الشبيكة البلورية لبلورة أوكسيد الكادميوم ينتج عنها اختلاف بسيط في دورية الشبيكة البلورية [73, 73]. وبينت نتائج فحص (XRD) بشكل عام أنَّ التركيب البلوري للأغشية المحضرة قد تأثر بشكل واضح بعمليتي التطعيم والتلدين مع الحفاظ على التركيب البلوري، وأنَّ الزحف بنسب طفيفة بقمم الحيود باتجاه الزيادة أو النقص في زوايا الحيود يؤكد وجود درات كل من الخارصين والكوبلت في تركيب أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO)، وأنَّ التطعيم الأحادي بعنصر الخارصين لأغشية OdO) يسبب نقص في شدة القمم واتساع في عرض منتصف القمة العظمى المعاصر الخارصين أو شرية التنائي يحسن الخصائص التركيبية وهذا أيضاً يدعم وجود كلا عنصري التطعيم (CdO) بينما التطعيم الثنائي يحسن الخصائص التركيبية وهذا أيضاً يدعم وجود كلا عنصري التطعيم (CdO) في تركيب أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) واوت التطعيم الأحادي التطعيم (CdO) بينما التطعيم الثنائي يحسن الخصائص التركيبية وهذا أيضاً يدعم وجود كلا عنصري



الشكل (1-4): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (2-4): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة للاتجاه السائد (111).



الشكل (4-3): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الشكل (4-3): أنماط حيود الأشعة السينية والكوبلت والملدنة بدرجة حرارة (C° 450).



الشكل (4-4): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة بدرجة حرارة (C° 450) للاتجاه السائد (111).



الشكل (4-5): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بنسب مختلفة بالخارصين والشكل (4-5): أنماط حيود الأشعة والكوبلت والملدنة بدرجة حرارة (C° 450).



الشكل (6-4): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بنسب مختلفة بعنصري الشكل (6-4): أنماط حيود الأشعة السينية لأغشية حرارة (6-0) غير المطعمة والمائد (111).

| Name and formula | a | Volume of cell (10^6 | pm^3): 103.48 |
|--------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|
| Reference code: | 01-075-0592 | 2. | 4.00 |
| Nelefence code. | 01-075-0552 | RIR: | 10.99 |
| Mineral name: | Monteponite (In exchanged), syn | | |
| Compound name: | Cadmium Oxide | | |
| ICSD name: | Cadmium Oxide | Subfiles and qua | lity |
| Empirical formula: | CdO | Subfiles: | Alloy, metal or intermetalic |
| Chemical formula: | CdO | Submes. | Corrosion |
| | | | Inorganic |
| ~ · · · | | | Mineral |
| <u>Crystallographic</u> | parameters | | Modelled additional pattern |
| Crystal system: | Cubic | Quality: | Calculated (C) |
| Space group: | Fm-3m | Commonte | |
| Space group number: | 225 | comments | |
| n (Å)- | 4 6049 | ICSD collection code: | 029290 |
| b (Å): | 4.6948 | Creation Date: | 1/1/1970 |
| c (Å): | 4.6948 | ICSD Collection Code: | 020200 |
| Alpha (°): | 90.0000 | Test from ICSD: | No R value given |
| Beta (°): | 90.0000 | Test from ICSD: | At least one TF missing |
| Gamma (°): | 90.0000 | Additional Patterns: | See PDF 5-640 |
| Calculated density (g/cn | 1^3): 8.24 | Test from ICSD: | Caic, density unusual but tolerable. |
| | | Intensity [56] | |
| References | | Ref. Pattern: Cadmium Oxide, C | 1-075-0592 |
| Primary reference: | Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997) | | |
| Structure: | Cimino, A., Marezio, M., J. Phys. Chem. Solids, 17, | | |
| | 57, (1960) | | |
| <u>Peak list</u> | | 50- | |
| No. b k l | d [a] 27beta[deg] T [8] | | |
| 1 1 1 1 | 2.71056 33.020 100.0 | | |
| 2 2 0 0 | 2.34741 38.313 84.0 | | |
| 4 3 1 1 | 1.41554 65.936 28.5 | | |
| 5 2 2 2 | 1.35528 69.273 12.2 | | |
| 0 9 0 0 | 1.1/3/1 02.030 4.0 | 40 | 50 60 70 80 |
| | | | Position (2Theta) (Copper (Cul) |

الشكل (1-4) البطاقة الدولية القياسية (ICSD) ذات الرقم التسلسلي (1590-75).

تم حساب المعلمات التركيبية الأتية إعتماداً على قياسات (XRD):

Interplanar Spacing (d_{hkl})

1- المسافة بين المستويات البلورية

تم حساب المسافة بين المستويات البلورية للأغشية المحضرة بالاعتماد على قانون براك للحبود (Bragg Law) (Bragg Law) العلاقة (2 - 1) للأغشية غير المطعمة والمطعمة، ووجد أنها تتفق إلى حدٍ كبير مع البطاقة الدولية القياسية (ICSD) ذات الرقم (250-75) لأغشية أوكسيد الكادميوم. تم في هذا البحث عتماد الاتجاه السائد والمفضل للنمو (111) لمعرفة مدى التغير الحاصل في خصائص أغشية OCdO عند تغير درجة حرارة التلدين وكذلك عند تطعيمها ثنائياً بالخارصين والكوبلت، ويلاحظ من خلال عند تغير درجة حرارة التلدين وكذلك عند تطعيمها ثنائياً بالخارصين والكوبلت، ويلاحظ من خلال والكوبلت، وهذا يؤكس المطعمة والمطعمة والمطعمة والمطعمة والمطعمة والمعين والكوبلت. ويلاحظ من خلال الجدول (4-1) أنَّ هناك تغيراً طفيفاً في قيم (ماله) للأغشية غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت، وهذا يؤكد أنَّ كل من عمليتي التلدين والتطعيم الثنائي تؤثران في التركيب البلوري للأغشية والكوبلت، وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحثون [130]

الجدول (4-1): زوايا الحيود ومعاملات ميلر وعرض منتصف القمة العظمى والمسافات البينية وحجم البلوريات للأغشية المحضرة.

| Sample | 20 | (hkl) | d _{hkl} | FWHM | Crystallite Size |
|--------|--------|-------|------------------|--------|--------------------------------------|
| Code | (°) | | (Å) | (°) | (\mathbf{D}_{hkl}) (\mathbf{nm}) |
| Cd-1 | 33.454 | (111) | 2.6786 | 0.5904 | 14.6747 |
| | 38.672 | (200) | 2.3284 | 0.5904 | 14.8939 |
| | 33.039 | (111) | 2.7113 | 0.3936 | 21.9883 |
| Cd-2 | 38.436 | (200) | 2.3421 | 0.3936 | 22.3248 |
| | 55.393 | (220) | 1.6573 | 0.7200 | 13.0154 |
| | 33.073 | (111) | 2.7086 | 0.2952 | 29.3203 |
| Cd-3 | 38.402 | (200) | 2.3441 | 0.3444 | 25.5114 |
| | 55.403 | (220) | 1.6571 | 0.6000 | 15.619 2 |
| | 32.832 | (111) | 0.2726 | 0.221 | 39.1402 |
| Cd-4 | 38.168 | (200) | 0.2356 | 0.238 | 36.8903 |
| | 56.775 | (220) | 0.1620 | 0.183 | 51.5382 |
| | 33.093 | (111) | 2.7070 | 0.2460 | 35.1862 |
| Cd-5 | 38.365 | (200) | 2.3462 | 0.3936 | 22.3200 |
| | 55.490 | (220) | 1.6560 | 0.5904 | 15.8795 |
| | 66.057 | (311) | 1.4133 | 0.7200 | 13.7454 |
| | 33.075 | (111) | 2.7085 | 0.3444 | 25.1318 |
| Cd-6 | 38.342 | (200) | 2.3477 | 0.3936 | 22.3184 |
| | 55.412 | (220) | 1.6582 | 0.4920 | 19.0486 |
| | 66.073 | (311) | 1.4129 | 0.7200 | 13.7466 |

يتبع الى الجدول (4-1).

| Sample | 20 | (hkl) | dhki | FWHM | Crystallite Size |
|--------|--------|-------|--------|--------|--------------------------------------|
| Code | (°) | | (Å) | (°) | (\mathbf{D}_{hkl}) (\mathbf{nm}) |
| | 32.991 | (111) | 2.7152 | 0.1968 | 43.9711 |
| Cd-7 | 38.337 | (200) | 2.3479 | 0.1968 | 44.6362 |
| | 55.355 | (220) | 1.6584 | 0.4800 | 19.5197 |
| | 33.041 | (111) | 2.7112 | 0.2460 | 35.1815 |
| Cd-8 | 38.338 | (200) | 2.3479 | 0.2460 | 35.7091 |
| | 55.327 | (220) | 1.6605 | 0.2952 | 31.7353 |
| | 66.026 | (311) | 1.4138 | 0.3600 | 27.4859 |
| | 33.067 | (111) | 2.7091 | 0.2952 | 29.3199 |
| Cd-9 | 38.339 | (200) | 2.3478 | 0.2460 | 35.7092 |
| | 55.344 | (220) | 1.6600 | 0.2952 | 31.7378 |
| | 66.046 | (311) | 1.4135 | 0.4800 | 20.6167 |
| | 32.911 | (111) | 2.7216 | 0.2460 | 35.1697 |
| Cd-10 | 38.193 | (200) | 2.3565 | 0.1968 | 44.6167 |
| | 55.234 | (220) | 1.6631 | 0.3936 | 23.7914 |
| | 65.953 | (311) | 1.4152 | 0.3600 | 27.2429 |
| Cd-11 | 33.111 | (111) | 2.7055 | 0.2952 | 29.3233 |
| | 38.362 | (200) | 2.3464 | 0.2952 | 29.7597 |
| | 55.445 | (220) | 1.6573 | 0.4920 | 19.0515 |
| | 66.175 | (311) | 1.4110 | 0.7200 | 13.7546 |
| Cd-12 | 33.177 | (111) | 2.7003 | 0.2952 | 29.3283 |
| | 38.481 | (200) | 2.3394 | 0.3936 | 22.3279 |
| | 55.524 | (220) | 1.6551 | 0.3936 | 23.8229 |
| | 66.285 | (311) | 1.4089 | 0.4800 | 20.6448 |

2- ثابت الشبيكة

Lattice Constant (a_o)

من خلال المعادلة (2 – 2) تم حساب ثابت الشبيكة (a) لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة والمطعمة والمطعمة والمستخدام المسافة البينية للمستويات البلورية والتي تم حسابها من العلاقة (2 – 1)، إذ اتفقت إلى حد كبير قيم ثابت الشبيكة المحسوبة مع البطاقة القياسية ذات الرقم (ICSD 75-0592-75) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO). يلحظ من الشكل (4-8 a) أنَّ قيم ثابت الشبيكة تزداد مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO). يلحظ من الشكل (4-8 a) أنَّ قيم ثابت الشبيكة تزداد مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO). يلحظ من الشكل (4-8 a) أنَّ قيم ثابت الشبيكة تزداد مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية أي حدوث إكمار (CdO) غير المطعمة وتصل أعلى قيمة لها عند (2^o 650) وقد يعزى ذلك إلى إتساع في الشبيكة البلورية أي حدوث تبلور عالي لمادة الغشاء أو حدوث إضطراب في الشبيكة نتيجة التلدين [24, 131]، أما عند التطعيم الثنائي بنسب ثابتة كما في الشبكل (4-8 d) والتطعيم بنسب مختلفة الشكل (4-8 c) فيلحظ أنَّ في حدوث تبلور عالي المادة الغشاء أو حدوث إضطراب في الشبيكة نتيجة التلدين [24, 131]، أما عند التطعيم الثنائي واختلافاً في قيم (a) فيلحظ أنَّ أي حدوث تبلور عالي أمادة الغشاء أو حدوث إضطراب في الشبيكة نتيجة التلدين [24, 132]، أما عند التطعيم الثنائي بنسب ثابتة كما في الشكل (4-8 d) والتطعيم بنسب مختلفة الشكل (4-8 c) فيلحظ أنَّ أي حدوث تبلور عالي أو اختلافاً في قيم (a) الشكل (4-8 d) والتطعيم بنسب مختلفة الشكل (4-8 c) والتطعيم الثنائي واختلاف راحة عن (a) في الزيادة يمكن أن تعزى الى تحسن التبلور نتيجة إشغال أيونات الخارصين والكوبلت لفراغات الاوكسجينية كما ذكرنا سابقاً، والنقص قد يكون سببه دخول أيوني الخارصين والكوبلت في موراي الوكسجينية وعدويضية في بنية أو كسيد الكادميوم وبالتلفي الخلومي الخلور والي والتولي في مواقع بينية وتعويضية في بنية أوكسيد الكادميوم وبالتلي التطعيم الخارصين والكوبلت في مواقع بينية وتعويضية في بنية أو كسيد الكادميوم وبالحال الخلومي البلورية لهما وعدم تطابقهما ممكن أن يؤدي الى تخلخل أو تقلص الشبيكة البلورية وبالتالي الخلومي وال الغاري الغلور أن يؤدي الى تخلخل أو تقلص الشبيكة البلورية وبالتالي اضطر اب في التركيب البلوري لموما أله في الجرول (40)؛



الشكل (a 8-4): ثابت الشبيكة كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة



الشكل (b 8-4): ثابت الشبيكة كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والشكل (b 8-4): ثابت الشبيكة كدالة لنسب متساوية والملدنة عند درجة حرارة (c) 450).



الشكل (c 8-4): ثابت الشبيكة كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين وc 8-4). والكوبلت بنسب مختلفة والملدنة عند درجة حرارة (c % 450).

Crystallites Size (D_{hkl})

3- حجم البلوريات

تم حساب حجم البلوريات (D_{hkl}) لجميع الأغشية الرقيقة المحضرة باستعمال العلاقة (2 – 3) علاقة شرر (Scherrer's Formula). وقد بينت النتائج أنه كلما ازدادت درجة حرارة التلدين ازداد معها حجم البلوريات كما موضح في الشكل (4-9 ه). وقد وجد أنَّ قيمة (D₁₁₁) لأغشية أوكسيد الكادميوم معها حجم البلوريات كما موضح في الشكل (4-9 ه). وقد وجد أنَّ قيمة (D₁₁₁) لأغشية أوكسيد الكادميوم عبر المطعمة عند درجة تلدين (C⁰ (350) هي (A67 nm) ومع ارتفاع درجة التلدين تبدأ قيمته عبر المطعمة عند درجة تلدين (C⁰ (350) هي (Cd-10) ومع ارتفاع درجة التلدين تبدأ قيمته بالازدياد تدريجياً إلى أن تصل الى (M60 معهاء (Cd-10) ومع ارتفاع درجة التلدين تبدأ قيمته بالازدياد تدريجياً إلى أن تصل الى (Cd مع (Cd-10) والملدن بدرجة (C⁰ (20) وهي تمثل أكبر قيمة لحجم البلوريات للأغشية CdO غير المطعمة وممكن أن يعزى سبب الزيادة الحاصلة في حجم البلوريات والمذكور انفاً إلى الزيادة في تبلور الغشاء نتيجة التلدين والذي يؤدي بدوره إلى في حجم البلوريات والمذكور انفاً إلى الزيادة في تبلور الغشاء نتيجة التلدين والذي يؤدي بدوره إلى من الشكل (4-9 ع) والمدكور انفاً إلى الزيادة في تبلور الغشاء نتيجة التلدين والذي يؤدي بدوره إلى من الشكل (4-9 d) والمدكور انفاً إلى الزيادة مي تبلور الغشاء نتيجة التلدين والذي يؤدي بدوره إلى من الشكل (4-9 d) والشكل (4-9 c). أنَّ قيمة حجم البلوريات للأغشية المطعمة تكون أكبر من قيمة زيادة في حجم البلوريات لغشاء أوكسيد الكادميوم غير المطعم وقد يكون السبب كما ذكر سابقاً إلى إشعال فراغات من الشكل (4-9 d) والشكل (4-9 c). أنَّ قيمة حجم البلوريات للأغشية المطعمة تكون أكبر من قيمة الورادة في تركيب أوكسيد الكادميوم غير المطعم وقد يكون السبب كما ذكر سابقاً إلى إشعال فراغات من الألوريات لغشاء أوكسيد الكادميوم غير المطعم وقد يكون السبب كما ذكر سابقاً إلى إشعال فراغات الوكبيت أوريان وأيون الخارصين) ما لاوكسجين في تركيب أوكسيد الكادميوم بوساطة أيونات التطعيم (أيون الكوبلت وأيون الخارصين) ما يودي إلى زيادة في تبلور الغشاء المطعم بالمقارنة مع غشاء Odo غير المطعم إليون الخارمين) ما يودي إلى زيادة في تبلور الغشاء المطعم بالمقارنة مع غشاء Odo غير المطعم إليون الخارمي الخارمي الخارمين) ما يودي إلى زيادة أوريات الخاميم مالمقارنة مع غشاء Odo غير المطعم إليون الخامي ال



الشكل (a 9-4): حجم البلوريات كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 9-4): حجم البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والشكل (b 9-4): حجم البلوريات بنسب متساوية والملدنة عند درجة حرارة (c 00).



الشكل (c 9-4): حجم البلوريات كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت بنسب مختلفة والملدنة عند درجة حرارة (c 0° 450).

يُلاحظ من الأشكال الآتية (4-9 b)، (4-9 e)، (4-9 f) العلاقة بين حجم البلوريات و عرض منتصف القمة العظمى لاتجاه النمو السائد والمفضل (111) للأغشية المحضرة (غير المطعمة، والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية، والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة) على التوالي. ويلاحظ أنَّه كلما ارتفعت درجة حرارة التلدين لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة، كلما ازداد معها حجم البلوريات (D) يرافقه نقص في عرض منتصف القمة العظمى للمستوي (111) و هذه النتيجة تتفق مع الدراسات السابقة [45, 44]، ويُلاحظ أيضاً تغير قيم كل من (D) و (FWHM) للاتجاه السائد والمفضل للنمو (111) لمختلف نسب التطعيم الثنائي المتساوية والمختلفة لأغشية أوكسيد الكادميوم المتواية والمختلفة وهذه القيم تتفق إلى حدٍ ما مع الدراسات السابقة [47, 51]، وكما موضح في الجدول (4-1).



الشكل (β-14): العلاقة بين الحجم البلوري (D111) وعرض منتصف القمة (β111) كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (e 9-4): العلاقة بين (D₁₁₁) و (β₁₁₁) كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنانياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C^o C5).



الشكل (f 9-4): العلاقة بين (D111) و (β111) كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنانياً بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).

4_ عامل التشكيل

Texture Coefficient (T_C)

تم حساب قيم عامل التشكيل (Tc) للأغشية الرقيقة المحضرة كافة باستعمال العلاقة (2 – 4) والتي تصف الاتجاه السائد والمفضل (hkl) لنمو البلورة كما موضحة في الجدول (4-2)، إذ بينت النتائج أَنَّ قيم عامل التشكيل للغشاء (1-1) أقل من واحد (1 $\geq T_C \geq 0$) أي عدم وجود اتجاه سائد ومفضل للنمو (افتقار الى وجود اغلبية للنمو باتجاه (hkl) بلوري معين) [44]، ثم تزداد قيم عامل التشكيل مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لتصبح اكبر من واحد (1 $< T_C$) بمعنى أنَّ الاتجاه (111) ومفضل للنمو (افتقار الى وجود اغلبية للنمو باتجاه (184)) بلوري معين) [44]، ثم تزداد قيم عامل التشكيل مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لتصبح اكبر من واحد (1 $< T_C$) بمعنى أنَّ الاتجاه (111) يمثل الاتجاه (111) التشكيل مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لتصبح اكبر من واحد (1 $< T_C$) بمعنى أنَّ الاتجاه (111) يمثل الاتجاه (111) يمثل الاتجاه (111) ويمثل الاتجاه اللنوري السائد والمفضل للنمو [351] كما موضح بالشكل (4-0). كما يُلحظ أنَّ هناك ريادة في قيم عامل النشكيل للأعشية المطعمة ثنائياً بالمقارنة مع أعشية OCO عبر المطعمة بإستثناء والمفضل لنمو الأغشية المطعمة ثنائياً بالمقارنة مع أعشية OCO عبر المطعمة بإستثناء والمفضل لنمو الأغشية المطعمة ثنائياً بالمقارنة مع أعشية OCO (C - 7, Cd - 9) إذ لوحظ أنَّ هناك نقصاً طفيفاً في قيمته ولم يحدث تغيير في الاتجاه السائد والمفضل للزمية المطعمة ثنائياً بالمقارنة مع أعشية OCO (5, 7, Cd - 9) والمفضل لنمو الأغشية الرقيقة مع نسب التطعيم الثنائي بالخار صين والكوبلت لأغشية أوكسيد الكادميوم والمفضل لنمو الأغشية (5, 7, 7)، وكما موضح في الشكلين (4-10)، (4-10).



الشكل (a 10-4): عامل التشكيل كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة.


الشكل (b 10-4): عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (c 10-4): عامل التشكيل كدالة لنسب التطعيم لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).

5- الانفعال المايكروي، وكثافة الانخلاعات، وعدد البلوريات لوحدة المساحة

Micro Strain (ϵ), Dislocation Density (δ), and Number of Crystallites (N₀)

تم حساب قيم الانفعال المايكروي (3) وكثافة الانخلاعات (8) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N_0) باستخدام العلاقات (2 – 5) و (2 – 6) و (2 – 7) على التوالي لكافة الأغشية المحضرة. ويُلحظ من خلال النتائج المبينة في الجدول (4-2) أنه بارتفاع درجة حرارة التلدين تقل قيم (3) ويعزى ذلك إلى تحسن نوعية التبلور بسبب انتظام ترتيب الذرات في الشبيكة البلورية [136]، وأنَّ ارتفاع درجة حرارة التلدين يقل قيم (ع) ويعزى ذلك بحرارة التلدين يعبد المايكروي (4) ويعزى ذلك إلى تحسن نوعية التبلور بسبب انتظام ترتيب الذرات في الشبيكة البلورية [136]، وأنَّ ارتفاع درجة حرارة التلدين تقل قيم (2) ويعزى ذلك بحرارة التلدين يسبب زيادة في حجم البلوريات يرافقه نقص في قيم الانفعال المايكروي [44]، وبينت محرارة النتائج أيضاً أنَّ قيم كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة تقل بزيادة درجة حرارة التلدين للأغشية بسبب زيادة حجم البلوريات مع ارتفاع درجة التلدين لأن قيم (δ) تتناسب عكسياً مع مربع حجم البلوريات الوحدة المساحة تقل بزيادة حجم البلوريات للأغشية بسبب زيادة حجم البلوريات مع ارتفاع درجة التلدين لأن قيم كثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة تقل بزيادة درجة حرارة التلدين للأغشية بسبب زيادة حجم البلوريات مع ارتفاع درجة التلدين لأن قيم (δ) تتناسب عكسياً مع مربع حجم البلوريات العرفي تنافي عارة التلدين أن قيم مراع عدم البلوريات مع ارتفاع درجة التلدين لأن قيم (δ) تتناسب عكسياً مع مربع حجم البلوريات (N_0) تناسب عكسياً مع مربع حجم البلوريات سببه زيادة حجم البلوريات مع ارتفاع درجة التلدين لأن قيم (δ) تتناسب عكسياً مع مربع حجم البلوريات مع ارتفاع درجة التلدين لأن قيم (δ) تتناسب عكسياً مع مربع حجم البلوريات سببه زيادة حجم البلوريات لان المايكي وي المايم مربع حجم البلوريات مع ارتفاع درجة التلدين لأن قيم (δ) تناقص قيم قيم كثافة الانخلاعات البلوريات سببه زيادة حجم البلوريات لان (N_0) تناسب عكسياً مع مكعب حجم البلوريات حسب العلاقة (L) تناقص قيم كثافة الانخلاعات ويغني نقص في العيوب البلورية نتيجة التلدين وكما موضح في الشكلين (L) مايم عرب (L) النظام المايم المايم وكما موضح في الشكلين (L) مايم مرما مي المايم وكما مولم في المايم ولمايم ولمايم

أما بعد التطعيم وكما موضح في الاشكال (4-11 ء)، (4-11 ء)، (4-11 ء)، (4-11 ء) فأن سلوك الأغشية المطعمة ثنائياً يشبه سلوك الأغشية غير المطعمة من حيث نقص قيم كل من الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة وزيادة حجم البلوريات مع ملاحظة تثبنب هذه الزيادة في قيم (D) ونقص قيم (ε, δ, N₀) مع تغير نسب التطعيم ويعزى سبب ذلك إلى (i) إشغال أيونات التطعيم الفراغات الاوكسجينية أو مواقع تعويضية (استبدالية) في تركيب CdO ينتج عنه زيادة في حجم البلوريات ونقص الحدود الحبيبية في الغشاء (تقل الاستطارة الناتجة من الحدود الحبيبية) زيادة في حجم البلوريات ونقص الحدود الحبيبية في الغشاء (تقل الاستطارة الناتجة من الحدود الحبيبية) الذلك يقل تدريجياً تأثير القوة المعيقة (Retarding Force) مما يسمح بزيادة حجم البلوريات ,7 [37] ووجد هذا المسار مع الأغشية المطعمة كافة مقارنة بالأغشية غير المطعمة، (ii) عند إشغال أيونات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO ينتاقص حجم البلوريات وتزداد القوة المعيقة حسب تأثير أيونات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO ينتاقص حجم البلوريات وتزداد القوة المعيقة حسب تأثير أيونات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO ينتاقص حجم البلوريات وتزداد القوة المعيقة حسب تأثير رودات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO ينتاقص حجم البلوريات وتزداد القوة المعيقة حسب تأثير روضات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO يتناقص حجم البلوريات وتزداد القوة المعيقة حسب تأثير روضات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO ينتاقص حجم البلوريات وتزداد القوة المعيقة حسب تأثير روضات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO يوسب تأثر زينر تكون الحركة خارج الحدود الحبيبية مقيدة رونار دورار الحريات للاتجاه السائد (111) من (200 الفراغات والذرات البينية) [30]. إنَّ الزيادة في قيمة روضح في الجدول (2-4) يرافقها تباين بين الزيادة والذوص في خارم المعمة وكمنية أوكسيد الكادميوم موضح في الجدول (2-2) يرافقها تباين بين الزيادة والنقص في خشونة سطح الغشاء وبذلك يمكنا التحكم بكفاءة تطبيقات الخلية الفوتوفولتائية (Potovoltaic Applications) [73]



الشكل (a 11-4): الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 11-4): الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة و



الشكل (c 11-4): الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (d 11-4): العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات كدالة لدرجة حرارة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارة تلدين مختلفة.



الشكل (e 11-4): العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لأغشية CdO غير والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (f 11-4): العلاقة بين حجم البلوريات والانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° C).

| الجدول (D): ثابت الشبيكة ($a_{ m o}$) وعرض منتصف القمة (eta) وحجم البلوريات (D) وعامل التشكيل (T_C) |
|--|
| والانفعال المايكروي (z) وكثافة الانخلاعات (δ) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N _o) التي تم الحصول عليها من |
| فحوصات حيود الأشعة السينية للأغشية المحضرة. |

| Sample | a _o | β ₍₁₁₁₎ | D (111) | Тс | ε×10 ⁻³ | δ×10 ⁻³ | No |
|--------|----------------|--------------------|----------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Code | (Å) | (rad) | (nm) | | | (nm) ⁻² | (nm) ⁻² |
| Cd-1 | 4.6395 | 0.0103 | 14.6747 | 0.9347 | 8.5719 | 4.6436 | 0.08355 |
| Cd-2 | 4.6960 | 0.0069 | 21.9883 | 1.4063 | 5.7905 | 2.0683 | 0.03296 |
| Cd-3 | 4.6915 | 0.0052 | 29.3203 | 1.4911 | 4.3383 | 1.1632 | 0.01699 |
| Cd-4 | 4.7210 | 0.0039 | 39.1402 | 1.5076 | 3.2730 | 0.6528 | 0.00260 |
| Cd-5 | 4.6887 | 0.0043 | 35.1862 | 1.9650 | 3.6129 | 0.8077 | 0.02419 |
| Cd-6 | 4.6912 | 0.0060 | 25.1318 | 1.7199 | 5.0610 | 1.5833 | 0.02477 |
| Cd-7 | 4.7028 | 0.0034 | 43.9711 | 1.3583 | 2.8998 | 0.5172 | 0.00641 |
| Cd-8 | 4.6958 | 0.0043 | 35.1815 | 1.7177 | 3.6189 | 0.8079 | 0.00901 |
| Cd-9 | 4.6922 | 0.0052 | 29.3199 | 1.4643 | 4.3390 | 1.1632 | 0.00831 |
| Cd-10 | 4.7139 | 0.0043 | 35.1697 | 1.5616 | 3.6340 | 0.8084 | 0.00743 |
| Cd-11 | 4.6861 | 0.0052 | 29.3233 | 1.6690 | 4.3329 | 1.1629 | 0.02475 |
| Cd-12 | 4.6771 | 0.0052 | 29.3283 | 1.4937 | 4.3238 | 1.1626 | 0.02162 |

(2-2-4) مطيافية الأشعة تحت الحمراء

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

تستعمل مطيافية الأشعة تحت الحمراء للكشف عن الاواصر الكيميائية (Chemical Bond) والمجاميع الوظيفية (Functional Group) المرتبطة بالمركبات، ويوضح الشكل (4-12) طيف الأشعة تحت الحمراء لبعض الأغشية المحضرة، إذ لا يلحظ وجود قمم الامتصاص العريضة العائدة إلى [200] إهتزاز المط (2000) (O-H) (Stretching Vibration) عند المنطقة المحصورة بين -2000) [200 cm⁻¹] ويعزى ذلك إلى درجة حرارة التلدين العالية التي تسببت في تكسير الأواصر وتبخير المادة. وأظهر الطيف قمم امتصاص عند المنطقة (¹⁻²200 cm⁻¹) ويعزى إلى إهتزاز المط (C=C) العائدة إلى إهتزاز المط (C=C) الأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المط (C=C) الأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المط (C=C) الأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المط (C=C) الأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المو (C-C) إلى إهتزاز المو للأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المو (C-C) الأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المو (C-C) الأروماتية وأظهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المو (C-C) الأروماتية وأطهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المو (C-C) الأروماتية وأطهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى الإهتزاز المو (C-C) الأروماتية التحظقم المتصاص عند المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى التي تعود المعيز أر المو للأروماتية وأطهر أيضاً قمم عن المنطقة (¹⁻² cm) 2000-2000) ويعزى إلى التي تعود المعيز أر المول الأرومات (C-C) الأرومات التطعيم تزداد معها نسبة المليء من قبل ذرات التطعيم ركان شدة المعيم تزداد معها نسبة المليء من قبل ذرات التطعيم حرام حرام والذي يؤدي بدوره إلى تناقص في شدة القمم وكذلك تبدلت مواقع القمم مع زيادة نسبة التطعيم، وهذا يؤكد تحسن نو عية التبلور كما ذُكِرَ سابقاً في خواص للألم الأرومات التطعيم مواقع بينية يؤدي إلى زيادة في شدة قمم أنماط إهتزاز الموا إلى زيادة في شدة قمم أنماط أيزاز الموالي الأروكال أي المال إونات التطعيم مواقع بينية يؤدي إلى زيادة في شدة قمم أنماط إهتزاز الموالي [70].



الشكل (4-12): أطياف الأشعة تحت الحمراء لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بعنصري الخارصين والكوبلت.

(4-2-4) مجهر القوة الذرية

Atomic Force Microscopy (AFM)

تم استعمال مجهر القوة الذرية من الجيل الثاني المتطور (TT-2 Advanced Second) (Generation AFM) ذي القدرة العالية على تصوير وتحليل ودراسة تضاريس (Topography) السطوح للأغشية المحضرة عند مقياس المسح بالأبعاد $\{0.2 \times 0.2 \ (\mu m)^2\}$ ومدى تأثير درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم الثنائي عليها. يبين الجدول (4-3) قيم معدل خشونة السطح Average) (Roughness) والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS Roughness) والحجم الحبيبي (Grain Size)، إذ يُلحظ تأثير ارتفاع درجة حرارة التلدين على طبو غرافية السطح إذ تقل بداية قيمة كل من خشونة السطح وال RMS Roughness والحجم الحبيبي لتسجل أدني قيمة عند درجة (450) (C° لغشاء أوكسيد الكادميوم غير المطعم ثم تبدأ بالزيادة تدريجياً مع ارتفاع درجة حرارة التلدين، كما يلاحظ أنَّ التطعيم الثنائي بعنصري الخارصين والكوبلت يزيد من قيم الخشونة وقيم ال RMS وقيم الحجم الحبيبي باستثناء الأغشية (Cd-5, Cd-7, and Cd-12)، إذ لوحظ نقص في قيم الحجم الحبيبي وربما يعزى ذلك إلى إشغال ذرات التطعيم مواقع تعويضية أما الزيادة فتعزى إلى إشغال (Zn + Co) لمناطق حبيبية بينية (Inter-Grain Regions) ومواقع بينية داخل الشبيكة البلورية (Interstitial) (Lattice Positions]. يبين الشكل (4-13) توزيع الحبيبات على سطوح الأغشية المحضرة إذكان بشكل عام شبه متجانس وتختلف نسبة تجانس الغشاء باختلاف درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم وأظهرت الصور الثنائية (2D) والثلاثية الابعاد (3D) أشكال نانوية كروية (Spherical) (Nano-Sized Granules) وأشكال Nano-Flowers و Cauli-Flowers، كذلك يُلحظ من توزيع تراكيز التراكم الحبيبي الشكل (4-14) بأنَّ قيم حجم الحبيبات تقع ضمن المقياس النانوي مع تنوع زحف قمم التراكيز النانوية نحو الأحجام الحبيبية المختلفة إعتماداً على درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم الثنائي [Zn + Co) co-Doping].ويمثل معدل الخشونة مقياساً لجودة السطح، لأن الزيادة في قيمه ممكن أن تسبب زيادة في تشتت الضوء الساقط وبالتالي نقص النفاذية البصرية [70]، ويمكن أن تستعمل خصائص هذه الأغشية في تحسين جودة النبائط الكهر وضوئية، وأنَّ أُعلى قيمة لمعدل الخشونة للأغشية ا المحضرة هي (7.286 nm) عند نسبة التطعيم [wt.% (x + 7)] بعنصري الخارصين والكوبلت العينة (Cd-11). وأنَّ صور AFM التي تم الحصول عليها تتفق تقريباً مع ما حصل عليه الباحثون في الدراسات السابقة [143, 144].

| Sample Code | AverageRMS RoughnessRoughness (nm)(nm) | | Average Grain Size (nm) | |
|-------------|--|-------|----------------------------|--|
| Cd-1 | 4.420 | 5.621 | 16.46 | |
| Cd-2 | 2.080 | 2.541 | 10.56 | |
| Cd-3 | 4.282 | 5.065 | 11.30 | |
| Cd-4 | 3.871 | 4.747 | 12.07 | |
| Cd-5 | 2.931 | 3.489 | 9.932 | |
| Cd-6 | 2.990 | 3.855 | 12.41 | |
| Cd-7 | 2.153 | 2.700 | 8.715 | |
| Cd-8 | 6.707 | 7.856 | 20.67 | |
| Cd-9 | 3.327 | 5.232 | 34.41 | |
| Cd-10 | 2.727 | 3.443 | 12.92 | |
| Cd-11 | 7.286 | 10.20 | 23.98 | |
| Cd-12 | 2.735 | 3.360 | 8.107 | |

الجدول (4-3): قيم خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة والحجم الحبيبي للأغشية المحضرة.







x: 0.20 µm









2D – Cd-5











91



الشكل (13-4): صور AFM ثنائية وثلاثية الابعاد لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية ومختلفة بالخارصين والكوبلت









20 nm







الشكل (4-14): مخطط توزيع وتراكيز الحجم الحبيبي لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية ومختلفة بالخارصين والكوبلت.

(4-2-4) المجهر الإلكتروني الماسح-الباعث للمجال

Field Emission-Scanning Electron Microscopy (FE-SEM)

تم در اسة نمو وتشكل (Morphology) سطوح أغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) الرقيقة غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بعنصري الخارصين (Zn) والكوبلت (Co) والمحضرة بتقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel Spin Coating Technique) باستعمال تقنية جهاز (FE-SEM) ذي القدرة العالية جداً على كل من التكبير والتصوير بدقة لسطوح المواد. توضح الأشكال (4-15) صور ذات قوى التكبير المختلفة (CdO العشية CdO) لأغشية CdO غير المطعمة باختلاف درجات حرارة التلدين والمطعمة بمختلف نسب التطعيم الثنائي [Zn + Co) co-Doping]. تم تحليل الصور باستخدام برنامج (Image J) لغرض حساب معدل حجم الحبيبات ومعرفة مدى تأثير كل من التلدين والتطعيم على تركيب أغشية أوكسيد الكادميوم وكما موضح في الجدول (4-4)، إذ تم حساب قطر (Diameter) الحبيبات (Granules) المتواجدة في كل صورة بمعدل عدد (Count) يتراوح بين (100-200) حبيبة لغرض حساب أكبر (Max) وأصغر (Min) وكذلك متوسط (Median) ومعدل (Average) الحجم الحبيبي وكذلك الانحراف المعياري (Standard Deviation) وكذلك تم رسم مخطط توزيعي للنسب الحجمية للحبيبات موضحة في الشكل (4-15)، إذ لوحظ أَنَّ التلدين والتطعيم يزيد من حجم الحبيات، إذ كانت أكبر قيمة للحجم الحبيبي (52.831 nm) لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة عند درجة حرارة تلدين (C° 650) و (40.358 nm) لأغشية CdO المطعمة بنسبة [XRD (Zn + Co) wt.%] و هذه النتائج تتفق إلى حدٍ كبير مع كل من فحوصات XRD و AFM. وتبين الصور في الاشكال (d, c, b ,a 15-4) نمو وتوزيع أغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة الملدنة بدرجات حرارة (C° C)، 250, 450, 550, and 650 فضلاً عن صور المقطع العرضي -Cross) (Section، إذ لوحظ أنَّ تركيب السطح قد تغير من أشكال حبيبية شبه كروية (Spherical Granules) ومعبأة نوعا ما للأغشية غير المطعمة والملدنة بدرجات حرارة (C° 350, and 450) ضمن نطاق المقياس النانوي الى أشكال تشبه الازهار (Nano-Flowers Granules) للأغشية غير المطعمة والملدنة بدرجة (C° C), and 650) مع ظهور الفراغات والفجوات بشكل واضح يرافقها تغير بالسمك والشكل الجانبي للغشاء صور Cross Section، ويبين مخطط التوزيع الحبيبي أنَّ حجم الحبيبات لأغشية CdO غير المطعمة يزداد بشكل ملحوظ مع ارتفاع درجة حرارة التلدين ويعزى ذلك الى حدوث نمو ثانوي لسطح الغشاء واندماج بعض الحبيبات الأقل حجما مع مثيلاتها الأكبر حجما خلال عملية النمو البلوري نتيجة التلدين. اما الصور في الاشكال (l, k, j, i, h, g, f, e 15-4) فتبين أغشية أوكسيد الكادميوم المطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت بنسب تطعيم مختلفة، إذ يبدو تأثير التطعيم واضحاً

للأغشية بحيث اتخذت اشكالاً سداسية تشبه الأحجار الصخرية (Rock Stones) الصغيرة والقرنابيط النانوي (Cauli-Flower) مع الفرق الواضح بظهور أشكال معبأة بشكل أفضل واختفاء وظهور حدود الحبيبات باختلاف نسب التطعيم يرافقها زيادة في حجم الحبيبات بسبب نقص قيم الانفعال المايكروي نتيجة مساهمة ذرات التطعيم الثنائي الخارصين والكوبلت في تركيب أغشية OdO، ومن صور المقطع العرضي (Loss-Section) والأشكال (فر 16-4) يمكننا ملاحظة التغير في سمك الاغشية مع العربية مع العربية مع المنية مع الانفعال المايكروي المقطع العرضي (Toss-Section) والأشكال (فر 16-4) يمكننا ملاحظة التغير في سمك الاغشية مع العربية مع العرضي العربية والأشكال (قر 16-4) يمكننا ملاحظة التغير في سمك الاغشية مع العرضي العرضي العربية مع مع التنائي الخارصين والكوبلت في تركيب أغشية OdO، ومن صور المقطع العرضي العربية مع معاهمة ذرات التطعيم الثنائي الخارصين والكوبلت في تركيب أغشية OdO، ومن صور المقطع العرضي (حمية مي التنائي الخارصين والكوبلت في تركيب أغشية OdO، ومن صور المقطع العرضي العربية مع معاهمة ذرات التطعيم الثنائي الخارصين والكوبلت في تركيب أغشية OdO، ومن صور المقطع العرضي (لموضي (Coss-Section) والكوبلة في تركيب أغشية مع العرضي (حمية حرارة التلدين ونسب التطعيم الثنائي. وجاءت نتائج فحص FE-SEM التي تم الحصول عليها متفقة تقريباً مع ما حصل عليه الباحثون [51, 73, 145, 146].

| Sample Code | Minimum Grain Size (nm) | Maximum Grain Size (nm) | Average Grain Size (nm) | Median Grain Size (nm) | Standard Deviation (SD) (nm) |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Cd-1 | 3.748 | 163.972 | 23.514 | 14.254 | 21.215 |
| Cd-2 | 3.035 | 207.058 | 27.273 | 19.885 | 31.016 |
| Cd-3 | 4.635 | 146.72 | 34.780 | 17.492 | 26.327 |
| Cd-4 | 1.709 | 472.316 | 52.831 | 24.069 | 77.603 |
| Cd-5 | 3.636 | 164.245 | 28.480 | 13.752 | 28.948 |
| Cd-6 | 2.571 | 231.388 | 31.033 | 21.549 | 30.181 |
| Cd-7 | 1.909 | 461.865 | 35.506 | 10.602 | 73.542 |
| Cd-8 | 1.818 | 224.882 | 40.358 | 24.393 | 36.985 |
| Cd-9 | 1.592 | 68.827 | 27.532 | 23.636 | 17.216 |
| Cd-10 | 1.429 | 152.835 | 28.756 | 11.641 | 34.139 |
| Cd-11 | 1.818 | 217.096 | 35.351 | 18.182 | 36.289 |
| Cd-12 | 2.121 | 313.314 | 37.226 | 21.966 | 42.023 |

الجدول (4-4): قيم أصغر وأكبر حجم حبيبة ووسيط ومعدل الحجم الحبيبي والانحراف المعياري للأغشية المحضرة.





الشكل (a 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-1).





الشكل (b 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الشكل (b 15-4).





الشكل (c 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-3).



الشكل (d 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الشكل (d 15-4).





الشكل (FE-SEM): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الشكل (Cross-Section).



- 200 nm EHT = 5.00 kV Signal A = 5E2 Date :21 Feb 2021
- الشكل (f 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-6).





الشكل (g 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-7).





الشكل (h 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-8).





الشكل (i 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الشكل (i 15-4).





الشكل (j 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-10).





الشكل (k 15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الحبيبي للغشاء (Cd-11).





الشكل (15-4): صور FE-SEM مع صورة للمقطع العرضي (Cross-Section) ومخطط التوزيع الحجمي الشكل (15-4): صور Cross-Section).



الشكل (a 16-4): سمك الغشاء كدالة لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة عند درجات حرارة تلدين مختلفة.



الشكل (b 16-4): سمك الغشاء كدالة لنسب التطعيم الثنائي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائيا بعنصري الخارصين والكوبلت بنسب تطعيم متساوية ومختلفة والملدنة بدرجة حرارة (C° 450).

يبين الشكل (4-17) مطياف تشتت الطاقة Energy Dispersive Spectroscopy) (EDS)، إذ يُعد أسلوب تحليلي يمكننا من معرفة نسب المواد الكيميائية الداخلة في تركيب المادة والتأكد من وجودها



الشكل (4-17): تحليلات (EDS) مع صور (EDS) بعض الاغشية المحضرة. نلاحظ من خلال EDS وصور Electron Image تغير طيف وشكل المواد الداخلة في تركيب الأغشية الرقيقة المحضرة (Cd, Zn, Co, O) مع ظهور مواد مثل السليكون (Si) و هي إحدى مكونات

قو اعد الكو ارتز (SiO₂) المستخدمة في هذا البحث و المترسبة عليها الأغشية الرقيقة، إذ يتبين أنَّ نسب المواد (Cd, O) في الاغشية غير المطعمة تتناقص بشكل ملحوظ بارتفاع درجة حرارة التلدين يرافقها ظهور فراغات وتكتلات وعدم انتظام في توزيع المادة على سطح الغشاء وظهر ذلك بشكل واضح عند درجات التلدين (C° 550, and 650)، ويمكن أَنْ يعزى ذلك الى اندماج الذرات مع بعضها اثناء عملية النماء البلوري فتظهر بعض التكتلات، وأنَّ درجة الحرارة العالية تؤدي إلى تفكك أواصر CdO مع سطح المادة مما يسبب في ظهور الفجوات والفراغات في الأغشية (Cd-3, Cd-4)، وأظهرت صور توزيع المواد على سطح الأغشية تأثر واضح بتغير درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم الثنائي بالخار صين و الكوبلت لأغشية أو كسيد الكادميوم الرقيقة.

Optical Measurements

تم در اسة الخصائص البصرية لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والملدنة بدرجات حرارة (co-doping) والمطعمة ثنائياً (co-doping) بعنصري الخارصين والكوبلت بنسب وزنية ((1+1), (3+3, (5+5), (7+7), (1+9), (3+7), (7+3), (9+1) (Zn+Co) [wt.% وبسمك يتراوح (mm 380-300) من خلال قياس طيفي الامتصاصية (A) والنفاذية (T).

Absorbance (A)

يبين الشكل (a 18-4) التغير في طيف الامتصاصية كدالة لتغير الطول الموجى 200-1100) (nm لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة، إذ تنخفض قيم الامتصاصية لكافة الأغشية كلما از داد الطول الموجى لكون قيم الطيف للامتصاصية الضوئية تعتمد على كل من طاقة الفوتونات الساقطة ونوع المادة وتركيبها البلوري مما يؤدي إلى تناقص امتصاصية مادة الغشاء للضوء مع زيادة الطول الموجى (تتناسب طاقة الفوتون عكسيا مع الطول الموجي) ويعنى هذا قلة طاقة الفوتونات اللازمة لأثارة الالكترونات ونقلها من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل، فعندما تكون طاقة الفوتونات أقل من قيم فجوة الطاقة البصرية لمادة شبه الموصل تسبب تناقصاً في قيم الامتصاصية مع زيادة الطول الموجى [144]، ويظهر أنه كلما ارتفعت درجة حرارة التلدين تزداد الامتصاصية ويعزى ذلك إلى أنَّ التلدين تسبب بزيادة في حجم البلوريات كما أكدته قياسات الأشعة السينية (XRD) ومن ثم زيادة في عدد المستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة البصرية مما أدى الى إزاحة حافة الامتصاص (Absorption Edge) نحو الطاقات الواطئة (Red Shift) وبالتالي زيادة الامتصاص حسب تأثير بورشتين موس

(4-3) القياسات البصرية

(1-3-4) الامتصاصية

(Burstein Moss) [80, 147, 63]. أما بعد التطعيم الثنائي لأغشية CdO كما موضح في الشكلين (b 18-4) و (b 18-4) يلاحظ أنَّ سلوك طيف الامتصاصية للأغشية مشابها لسلوكها قبل التطعيم الا أن هناك نقص في قيم الامتصاصية لبعض نسب التطعيم + 2x) (1 + 1), (7 + 3), and (9 + 1) (2n + 1) [%.w (Co) ، وانزياح حافة الامتصاص نحو الطاقات العالية (Blue Shift) ويعزى ذلك إلى إشغال أيونات الخارصين (Zn ions) مواقع تعويضية داخل تركيب (Cdo:Co) مما سبب تجانس التركيب وتقليل العيوب وبالتالي نقص استطارة الضوء من سطح الغشاء [80, 147, 69, 70]، وأنَّ الزيادة في قيم الامتصاصية للأغشية المطعمة مقارنة بالأغشية غير المطعمة قد تكون ناتجة من مساهمة أيونات الكوبلت (Co ions) واشغالها مواقع بينية في تركيب شبيكة CdO:Zn مما يؤدي الى زيادة في قيم الكوبلت وحجم الحبيبات [45, 51]، وأنَّ صور EE-SEM و محم البلوريات رحمات كاليات تدعم ذلك.



الشكل (a 18-4): طيف الامتصاصية لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية. مختلفة.



الشكل (b 18-4): طيف الامتصاصية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (c° 450).



الشكل (c 18-4): طيف الامتصاصية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائيا بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).

Transmittance (T)

(2-3-4) النفاذية

تظهر منحنيات طيف النفاذية الموضحة بالأشكال (4-19 ه. م) سلوكاً معاكساً لطيف الامتصاصية لأغشية (C, b, a 19-4) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت (Cd) غير (Cd) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت (Cd) غير الملائ مدى الاطوال الموجية (Cd) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت (Zn + Co) ضمن الفوتونات الساقطة طاقة كافية لأثارة الكترونات ذرات مادة الغشاء فتنفذ، ويلاحظ نقص النفاذية مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة لأنَّ التلدين كما ذكرنا سابقاً قد تسبب في زيادة محم البلوريات ونقص قيم الانفعال المايكروي (Micro-Strain) [63] كما تظهر ها فحوصات XRD حجم البلوريات ونقص قيم الانفعال المايكروي (Micro-Strain) [63] كما تظهر ها فحوصات للتلاك بعود إلى دخول كل من أيونات الكوبلت وأيونات الخارصين في مواقع بينية (Interstitial) داخل يعود إلى دخول كل من أيونات الكوبلت وأيونات الخارصين في مواقع بينية (Cd) داخل تركيب (Cd) أو بسبب زيادة استطارة الضوء من سطح الغشاء أو بسبب العيوب الاوكسجينية تركيب (Cd) أو بسبب زيادة استطارة الضوء من سطح الغشاء أو بسبب العيوب الاوكسجينية منها نوافذ شفافة للتطبيقات الكوبلت وأيونات الخارصين في مواقع بينية (Loc) (Cd) والحل الموضحينية إلى من أيونات الكوبلت وأيونات الخارصين في مواقع بينية (Cd) الاوكسجينية تركيب (Cd) أو بسبب زيادة استطارة الضوء من سطح الغشاء أو بسبب العيوب الاوكسجينية الموضحية حسب إز احة بورشتين موس (Sd) فقد تسبب بزيادة النفاذية بشكل يجعلها ملائمة كمواد تصنع منها نوافذ شفافة للتطبيقات الفوتو فولتائية، ويعزى سبب زيادة النفاذية مشكل يجعلها ملائمة كمواد تصنع الموضعية حسب إز احة بورشتين موس (Burstein Moso) فضلاً عن التحسن في تبلور الغشاء (نقص الموضعية حسب إز احة بورشتين موس (Burstein Moso) في تركيب شبيكة الماتويات الموضعية حسب إز احمة مواتائية، ويعزى سبب زيادة النفاذية كما أشرنا سابقاً إلى قلة المستويات الموضعية حسب إز احمة مساهمة أيونات الخارصين (Zd ions) في تركيب شبيكة (Zd ions) , 138, 149]



الشكل (a 19-4): طيف النفاذية لأغشية (CdO) غير المطعمة الملدنة بدرجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 19-4): طيف النفاذية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائيا بنسب متساوية بالخارصين والشكل (b 19-4).



الشكل (c 19-4): طيف النفاذية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنانيا بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (c 0°C).
Reflectance (R)

(3-3-4) الانعكاسية

تم حساب الانعكاسية (R) من خلال طيفي النفاذية و الامتصاصية وفق قانون حفظ الطاقة المبين بالعلاقة (2 – 14) لجميع الأغشية الرقيقة المحضرة. يوضح الشكل (2-40 ه) سلوك منحنيات طيف الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون (Photon Energy) لأغشية CdO غير المطعمة والملدنة بدرجات حرارة (2° 500, and 650)، إذ يُلحظ أنَّ الانعكاسية تزداد مع زيادة طاقة الفوتونات ثم الامتصاصية تكون قليلة جداً في مدى الطاقات الفوتونية العالية ويرجع السبب في ذلك إلى أنَّ المتصاصية تكون قليلة جداً في مدى الطاقات الفوتونية العالية ويرجع السبب في ذلك إلى أنَّ المتصاصية تكون قليلة جداً في مدى الطاقات الفوتونية الأقل من قيم فجوة الطاقة البصرية (E₈) و عند الامتصاصية تكون قليلة جداً في مدى الطاقات الفوتونية الأقل من قيم فجوة الطاقة البصرية (2) وعند الانتقالات اللوتونية المساوية أو الأكبر من قيم فجوة الطاقة البصرية تزداد قيم الامتصاص بسبب الانتقالات الالكترونية بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل[06] ، ونلحظ أيضاً أنَّ منحنيات طيف الانتقالات الالكترونية بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل[06] ، وناحظ أيضاً أنَّ منحنيات طيف الانتقالات الالكترونية بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل[06] ، وناحظ أيضاً أنَّ منحنيات طيف الانتقالات الالكترونية بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل[06] ، وناحظ أيضاً أنَّ منحنيات طيف الإنعكاسية تزداد قيمها مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية CdO عير المطعمة، إذ يؤدي التلدين البلوريات للغشاء الراقيق نتيجة التلدين. وأنَّ سلوك منحنيات طيف الانعكاسية قد تأثر بشكل كبير بتغير البلوريات للغشاء الرقيق نتيجة التلدين. وأنَّ سلوك منحنيات طيف الانعكاسية قد تأثر بشكل كبير بتغير البلوريات للغشاء الرقيق نتيجة التلدين. وأنَّ سلوك منحنيات طيف الانعكاسية قد تأثر بشكل كبير بتغير البلوريات للغشاء الرقيق نتيجة التلدين. وأنَّ سلوك منحنيات طيف الانعكاسية قد تأثر بشكل كبير بتغير مسب التطعيم الثنائي إورادة منحنيات الي الزيادة أو النقص في قيم الامتصاصية والإستطارة من نصب الموح الأغشية نتيجة تغير التركيب البلوري كما أوضحته قياسات Mard و مكل سطح الغشاء كما موضح بصور FE-SEM موحل موكل مرحا وكام أوضحته قياسات AFM ومكل سطح الغشاء كما



الشكل (a 20-4): طيف الانعكاسية (R) لأغشية (CdO) غير المطعمة الملدنة بدرجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 20-4): طيف الانعكاسية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (c 20-4): طيف الانعكاسية لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنانياً بنسب مختلفة بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (c 20° 450).

Absorption Coefficient (α)

(4-3-4) معامل الامتصاص

تم حساب قيم معامل الامتصاص (α) لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بعنصري الخارصين (Zn) والكوبلت (Co) من خلال العلاقة (2 – 20)، وتبين الاشكال (2-4 c, b, a 21) تغير معامل الامتصاص لجميع الأغشية المحضرة بوصفه دالة لطاقة الفوتون الساقط، إذ يتضح أنَّ سلوك منحنيات معامل الامتصاص مشابه لسلوك طيف الامتصاصية بسبب طبيعة العلاقة بينهما (2 - 21)، إذ تظهر النتائج أنَّ قيم معامل الامتصاص تبدأ بالزيادة بشكل بطيء عند الطاقات الفوتونية الواطئة وتستمر بالزيادة التدريجية وبصورة أسرع مع زيادة طاقة الفوتونات الساقطة حتى تصبح قيمه $lpha \ge lpha$ قرب منطقة حافة الامتصاص الأساسية، ومن ثم تستمر قيم معامل الامتصاص بالزيادة $10^4 cm^{-1}$ المستمرة تدريجياً لمديات الطاقات الفوتونية الضوئية الساقطة والتي تزيد عن قيم فجوة الطاقة البصرية (E_{Ph}>E_o) للأغشية الرقيقة المحضرة كافة ويشير هذا الامر الى احتمالية حدوث انتقالات الكترونية مباشرة (Direct Electronic Transitions) مسموحة (Allowed) بين حزمتي التكافؤ والتوصيل عند تلك الطاقات وذلك لكون القيم العالية لمعامل الامتصاص والاكبر من (1-10⁴ cm) تشير الى احتمالية حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة وقيم (α) الأقل من (104 cm⁻¹) تدل على احتمالية حدوث انتقالات الكترونية غير مباشرة مسموحة [115]. ووجد أنَّ قيم معامل الامتصاص تزداد مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة، وزحف منحنيات حافات الامتصاص باتجاه الطاقات الفوتونية الواطئة مما يؤدي الى نقص في قيم فجوة الطاقة البصرية، ويُلحظ أنَّ سلوك منحني معامل الامتصاص لغشاء CdO غير المطعم والملدن بدرجة حرارة (C° 650) مختلف نوعاً ما ويظهر شبه مستقر عند مديات الطاقات الفوتونية الضوئية العالية (التي تزيد عن فجوة الطاقة البصرية) وقد يعزى ذلك الى التبلور العالى (زيادة كبيرة في حجم البلوريات) وظهور الفراغات والفجوات (Pinholes) نتيجة تكسر الاواصر بين مادة الغشاء وسطح قاعدة (Substrate) الطلاء بسبب الحرارة العالية [63]. وكذلك بلاحظ بأنَّ سلوك منحنيات معامل الامتصاص تتغير مع تغير نسب التطعيم فبعضها يسلك نفس سلوك الأغشية غير المطعمة مع زيادة في قيمته بسبب زيادة الامتصاصية للأغشية نتيجة تطعيمها الذي تسبب بمليء الفراغات الاوكسجينية بأيونات التطعيم (Znions) و Co) (ions كما ذكرنا سابقاً وبالتالي نقص في قيم فجوة الطاقة البصرية، وتبين أيضاً أنَّ قيم معامل الامتصاص تقل مع بعض نسب التطعيم الثنائي، وزحف حافة الامتصاص باتجاه الطاقات الفوتونية العالية مما يؤدي إلى زيادة في قيم فجوة الطاقة البصرية ويعزي سبب ذلك كما أُسلفنا إلى إشغال ذرات الخار صين (Zn) مواقع تعويضية أو إستبدالية في شبيكة CdO:Co [51, 69, 73].



الشكل (a 21-4): معامل الامتصاص (α) لأغشية (CdO) غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 21-4): معامل الامتصاص لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنانياً بنسب متساوية بالخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (c 21-4): معامل الامتصاص لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بالخارصين والشكل (c 21-4).

Optical Energy Gap (Eg)

(4-3-4) فجوة الطاقة البصرية

تُعد فجوة الطاقة البصرية (E_g) لمادة الغشاء المحضر المقياس الذي يتم وفقه تحديد نوع التطبيق الذي يمكن استخدام مادة الغشاء المحضر فيه كالثنائيات الضوئية والخلايا الشمسية والمتحسسات الغازية وكواشف الأشعة الكهر ومغناطيسية والخلايا الفوتو فولتائية وطلاءات المجمعات الشمسية بنو عيها النافذ والعاكس، المواد التي يتم اختيار ها لهذه التطبيقات يجب أن تمتلك فجوة طاقة بصرية ذات مديات تتلاءم مع طاقة الفوتونات الساقطة عليها والمؤدية بدور ها الى تفعيل التطبيق المحدد [70]. يتضح من خلال قيم معامل الامتصاص في الدر اسة الحالية حدوث نو عين من الانتقالات الالكترونية: انتقالات الكترونية مسموحة (مباشرة و غير مباشرة) والتي على أساسها يمكن تحديد قيم فجوة الطاقة البصرية و على النحو الأتى:

(4-3-4) فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة

Energy Gap for Direct Allowed Electronic Transitions

تم حساب فجوة الطاقة البصرية (E_o) للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لكافة أغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت {Zn + Co) co-doping} باعتماد نموذج تاوز (Tauc's Model) العلاقة (2 - 15) بعد التعويض فيها عن (r = 1/2) للانتقال المباشر المسموح، وذلك عن طريق رسم علاقة بيانية بين ²(αhv) وطاقة الفوتون الساقط (hv) من ثم مد خط مستقيم تمر به معظم النقاط الواقعة بعد حافة الامتصاص الأساسية والذي يقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة [$(\alpha hv)^2 = 0$] وتمثل نقطة التقاطع هذه قيم فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة والموضحة في الاشكال (a 22-4)، (b 22-4)، (c 22-4) لكافة الأغشية الرقيقة المحضرة، إذ وجد ان قيم فجوة الطاقة تقل بارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة وتتراوح قيمها بين (2.38-2.77 eV) كما مبينة في الجدول (4-5) ويعزى ذلك الى زيادة معامل الامتصاص نتيجة زيادة الامتصاصية بسبب الزيادة الحاصلة في قيم حجم البلوريات كما موضحة في قياسات XRD (الجدول (2-4)) وحجم الحبيبات كما في نتائج FE-SEM (الجدول (4-4))، وبصورة عامة فأنَّ زيادة كل من حجم الحبيبات وحجم البلورات تتسبب في تناقص فجوة الطاقة البصرية [69,150]، ويُلحظ أَنَّ قيم فجوة الطاقة تتغير بين الزيادة والنقص بتغير نسب التطعيم الثنائي لأغشية CdO ويمكن تفسير سبب الزيادة (Burstein Moss Band الحاصلة في قيم E_g حسب تأثير إزاحة ملء الحزم لبورشتين موس (Burstein Moss Band) Filling Effect) وقانون فيغارد (Vegard's Law) [147, 151]، إذ أَنَّ التطعيم أدى الى تقليل المستويات الموضعية داخل فجوة الطاقة والقريبة من حزمة التوصيل والذي تسبب بازاحة حافة الامتصاص الأساسية إلى الطاقات الفوتونية العالية وبالتالي تحتاج الكترونات حزمة التكافؤ إلى طاقة أعلى لعبور هذه المستويات، أما الازاحة باتجاه الطاقات الواطئة (Red Shift) في قيم فجوة الطاقة لأغشية CdO المطعمة ثنائياً فيمكن أَنْ يعزى سبب ذلك إلى إشغال أَيون الخارصين (Zn²⁺ ions). وأيون الكوبلت (Co²⁺ ions) مواقع بينية (Interstitial) ومواقع استبدالية (Substitutional) لأيونات الكادميوم (Cd²⁺ ions) وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة استطارة الضوء الساقط نتيجة وجود شوائب التطعيم أي زيادة في عدد التصادمات بين الفوتون والمادة وبالتالي زيادة عدد الالكترونات والفجوات (از دياد عدد المستويات الموضعية) ومن ثم نقص في قيم فجوة الطاقة البصرية [51, 152].



الشكل (a 22-4): قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و 2(αhv) لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة الملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 22-4): قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و αhv) و (αhv) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والفوتون (hv). و الكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C^oC).



الشكل (c 22-4): قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقال المباشر المسموح الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و (αhv) لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C⁰C).

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

Energy Gap for Indirect Allowed Electronic Transitions

بما أنَّ قيم معامل الامتصاص (α) ظهرت جزء منها (α^{-1}) هذا يشير ربما الى حدوث انتقالات الكترونية غير مباشرة مسموحة، وتم حساب فجوة الطاقة البصرية لها (E_g) لجميع الأغشية المحضرة باتباع نفس الخطوات المتبعة لحساب فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة الأغشية المحضرة باتباع نفس الخطوات المتبعة لحساب فجوة الطاقة للانتقالات المباشرة المسموحة باستخدام (Tauc's Model)، الا اننا فقط قمنا بالتعويض في المعادلة (2 - 17) عن (r = 2) للانتقالات المباشرة المسموحة باستخدام (المباشرة، ولحدوث الانتقالات غير المباشرة المسموحة ويت المعادلة (r = 2) عن (r = 2) الانتقالات المباشرة، ولحدوث الانتقالات غير المباشرة المسموحة ويت في المعادلة (r = 2) عن (r = 2) الانتقالات المباشرة، ولحدوث الانتقالات غير المباشرة المسموحة يجب أن يحدث معها أما انبعاث أو المتصاص فونون (Phonon) حسب العلاقة (2 - 7) لتوفير الزخم اللازم للمساعدة على الانتقالات الالكترونية غير المباشرة.

ومن خلال رسم العلاقة بين ^{1/2}(αhv) و طاقة الفوتون الساقط (hv) للانتقالات غير المباشرة المسموحة والمبينة في الاشكال (a 23-4)،(a 23-4)، لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت، يُلحظ رسم جزأين مستقيمين للمنحنيات. الجزء الأول يمثل الانتقالات التي يرافقها انبعاث فونون بمستقيم امتداده يقطع (hv) عند القيم العالية للطاقة، وعندما (αhv) فالعلاقة (2 - 17) تكتب بالصيغة الأتية:

$$h\nu = E_g + E_{Ph} \tag{1-4}$$

الجزء الثاني مستقيم امتداده يقطع (hv) عند القيم الواطئة للطاقة ويمثل الانتقالات التي يصاحبها امتصاص فونون و عندما α = ^{1/2} (αhv) فالعلاقة (2 – 17) تكتب بالصيغة الآتية:

 $h\nu = E_g - E_{Ph} \tag{2-4}$

وبحل المعادلتين (4 - 1)،(4 - 2) آنياً يمكن الحصول منهما على قيم (E_g) ثم تعوض قيمتها بإحدى المعادلتين للحصول على قيم طاقة الفونون للأغشية المحضرة، ووجد أنَّ قيم فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر المسموحة تقل مع ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة وكما موضحة في الجدول (4 – 5)، وكذلك يُلحظ تناقص قيمة فجوة الطاقة لمعظم الاغشية المطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت باستثناء العينات (5-Cd)، (Cd-12) إذ تزداد قيمة (E_g) مقارنة مع أغشية CdO غير المطعمة و هذه النتيجة جاءت متفقة مع الزيادة الحاصلة في فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات المباشرة المسموحة.



الشكل (a 23-4): قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات غير المباشرة المسموحة الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و αhv) لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة.



الشكل (b 23-4): قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات غير المباشرة المسموحة الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و (hv) لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت.



الشكل (c 23-4): قيم فجوة الطاقة البصرية (E_g) للانتقالات غير المباشرة المسموحة الناتجة من العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و αhv) لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت.

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

| Sample | Direct Transition | Indirect Transition | Indirect Transition | Urbach Energy |
|--------|------------------------|--|----------------------|---------------------|
| Code | $E_{g}\left(eV ight)$ | $\mathbf{E}_{\mathbf{g}}\left(\mathbf{eV} ight)$ | E _{Ph} (eV) | E _u (eV) |
| Cd-1 | 2.77 | 2.30 | 1.41 | 0.320 |
| Cd-2 | 2.58 | 2.20 | 1.26 | 0.304 |
| Cd-3 | 2.49 | 2.11 | 1.22 | 0.295 |
| Cd-4 | 2.38 | 1.60 | 1.07 | 0.671 |
| Cd-5 | 2.70 | 2.24 | 1.40 | 0.324 |
| Cd-6 | 2.36 | 1.80 | 1.31 | 0.517 |
| Cd-7 | 2.27 | 1.51 | 1.09 | 1.185 |
| Cd-8 | 2.20 | 1.67 | 1.26 | 0.598 |
| Cd-9 | 2.37 | 1.90 | 1.16 | 0.435 |
| Cd-10 | 2.22 | 1.52 | 1.04 | 0.743 |
| Cd-11 | 2.49 | 2.14 | 1.26 | 0.257 |
| Cd-12 | 2.64 | 2.23 | 1.40 | 0.250 |

وقيم طاقة اورباخ.

Urbach Energy (E_u)

(6-3-4) طاقة اورباخ

تمثل طاقة اورباخ (E_u) أو عرض ذيول-النطاق (Band-Tail Width) عرض الحالات الموضعية المسموحة في منطقة فجوة الطاقة البصرية، والتي من الممكن حسابها لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين (Zn) والكوبلت (Co) وذلك عن طريق رسم علاقة بيانية بين طاقة الفوتون (hv) و [Ln (α)] المأخوذة من المعادلة (2 – 16) ومن ثم أخذ مقلوب ميل الخط المستقيم عند منطقة الامتصاص الأُسي وكما يأتي: $\alpha = \alpha_0 e^{h\nu/E_u}$

$$E_{u} = \frac{1}{\ln \alpha / h\nu} = \frac{1}{\Delta \ln \alpha / \Delta h\nu} = \frac{1}{\text{slope}}$$
(4 - 4)

يُلحظ من الأشكال (2.4 (م التي تبين العلاقة بين (hv) و [(hv) و [(c, b, a 24-4) التي تبين العلاقة بين (hv) و [(c, b, a 24-4) الرقيقة المحضرة أنَّ قيم طاقة اورباخ صغيرة جداً مقارنة مع قيم فجوة الطاقة، إذ وجد أنَّ قيمة (E_u) تتأثر بعمليتي التلدين والتطعيم الثنائي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة على التوالي وكما موضحة في الجدول (4-5)، إذ تبين من خلال النتائج أنَّ السلوك البصري لطاقة ذيول اورباخ معاكسا لسلوك في الجدول (4-5)، إذ تبين من خلال النتائج أنَّ السلوك البصري لطاقة ذيول اورباخ معاكسا لسلوك في الجدول (4-5)، إذ تبين من خلال النتائج أنَّ السلوك البصري لطاقة ذيول اورباخ معاكسا لسلوك فجوة الطاقة البصرية لمعظم الاغشية المحضرة وسبب ذلك يعزى إلى نقصان أو زيادة عدد مستويات الطاقة البصرية لمعظم الاغشية المحضرة وسبب ذلك يعزى إلى نقصان أو زيادة عدد مستويات الطاقة الموضعية والذي بدوره يؤدي إلى زيادة أو نقصان قيم فجوة الطاقة البصرية (زيادة عدد الطاقة ذيول المستويات الموضعية يسبب تناقص في قيمة فجوة الطاقة البصرية وبالتالي زيادة في قيمة طاقة ذيول اورباخ). ويتضح بأنَّه يمكننا تغيير قيم (E_u) من خلال التوك أو نقصان قيم فجوة الطاقة البصرية (زيادة عدد الطاقة الموضعية والذي بدوره يؤدي إلى زيادة أو نقصان الم فجوة الطاقة البصرية وبالتالي زيادة في قيمة طاقة ذيول المستويات الموضعية يسبب تناقص في قيمة فجوة الطاقة البصرية وبالتالي زيادة في قيمة طاقة ذيول اورباخ). ويتضح بأنَّه يمكننا تغيير قيم (E_u) من خلال التحكم بدرجة حرارة التادين ونسب الورباخ). ويتضح بأنَّه يمكننا تغيير قيم (E_u) من خلال التحكم بدرجة حرارة التادين ونسب المستويام الرقيقة.



الشكل (a 24-4): العلاقة بين طاقة الفوتون (hv) و [Ln (α) cm⁻¹] لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 24-4): العلاقة بين طاقة الفوتون (hv) و [Ln (α) cm⁻¹] لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (c 24-4): العلاقة بين طاقة الفوتون (hv) و [Ln (α) cm⁻¹] لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).

Optical Constants

Refractive Index (n₀)

إنَّ التغيير الحاصل في منحنيات قيم معامل الانكسار لأغشية (CdO) غير المطعمة والمطعمة والمطعمة والمعمة والمعمة قد يعود إلى الاختلاف الناتج من التلدين والتطعيم الثنائي في طبيعة السطوح للأغشية الرقيقة المحضرة والتي يحدث عندها تشتت وانعكاس الفوتونات الضوئية الساقطة من ناحية تجانس سطح الغشاء وانتظام توزيع الحبيبات فيه وحجومها والذي قد يؤدي إلى زيادة أو قلة النفاذية وزيادة أو قلة التشتت (الانعكاسية) ومن ثم نقص أو زيادة قيم معامل الانكسار، إذ أنَّ تشتت أو انعكاس الأشعة عن السطوح الخشاء وانتظام ومن ثم معامل من ما معامل الانكسار، إذ أنَّ تشتت أو انعكاس الفوتونات. المعام معامل الانكسار، إذ أنَّ تشتت أو انعكاس الأشعة عن السطوح الخشاء وانتظام ومن ثم معامل والذي قد يؤدي إلى زيادة أو العكاس الأشعة عن السطوح الخشنة يكون أو من ثم معامل الانكسار، إذ أنَّ تشتت أو انعكاس الأشعة عن السطوح الخامة أكبر مما هو عليه للسطوح الناعمة (الأقل خشونة) [51, 70, 106].

(4-3-4-1) معامل الانكسار

(4-3-4) الثوابت البصرية



الشكل (hv): معامل الانكسار (no) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة الملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (hv): معامل الانكسار (n_o) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والشكل (b 25-4): والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (2-3 c): معامل الانكسار (n_o) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة و والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° (450).

Extinction Coefficient (k₀)

(2-7-3-4) معامل الخمود

تم حساب معامل الخمود ((k_0) للأغشية الرقيقة المحضرة جميعها باستعمال المعادلة (2 – 24) بدلالة الطول الموجي (λ) ومعامل الامتصاص (α). توضح الاشكال (2–40) تغير سلوك معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائيا بعنصري الخارصين (Zn) والكوبلت (Co)، إذ يتبين وجود تشابه في سلوك منحنيات معامل الخمود مع منحنيات معامل الخمود وزلك لاعتماد حسابات قيم معامل الخمود على نتائج معامل الامتصاص. وفي معامل المتصاص وذلك لاعتماد حسابات قيم معامل الخمود على نتائج معامل الامتصاص. وفي معامل الخمود (Co)، إذ يتبين وجود تشابه في سلوك منحنيات معامل الخمود مع منحنيات معامل الخمود (Co) والكوبلت (Co)، إذ يتبين وجود تشابه في سلوك منحنيات معامل الخمود مع منحنيات معامل الأمتصاص. وفي مناطق الطاقات الفرتونية العالية (الطوال الموجية القصيرة)، وأنَّ سبب تزايد قيمه تدريجياً بزيادة طاقة وفي تفوتونات الساقطة قد يعزى إلى زيادة الامتصاصية عندها وبالتالي تزايد في قيم معامل الامتصاص، معاطق الفوتونية العالية (الاطوال الموجية القصيرة)، وأنَّ سبب تزايد قيمه تدريجياً بزيادة طاقة الفوتونات الساقطة قد يعزى إلى زيادة الامتصاصية عندها وبالتالي تزايد في قيم معامل الامتصاص، مناطق الطاقات الفوتونية العالية (الاطوال الموجية القصيرة)، وأنَّ سبب تزايد قيمه تدريجياً بزيادة طاقة الفوتونات الساقطة قد يعزى إلى زيادة الامتصاصية عندها وبالتالي تزايد في قيم معامل الامتصاص، مع معامل الخمود وازاحة قممه نحو الطاقات الفوتونية العالية بار تفاع درجة حرارة الفوتونيات الساقطة تد يعزى إلى زيادة الامتصاص، مع معامل الخمود وازاحة قممه نحو الطاقات الفوتونية العالية بار تفاع درجة حرارة الفوتونيات الساقات الفوتونية العالية أو الواطئة مع تغير نسب التطعيم الثنائي. وكذلك يُلحظ من التأشكال أنَّ قيم معامل الخمود وازاحة قممه نحو الطاقات الفوتونية العالية بارتفاع درجة حرارة الفرتونات الساقلة الفوتونية العالية أو الواطئة مع تغير نسب التطعيم الثنائي. وكذلك يُلحظ من التأشكال أنَّ قيم (م) من عندالي معامل الخمود وازاحة ثم تظهر شبه مستقرة للغشاء (Cd-2)) غير المطعم والمادن الأشكال أنَّ قيم (م) مالغان الفرتونية العالية أو اضرع شرة مطعم مانه معاملة معنوي المان معامل الخموة والمان معاملة مع منولي المان معاملة مع مالغال ألما مع أو المان مع مام مالغ م مالغان

بدرجة (2° 650) والغشاء (Cd-8) المطعم ثنائياً بالخارصين والكوبلت بالنسب الوزنية (C + 5)] [%.Wt (Cn + Co) عند الطاقات الفوتونية العالية، ويمكن أَنْ يعزى سبب ذلك إلى التبلور العالي وإلى الزيادة الكبيرة والتباين في حجم وشكل الحبيات كما توضحه نتائج وصور FE-SEM وكذلك بسبب ثبوت قيم معامل الامتصاص تقريباً لمدى معين من الطاقات العالية جداً نتيجة ثبوت قيم الامتصاصية عندها لاسيما أنَّها طاقات فعالة تؤدي إلى حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة مما يؤدي إلى تناقص واضح في قيم معامل الخمود [109].



الشكل (hv): معامل الخمود (no) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة الملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 26-4): معامل الخمود (no) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائيا بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° C).



الشكل (c 26-4): معامل الخمود (no) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائيا بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C^oC).

Optical Complex Dielectric Constant (ϵ_0) ثابت العزل البصري المعقد (3-7-3-4)

تم حساب ثابت العزل البصري المعقد بجز أيه الحقيقي (٤) والخيالي (٤) من خلال تطبيق العلاقتين (2 – 28) و (2 - 29) على التوالي. تبين الاشكال (4 - 27 c, b, a) تغير الجزء الحقيقي من ثابت العزل البصري المعقد كدالة لطاقة الفوتونات الساقطة لجميع الأغشية المحضرة، إذ نلحظ وجود مدى من التشابه بين سلوك منحنيات الجزء الحقيقي من ثابت العزل البصري ومنحنيات معامل الانكسار للأغشية المحضرة و هذا يعود إلى إرتباط (٤) مع (٥) في معادلة (2 – 28) وضعف تأثير معامل الخمود بسبب قيمه الصغيرة جداً مقارنة مع قيم مربع معامل الانكسار ، ويتضح لنا أنَّ قيم الجزء الحقيقي لأغشية روسب قيمه الصغيرة جداً مقارنة مع قيم مربع معامل الانكسار ، ويتضح لنا أنَّ قيم الجزء الحقيقي لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة تنائياً بالخار صين والكوبلت تختلف بارتفاع درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم الثنائي على التوالي لكنها متشابهة نوعاً ما بالسلوك، إذ تستمر بالزيادة تدريجياً مع زيادة المعقد الفوتونات مع ملاحظة السلوك المختلف لمنحني الجزء الحقيقي من ثابت العزل لغشاء ODO غير ونسب التطعيم الثنائي على التوالي لكنها متشابهة نوعاً ما بالسلوك، إذ تستمر بالزيادة تدريجياً مع زيادة المعقد الفوتونات مع ملاحظة السلوك المختلف لمنحني الجزء الحقيقي من ثابت العزل لغشاء ODO غير ونعم والملدن بدرجة (⁰ 600) إذ يبدأ بالزيادة تدريجياً مع طاقة الفوتون إلى أنَّ يصل أعظم قيمة بعدها يبدأ بالتناقص تدريجياً ومن ثم يكون شبه مستقر عند الطاقات الفوتونية العالية ويعود سبب ذلك الموعم والملدن بدرجة (¹ 600) إذ يبدأ بالزيادة تدريجياً مع طاقة الفوتون إلى أنَّ يصل أعظم قيمة بعدها يدأ بالانكسار، وأنَّ الأغشية غير المعمة والمطعمة التي تعاني قمعها زحفاً نحو الطاقات بعدها يدأ بالانكسار، وأنَّ الأغشية غير المطعمة والمعمة التي تعاني قمعها زحفاً نحو الطاقات بعدهما إلى قيم معامل الانكسار، وأنَّ الأغشية غير المطعمة والمطعمة التي تعاني قمعها زحفاً نحو الطاقات الفوتونية الواطئة هذا يعني حاجتها إلى طاقة أقل لتحفيز ها على الاستجابة مقارنة بالأغشية التي تعاني قممها زحفاً باتجاه الطاقات العالية، إذ يُعبَر (₁) عن قابلية الوسط على الاستقطاب نتيجة سقوط الضوء عليه بغض النظر عن مقدار الطاقة المقودة من الاشعاع الساقط.

أما الأشكال (4-28 c, b, a 28) فتبين تغير الجزء الخيالي من ثابت العزل البصري المعقد كدالة لطاقة الفوتونات الساقطة للأغشية المحضرة جميعها، إذ نلاحظ از دياد قيم (2³) بزيادة طاقة الفوتون ويتم فقد الطاقة بأكبر مقدار عند أعظم قيم تصلها المنحنيات بسبب زيادة الامتصاصية والتشتت، إذ أَنَّ الجزء التخيلي من ثابت العزل يُعدُ مقياساً لمقدار الفقد الحاصل لطاقة الاشعاعات الضوئية (زيادة قيم (2³) تسبب زيادة بفقد الطاقة) وسلوك منحنياته مشابهة لسلوك معامل الخمود، ويتضح لنا أَنَّ ارتفاع درجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة تزيد من قيم (2³) مع إزاحة منحنياته نحو الطاقات الفوتونية الواطئة باستثناء الغشاء (Cd-4) إذ يكون سلوكه مغايراً كما ذكرنا سابقاً، أما الأغشية المطعمة فتُظهر تفاوتاً في قيم الجزء التخيلي لثابت العزل وازاحة قمم منحنياته ومقدار الفقد الحاصل للطاقة بتغير نسب التطعيم الثنائي بسبب النقص أو الزيادة الحاصلة في قيم معامل الخمود.



الشكل (hv): ثابت العزل الحقيقي ($arepsilon_1$) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة الملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 27-4): ثابت العزل الحقيقي (٤₁) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (c 27-4): ثابت العزل الحقيقي (ε₁) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب مختلفة بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° C5)..



الشكل (hv): ثابت العزل الخيالي (٤₂) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة الملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 28-4): ثابت العزل الخيالي (٤₂) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (c 28-4): ثابت العزل الخيالي (ɛ₂) كدالة لطاقة الفوتونات (hv) لأغشية أوكسيد الكادميوم (CdO) غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بنسب متساوية بعنصري الخارصين والكوبلت والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).

Results of Electrical Measurements الكهربائية (4-4) نتائج القياسات الكهربائية

تم إجراء قياس تأثير هول (Hall Effect) ضمن درجة الحرارة الاعتيادية (C° 27) وبمجال مغناطيسي منتظم تبلغ شدته (0.55 Tesla) لمعرفة الخصائص الكهربائية لأغشية أوكسيد الكادميوم غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بأيوني الخار صين (Zn²⁺ions) والكوبلت (Co²⁺ions)، إذ تم الحصول على قيم كل من معامل هول [Hall Coefficient (R_H)] وتركيز حاملات الشحنة [Carrier] Concentration (n)] والمقاومية [(popility (μ)] والتحركية [(Mobility (μ)] والتوصيلية الكهربائية [(σ) Conductivity] وكما موضحة في الجدول (β-4). تُبين النتائج من الإشارة السالبة لمعامل هول بأنَّ نوع حاملات الشحنة هو (n-type) النوع السالب (أي أنَّ أغلبية حاملات الشحنة هي الالكترونات) لأغشية CdO غير المطعمة إذ لم تتأثر نوعية حاملات الشحنة بتغير درجة حرارة التلدين، ويُلحظ من الجدول تزايد قيم معامل هول مع ارتفاع درجة التلدين من (C° 350) إلى (C° 450) ومن ثم تتناقص عند درجة التلدين (C° 550) وذلك لإرتباطه بعلاقة عكسية مع تركيز الحاملات حسب العلاقة (2 – 30)، كذلك يُلحظ تناقص قيم كل من التوصيلية والتحركية وزيادة المقاومية عند درجة (450 °C) بسبب نقص تركيز حاملات الشحنة عندها ومن ثم زيادة قيمة التوصيلية وتركيز الحاملات عند درجة حرارة التلدين (C° 550) وكما موضح في الشكل (A 29-4) وقد يكون السبب في زيادة التوصيل هو نقصان العيوب البلورية (زيادة حجم البلوريات وتناقص قيم كل من الانفعال المايكروي وكثافة الانخلاعات وعدد البلوريات كما توضحه قياسات XRD) والتي تعمل على إعطاء حرية أكبر لحركة ناقلات الشحنة وبالتالي زيادة التوصيلية ونقص المقاومية (المقاومة النوعية) [85, 132]، ومن ثم تتناقص التوصيلية للغشاء الملدن بدرجة (C° 650) وقد يكون سبب ذلك هو نقص نسب العناصر (Cd, O) بسبب الحرارة العالية للتلدين التي تعمل على تبخير المادة من خلال تكسير الاواصر بين مادة الغشاء وقاعدة الترسيب مما يؤدي إلى ظهور الفراغات والفجوات في الغشاء وبالتالي نقص في قيم تركيز الحاملات. وأظهرت النتائج تحسن الخصائص الكهربائية بزيادة قيم كل من تركيز حاملات الشحنة والتحركية والتوصيلية الكهربائية ونقص المقاومية وقيم معامل هول لأغشية CdO بعد تطعيمها ثنائياً بأيوني الخارصين والكوبلت لغالبية نسب التطعيم وكما مبين في الشكل (c. b 29-4) وقد يعزي سبب ذلك إلى إحلال أيونى الخارصين (Zn²⁺ ions) والكوبلت (Co²⁺ ions) مواقع استبدالية لأيون الكادميوم (Cd²⁺ ions) مما يسبب اضطراب الشبيكة البلورية ومن ثم زيادة الفراغات الاوكسجينية التي تزيد التوصيلية الكهريائية [51] أو قد يكون بسبب عملية تكوين أو اصر بين أيونات التطعيم الثنائي وأيونات الاوكسجين (O²⁺ ions) مما يوفر الكترون بعد كل عملية إرتباط وبالتالي زيادة تركيز حاملات الشحنة [73]، وفي المقابل نقص عيوب البلورة وتحسن التبلور يسبب نقص المقاومة النوعية، أما في

حالة إشغال أيونات التطعيم مواقع بينية في شبيكة CdO قد يؤدي ذلك إلى إعاقة حركة ناقلات الشحنة (الذرات البينية تتصرف كمعيق لحركة الحاملات) ومن ثم زيادة المقاومية ونقص التوصيلية الكهربائية [51, 134, 153]. كما بينت النتائج في الجدول تأثر نوعية حاملات الشحنة وتحولها من النوع السالب إلى النوع الموجب (p-type) (أي أنَّ أغلبية حاملات الشحنة هي الفجوات) لبعض نسب التطعيم الثنائي [30 ملات (Co) وقد يكون السبب كما أسلفنا هو عملية تكوين الأواصر بين أيونات التطعيم والمادة الأساس مما يوفر فجوة (Hole) بعد كما ملفنا هو عملية تكوين الأواصر بين أيونات التطعيم والمادة الأساس مما يوفر فجوة (Hole) بعد نوعاً ما وتمتلك توصيلية كهربائية جيدة، وبينت النتائج أيضاً بأنَّ أكبر عدد لحاملات الشحن وأفضل توصيلية كهربائية للأغشية المحضرة كانت للغشاء (Cd-12) المطعم ثنائياً بالخارصين والكوبلت بالنسب [-Cd wt.%]



الشكل (a 29-4): تركيز الحاملات والتحركية والتوصيلية الكهربانية كدوال لدرجة حرارة التلدين لأغشية CdO غير المطعمة الملدنة عند درجات حرارية مختلفة.



الشكل (b 29-4): تركيز الحاملات والتحركية والتوصيلية الكهربانية كدوال لنسب التطعيم الثنائي المتساوية بالخارصين والكوبلت لأغشية CdO الرقيقة والملدنة عند درجة حرارة (C° 450).



الشكل (c 29-4): تركيز الحاملات والتحركية والتوصيلية الكهربانية كدوال لنسب التطعيم الثنائي المختلفة بالخارصين والكوبلت لأغشية CdO الرقيقة والملدنة عند درجة حرارة (c °C).

| Sample Code | Carrier Concentration n (cm) ⁻³ | Conductivity σ (Ω. cm) ⁻¹ | Resistivity ρ (Ω. cm) | Mobility μ (cm²/Vs) | Hall Coefficient R _H (cm ³ /C) |
|----------------|---|--|-----------------------------|---------------------------|---|
| Cd-1 | 4.53×10 ¹⁵ | 1.17×10 ⁻¹ | 0.85×10 ¹ | 1.61×10 ² | -1.37×10 ³ |
| Cd-2 | 1.88×10 ¹³ | 8.95×10 ⁻⁶ | 1.12×10 ⁵ | 0.29×10 ¹ | -3.32×10 ⁵ |
| Cd-3 | 2.63×10 ¹⁹ | 1.47×10 ² | 6.79×10 ⁻³ | 3.49×10 ¹ | -2.37×10 ⁻¹ |
| Cd-4 | 5.76×10 ¹¹ | 7.01×10 ⁻⁶ | 1.42×10 ⁵ | 7.595×10 ¹ | -1.08×10 ⁷ |
| Cd-5 | 2.73×10 ¹¹ | 1.56×10 ⁻⁵ | 6.40×10 ⁴ | 3.57×10 ² | 2.28×10 ⁷ |
| Cd-6 | 7.52×10 ¹⁸ | 1.01×10 ² | 9.94×10 ⁻³ | 8.34×10 ¹ | 8.29×10 ⁻¹ |
| Cd-7 | 2.35×10 ¹⁹ | 3.72×10 ¹ | 2.68×10 ⁻² | 0.98×10 ¹ | -2.65×10 ⁻¹ |
| Cd-8 | 2.30×10 ¹⁸ | 0.23×10 ¹ | 4.35×10 ⁻¹ | 0.62×10 ¹ | 0.27×10 ¹ |
| Cd-9 | 5.72×10 ¹³ | 1.88×10 ⁻² | 5.32×10 ¹ | 2.05×10 ³ | -1.091×10 ⁵ |
| Cd-10 | 7.13×10 ¹⁷ | 0.90×10 ¹ | 1.11×10 ⁻¹ | 7.86×10 ¹ | -0.88×10 ¹ |
| Cd-11 | 2.67×10 ¹³ | 2.81×10 ⁻⁵ | 3.56×10 ⁴ | 0.66×10 ¹ | 2.34×10 ⁵ |
| Cd-12 | 5.02×10 ¹⁹ | 2.45×10 ² | 4.09×10 ⁻³ | 3.02×10 ¹ | -1.23×10 ⁻¹ |

الجدول (4-6) نتائج قياسات تأثير هول لأغشية CdO غير المطعمة والمطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت.

Conclusions

(5-4) الاستنتاجات

- أظهرت نتائج قياسات حيود الأشعة السينية أنَّ عمليتي التلدين والتطعيم الثنائي بالخارصين والكوبلت لم تؤثرا على نوعية النظام البلوري لغشاء CdO غير المطعم، إذ بينت أنَّ جميع الأغشية المحضرة تمتلك تركيب متعدد التبلور من النوع المكعب وبالاتجاه السائد والمفضل للنمو (111) وأنَّ حجم البلوريات يزداد بارتفاع درجة حرارة التلدين وبالتطعيم، ووفقاً لأطياف FTIR فقد أكدت بوضوح ظهور قمم إهتزاز المط للأصرة Od-O وإنخفاض هذه القمم مع زيادة نسب التطعيم كما أظهرت إلاتياء قمم الإهتزاز المط للأصرة Od-O وإنخفاض العلمي ورفقاً ويادة بارتفاع درجة حرارة التلدين وبالتطعيم، ووفقاً لأطياف FTIR فقد أكدت بوضوح ظهور قمم إهتزاز المط للأصرة Od-O وإنخفاض هذه القمم مع زيادة نسب التطعيم كما أظهرت إختفاء قمم الإهتزازات العريضة (O-H) بسبب التلدين العالي.
- بينت تحليلات AFM أنَّه يمكن السيطرة على قيم الحجم الحبيبي وخشونة السطح ومربع متوسط
 الخشونة RMS من خلال التحكم بدرجة حرارة التلدين ونسب التطعيم الثنائي.
- أظهرت نتائج المجهر الألكتروني الماسح-الباعث للمجال (FE-SEM) أَنَّ أغشية CdO غير المطعمة تمتلك تركيباً شبه كروي عند درجة حرارة التلدين (2° 350, 450) وتتغير إلى أَشكال تشبه الأزهار النانوية (Nano-Flower) عند (2° 550, 650) وأشكالاً تشبه الأحجار الصخرية والقرنابيط النانوي (Cauli-Flower) للأغشية المطعمة، كما بينت صور المقطع العرضي (Laui-Flower) تأثر سمك الأغشية بعمليتي التلدين والتطعيم.
- بينت نتائج الفحوصات البصرية أنَّ قيم النفاذية والامتصاصية وفجوة الطاقة البصرية المباشرة وغير المباشرة يمكن التحكم بها من خلال تغير درجة حرارة التلدين ونسب التطعيم للأغشية، وأنَّ قيم النفاذية العالية لبعض الأغشية يجعلها ضمن الأكاسيد الموصلة الشفافة (TCOs) ومناسبة للاستعمال كنافذة شفافة في تطبيقات الخلايا الشمسية.
- بينت نتائج قياسات تأثير هول أنَّ نوع حاملات الشحنة هو (n-type) لأغشية CdO غير
 المطعمة، كما تَبَيَّنَ أَنَّ نوع ناقلات الشحنة قد تأثر ببعض نسب التطعيم إذ تحول إلى (p-type).
- أظهرت نتائج تأثير هول أنَّ التطعيم الثنائي بالخارصين والكوبلت يساهم بصورة عامة في تحسين الخصائص الكهربائية لأغشية أوكسيد الكادميوم وأنَّ أعلى تحركية وتوصيلية كهربائية كانت للغشاء (Cd-12)، إذ بلغت [¹-(Ω.cm) 201×10²] يقابلها أعلى تركيز لناقلات الشحنة.
- من خلال النتائج تم الاستنتاج بأنَّ أغشية CdO يمكن التحكم بخصائصها بواسطة التلدين وبصورة أكبر من خلال التطعيم الثنائي [(Zn + Co) wt.% co-Doping)].

Future Works

(6-4) المشاريع المستقبلية

- دراسة تأثير السمك على الخصائص الفيزيائية لأغشية (CdO) المطعمة ثنائياً بالخارصين والكوبلت المحضرة بتقنية الطلاء البرمي للمحلول الهلامي (Sol-Gel).
- تحضير مسحوق أوكسيد الكادميوم المطعم ثنائياً بالخارصين والكوبلت ودراسة تأثير التلدين
 والتشعيع بأشعة كاما على خصائصه التركيبية والكهربائية والمغناطيسية.
- دراسة تأثير التطعيم الثنائي بالخارصين والإنديوم (Zn + In) على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية CdO ذات التراكيب النانوية.

المصادر

References

References

- B. Sapoval and C. Hermann, "*Physics of semiconductors*" Springer Science & Business Media, 2003.
- [2] A. Rogalski, "Infrared detectors" CRC press, 2010.
- [3] M. H. Suhail, "Reactive magnetron sputtering-plasma analysis and studies on oxide films" Ph. D. Thesis, Indian Institute of Science, India, 1992.
- [4] J. Datta, C. Bhattacharya, and S. Bandyopadhyay, "Synthesis and characterization of electro-crystallized Cd–Sn–Se semiconductor films for application in non-aqueous photoelectrochemical solar cells" *Appl. Surf. Sci.*, vol. 252, no. 20, pp. 7493–7502, 2006.
- [5] N. Council and D. Washington, "Plasma Processing of Materials: Scientific Opportunities and Technological Challenges" National Academies Press) Plasma Processing of Materials, 1991.
- [6] J. M. Poate, K. Tu, and J. W. Mayer, "*Thin films: interdiffusion and reactions*" John Wiley & Sons, 1978.
- [7] V. Dhanasekaran, T. Mahalingam, R. Chandramohan, J. P. Chu, and J.-K. Rhee, "Electrochemical synthesis and characterization of CdSnSe thin films" *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, vol. 23, no. 2, pp. 645–651, 2012.
- [8] R. Henriquez, A. Badan, P. Grez, E. Munoz, J. Vera, E. A. Dalchiele, R. E. Marotti, and H. Gomez "Electrodeposition of nanocrystalline CdSe thin films from dimethyl sulfoxide solution: Nucleation and growth mechanism, structural and optical studies" *Electrochim. Acta*, vol. 56, no. 13, pp. 4895–4901, 2011.
- [9] L. I. Berger, "Semiconductor materials" CRC press, 1996.
- [10] L. Edwards-Shea, "The essence of solid-state electronics" Pearson PTR, 1996.
- [11] G. Nimtz and B. Schlicht, "Narrow-gap lead salts" in Narrow-Gap

Semiconductors, Springer, 1983, pp. 1–117.

- [12] P. Asanithi, S. Chaiyakun, and P. Limsuwan, "Growth of silver nanoparticles by DC magnetron sputtering" J. Nanomater., vol. 2012, 2012.
- [13] L. V Azároff, L. V Az, L. V Azároff, and J. J. Brophy, "*Electronic processes in materials*" McGraw-Hill, 1963.
- [14] H. T. Grahn, "Introduction to semiconductor physics" World Scientific Publishing Company, 1999.
- [15] S. M. Sze and M.-K. Lee, "Semiconductor Devices: Physics and Technology: Physics and Technology" Wiley Global Education, 2012.
- [16] K. L. Chopra, and I. Kaur, "Thin Film device applications" Plenum Press, New York, 1983.
- [17] S. M. Sze and K. K. Ng, "*Physics of semiconductor devices*" John wiley & sons, 2006.
- [18] D. Perednis and L. J. Gauckler, "Thin film deposition using spray pyrolysis" *J. electroceramics*, vol. 14, no. 2, pp. 103–111, 2005.
- [19] K. L. Chopra, "Thin film phenomena" McGraw-Hill New York, 1969.
- [20] I. Giouroudi, J. Kosel, and C. Scheffer, "Recent Developments and Patents on Thin Film Technology" *Recent Patents Mater. Sci.*, vol. 1, no. 3, pp. 200–208, 2008.
- [21] A. Mujahid, P. A. Lieberzeit, and F. L. Dickert, "Chemical sensors based on molecularly imprinted sol-gel materials" *Materials (Basel)*., vol. 3, no. 4, pp. 2196–2217, 2010.
- [22] C. Lind, S. D. Gates, N. M. Pedoussaut, and T. I. Baiz, "Novel materials through non-hydrolytic sol-gel processing: Negative thermal expansion oxides and beyond" *Materials (Basel).*, vol. 3, no. 4, pp. 2567–2587, 2010.
- [23] T. K. Tseng, Y. S. Lin, Y. J. Chen, and H. Chu, "A review of photocatalysts prepared by sol-gel method for VOCs removal" *Int. J.*

Mol. Sci., vol. 11, no. 6, pp. 2336–2361, 2010.

- [24] Y. C. Ke and P. Stroeve, "Polymer-layered silicate and silica nanocomposites" Elsevier, 2005.
- [25] A. J. Haider, Z. N. Jameel, and S. Y. Taha, "Synthesis and characterization of TiO2 nanoparticles via sol-gel method by pulse laser ablation" *Eng. Tech. J.*, vol. 33, no. 5, pp. 761–771, 2015.
- [26] J. Livage, M. Henry, and C. Sanchez, "Sol-gel chemistry of transition metal oxides" *Prog. solid state Chem.*, vol. 18, no. 4, pp. 259–341, 1988.
- [27] C. A. Milea, C. Bogatu, and A. Duta, "The influence of parameters in silica sol-gel process" *Bull. Transilv. Univ. Brasov. Eng. Sci. Ser. I*, vol. 4, no. 1, p. 59, 2011.
- [28] D. Segal, "Chemical synthesis of advanced ceramic materials" no. 1. Cambridge University Press, 1991.
- [29] L. E. Scriven, "Physics and applications of dip coating and spin coating" MRS Online Proc. Libr., vol. 121, 1988.
- [30] N. Manikandan, B. Shanthi, and S. Muruganand, "Construction of spin coating machine controlled by arm processor for physical studies of PVA," *Int. J. Electron. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 4, pp. 318–322, 2015.
- [31] J. Danglad-Flores, S. Eickelmann, and H. Riegler, "Deposition of polymer films by spin casting: A quantitative analysis" *Chem. Eng. Sci.*, vol. 179, pp. 257–264, 2018.
- [32] D. B. Hall, P. Underhill, and J. M. Torkelson, "Spin coating of thin and ultrathin polymer films" *Polym. Eng. Sci.*, vol. 38, no. 12, pp. 2039–2045, 1998.
- [33] N. Sahu, B. Parija, and S. Panigrahi, "Fundamental understanding and modeling of spin coating process: A review" *Indian J. Phys.*, vol. 83, no. 4, pp. 493–502, 2009.
- [34] J. Chen *et al.*, "Controllable fabrication of 2D colloidal-crystal films with polystyrene nanospheres of various diameters by spin-coating" *Appl.*

Surf. Sci., vol. 270, pp. 6–15, 2013.

- [35] B. T. Chiad, A. J. H. Al-Wattar, and F. J. AL-Maliki, "Preparation of Xerogel Films Doped with R6G Laser Dye using spin coating technique and Study the Spinning parameters" *Iraqi J. Phys.*, vol. 8, no. 12, pp. 23– 28, 2010.
- [36] M. D. Tyona, "A theoritical study on spin coating technique" *Adv. Mater. Res.*, vol. 2, no. 4, p. 195, 2013.
- [37] A. W. Metz, J. R. Ireland, J. G. Zheng, P. Ricardo, S. M. Lobo, Y. Yung, N. Jun, C. L. Stern, V. P. David, N. Bentemps, C. R. Kannewurf, K. R. Poeppelmeier, and T. J. Marks, "Transparent conducting oxides: texture and microstructure effects on charge carrier mobility in MOCVD-derived CdO thin films grown with a thermally stable, low-melting precursor" *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 126, no. 27, pp. 8477–8492, 2004.
- [38] G. Kiriakidis, H. Ouacha, and N. Katsarakis, "Nanostructured thin films: electrical and sensing characterization" *Rev. Adv. Mater. Sci.*, vol. 4, pp. 32–40, 2003.
- [39] C. A. Hampel and G. G. Hawley, "Encyclopedia of chemistry" Van Nostrand Reinhold, New York (USA) 1973.
- [40] K. A. Gschneidner Jr, "Physical properties and interrelationships of metallic and semimetallic elements" in *Solid state physics*, vol. 16, Elsevier, 1964, pp. 275–426.
- [41] M. D. Larrañaga, R. J. Lewis, and R. A. Lewis, "*Hawley's condensed chemical dictionary*" John Wiley & Sons, Incorporated, 2016.
- [42] A. F. Wells, "*Structural inorganic chemistry*" Oxford university press, 2012.
- [43] F. A. Cotton, G. Wilkinson, C. A. Murillo, and M. Bochmann, "Advanced Inorganic Chemistry, John Willey & Sons" *Inc., New York*, p. 869, 1999.
- [44] I. Ben Miled, M. Jlassi, I. Sta, M. Dhaouadi, M. Hajji, G. Mousdis, M.

Kompitsas, and H. Ezzaouia, "Structural, optical, and electrical properties of cadmium oxide thin films prepared by sol–gel spin-coating method" *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, vol. 83, no. 2, pp. 259–267, 2017.

- [45] K. V. Kannan Nithin and M. R. M. Krishnappa, "Synthesis and characterization of cobalt-doped cadmium oxide thin films prepared by sol-gel spin coating method" *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1362, no. 1, 2019.
- [46] D. R. Lide, "Chemical Rubber Company handbook of chemistry and physics" *Florida*, USA, 1998.
- [47] G. Turgut, "An investigation of Pb-contribution effect on the characteristic features of CdO films coated with a sol–gel spin coating technique" J. Mater. Sci. Mater. Electron., vol. 28, no. 22, pp. 16992– 17001, 2017.
- [48] C. Jagadish and S. J. Pearton, "Zinc oxide bulk, thin films and nanostructures: processing, properties, and applications" Elsevier, 2011.
- [49] Z. L. Wang, "Nanostructures of zinc oxide" *Mater. today*, vol. 7, no. 6, pp. 26–33, 2004.
- [50] D. Barreca C. Massignan, S. Daolio, M. Fabrizio, C. Piccirillo, L. Armelao, and E. Tondello, "Composition and microstructure of cobalt oxide thin films obtained from a novel cobalt (II) precursor by chemical vapor deposition" *Chem. Mater.*, vol. 13, no. 2, pp. 588–593, 2001.
- [51] T. Noorunnisha *et al.*, "(Zn + Co) co-doped CdO thin films with improved figure of merit values and ferromagnetic orderings with low squareness ratio well suited for optoelectronic devices and soft magnetic materials applications" *Appl. Phys. A Mater. Sci. Process.*, vol. 126, no. 10, pp. 1–9, 2020.
- [52] J. Chen, X. Wu, and A. Selloni, "Electronic structure and bonding properties of cobalt oxide in the spinel structure" *Phys. Rev. B - Condens. Matter Mater. Phys.*, vol. 83, no. 24, pp. 1–7, 2011.

- [53] M. Rahm, R. Hoffmann, and N. W. Ashcroft, "Atomic and Ionic Radii of Elements 1–96" *Chem. - A Eur. J.*, vol. 22, no. 41, pp. 14625–14632, 2016.
- [54] P. K. Ghosh, S. Das, and K. K. Chattopadhyay, "Temperature dependent structural and optical properties of nanocrystallineCdO thin films deposited by sol–gel process" *J. Nanoparticle Res.*, vol. 7, no. 2–3, pp. 219–225, 2005.
- [55] L. R. de León-Gutiérrez, J. J. Cayente-Romero, J. M. Peza-Tapia, E. Barrera-Calva, J. C. Martínez-Flores, and M. Ortega-López, "Some physical properties of Sn-doped CdO thin films prepared by chemical bath deposition" *Mater. Lett.*, vol. 60, no. 29–30, pp. 3866–3870, 2006.
- [56] S. Ilican, M. Caglar, Y. Cagar, and F. Yakuphanoglua, "CdO: Al films deposited by sol-gel process: a study on their structural and optical properties" *Optoelectron. Adv. Mater. Commun.*, vol. 3, no. 2, pp. 135– 140, 2009.
- [57] R. Kumaravel, K. Ramamurthi, and V. Krishnakumar, "Effect of indium doping in CdO thin films prepared by spray pyrolysis technique" *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 71, no. 11, pp. 1545–1549, 2010.
- [58] M. K. R. Khan *et al.*, "Effect of Al-doping on optical and electrical properties of spray pyrolytic nano-crystalline CdO thin films" *Curr. Appl. Phys.*, vol. 10, no. 3, pp. 790–796, 2010.
- [59] F. Yakuphanoglu, "Preparation of nanostructure Ni doped CdO thin films by sol gel spin coating method" *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, vol. 59, no. 3, pp. 569–573, 2011.
- [60] Z. Serbetçi, R. K. Gupta, and F. Yakuphanoglu, "Preparation and characterization of nanorods Sb doped CdO films by sol-gel technique" *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, vol. 61, no. 3, pp. 477–483, 2011.
- [61] R. K. Gupta, F. Yakuphanoglu, and F. M. Amanullah, "Band gap engineering of nanostructure Cu doped CdO films" *Phys. E Low-*

dimensional Syst. Nanostructures, vol. 43, no. 9, pp. 1666–1668, 2011.

- [62] S. Sönmezoğlu, T. A. Termeli, S. Akin, and I. Askeroğlu, "Synthesis and characterization of tellurium-doped CdO nanoparticles thin films by solgel method" *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, vol. 67, no. 1, pp. 97–104, 2013.
- [63] A. H. O. Alkhayatt, I. A. D. Al-hussainy, and O. A. C. Al-rikaby, "Annealing Effect on the Structural and Optical Properties of Sol-Gel Deposited Nanocrystalline CdO Thin Films" *Adv. Phys. Theor. Appl*, vol. 34, pp. 1–8, 2014.
- [64] A. U. Ubale, S. S. Wadnerkar, and P. N. S. G. D. Tayade, "Study of structural, optical and electrical properties of CdO thin film deposited by sol-gel spin coating technique" vol. 5, no. 6, pp. 43–48, 2014.
- [65] B. Hymavathi, B. R. Kumar, and T. S. Rao, "Temperature Dependent Structural and Optical Properties of Nanostructured Cr Doped CdO Thin Films Prepared by DC Reactive Magnetron Sputtering" *Procedia Mater. Sci.*, vol. 6, no. Icmpc, pp. 1668–1673, 2014.
- [66] A. M. El Sayed and A. Ibrahim, "Structural and optical characterizations of spin coated cobalt-doped cadmium oxide nanostructured thin films" *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 26, pp. 320–328, 2014.
- [67] K. Usharani, A. R. Balu, V. S. Nagarethinam, and M. Suganya, "Characteristic analysis on the physical properties of nanostructured Mgdoped CdO thin films-Doping concentration effect" *Prog. Nat. Sci. Mater. Int.*, vol. 25, no. 3, pp. 251–257, 2015.
- [68] D. S. Jbaier, "Influence of Annealing on Properties of Cadmium Oxide thin Films Prepared by Spray Pyrolysis" vol. 33, no. 8, pp. 1458–1466, 2015.
- [69] K. Usharani and A. R. Balu, "Structural, optical, and electrical properties of Zn-doped CdO thin films fabricated by a simplified spray pyrolysis technique" *Acta Metall. Sin. (English Lett.*, vol. 28, no. 1, pp. 64–71, 2015.
- [70] M. Thirumoorthi and J. T. J. Prakash, "A study of Tin doping effects on physical properties of CdO thin films prepared by sol-gel spin coating method" *J. Asian Ceram. Soc.*, vol. 4, no. 1, pp. 39–45, 2016.
- [71] K. Usharani, A. R. Balu, and V. S. Nagarethinam, "Enhanced properties of Zn-, Mg-incorporated CdO films through Cl doping" *Surf. Eng.*, vol. 32, no. 11, pp. 829–833, 2016.
- [72] P. Velusamy, R. R. Babu, K. Ramamurthi, E. Elangovan, J. Viegas, and M. Sridharan, "Gas sensing and opto-electronic properties of spray deposited cobalt doped CdO thin films" *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 255, pp. 871–883, 2018.
- [73] M. Anitha, K. Saravanakumar, N. Anitha, and L. Amalraj, "Influence of a novel co-doping (Zn+ F) on the physical properties of nano structured (1 1 1) oriented CdO thin films applicable for window layer of solar cell" *Appl. Surf. Sci.*, vol. 443, pp. 55–67, 2018.
- [74] T. Mohandas, R. Thiagarajan, and D. Srinivasan, "Optical Characteristics of Manganous Doped Cadmium Oxide Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis Method" vol. 9, no. 3, pp. 746–749, 2018.
- [75] N. Kati, "Controlling of optical band gap of the CdO films by zinc oxide" *Mater. Sci. Pol.*, vol. 37, no. 1, pp. 136–141, 2019.
- [76] H. Güney and D. İskenderoğlu, "The effect of Zn doping on CdO thin films grown by SILAR method at room temperature" *Phys. B Condens. Matter*, vol. 552, pp. 119–123, 2019.
- [77] J. K. Rajput, T. K. Pathak, H. C. Swart, and L. P. Purohit, "Synthesis of CdO Nanoflowers by Sol-Gel Method on Different Substrates with Photodetection Application" *Phys. Status Solidi Appl. Mater. Sci.*, vol. 216, no. 20, pp. 1–7, 2019.
- [78] W. T. Tsang, "Semiconductors and Semimetals" Academic press, 1985.
- [79] J. D. Patterson and B. C. Bailey, "Solid-state physics: introduction to the theory" Springer Science & Business Media, 2007.

- [80] I. Jacques, "Pankove, Optical Processes in Semiconductors" New York: Dover publication institute, 1971.
- [81] R. Henríquez, P. Grez, E.<u>Munoz</u>, H Gómez, JA Badán, R. E. Marotti, and E. A. Dalchiele, "Optical properties of CdSe and CdO thin films electrochemically prepared" *Thin Solid Films*, vol. 518, no. 7, pp. 1774– 1778, 2010.
- [82] M. E. Levinshtein, S. L. Rumyantsev, and M. S. Shur, "Properties of Advanced Semiconductor Materials: GaN, AIN, InN, BN, SiC, SiGe" John Wiley & Sons, 2001.
- [83] S. J. Pearton, J. W. Corbett, and M. Stavola, "Hydrogen in crystalline semiconductors" vol. 16. Springer Science & Business Media, 2013.
- [84] N. W. Ashcroft and N. D. Mermin, "Solid state physics" vol. 2005. holt, rinehart and winston, new york London, 1976.

[85] يحيى نوري الجمال، "فيزياء الحالة الصلبة" جامعة الموصل، 1990.

- [86] C. Kittel, "Introduction to solid state physics" John Wiley & Sons Inc; 5th edition, New York, 1976.
- [87] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, "*Materials science and engineering*" vol. 5. John wiley & sons NY, 2011.
- [88] L. Kazmerski, "Polycrystalline and amorphous thin films and devices" Elsevier, 2012.
- [89] S. C. Kashyap, "Giant Magnetoresistance in Electrodesposited Nanogranular Thin Films" in *Physics and Technology of Thin Films: IWTF 2003*, World Scientific, 2004, pp. 228–248.
- [90] M. Ohring, "Materials science of thin films" Elsevier, 2001.
- [91] G. S. Rohrer, "*Structure and bonding in crystalline materials*" Cambridge University Press, 2001.
- [92] C. Kittel, P. McEuen, and P. McEuen, "Introduction to solid state physics" vol. 8. Wiley New York, 1996.
- [93] B. G. Streetman and S. Banerjee, "Solid state electronic devices"

Prentice-Hall of india, 2001.

- [94] E. Rosencher and B. Vinter, "*Optoelectronics*" Cambridge University Press, 2002.
- [95] C. Jacoboni, "Theory of electron transport in semiconductors: a pathway from elementary physics to nonequilibrium green functions" vol. 165.
 Springer Science & Business Media, 2010.

[96] زياد طارق خضير "دراسة الخواص البصرية وبعض الخواص الكهربائية لأغشية اوكسيد الكادميوم المشوبة بأوكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري" رسالة ماجستير الجامعة المستنصرية، 2003.

- [97] A. Piegari and F. Flory, "*Optical thin films and coatings: From materials* to applications" Woodhead Publishing, 2018.
- [98] K. Tzou and R. V Gregory, "A method to prepare soluble polyaniline salt solutions—in situ doping of PANI base with organic dopants in polar solvents" *Synth. Met.*, vol. 53, no. 3, pp. 365–377, 1993.
- [99] G. Li, N. Yang, W. Wang, and W. F. Zhang, "Synthesis, photophysical and photocatalytic properties of N-doped sodium niobate sensitized by carbon nitride" *J. Phys. Chem. C*, vol. 113, no. 33, pp. 14829–14833, 2009.
- [100] R. Jenkins and R. L. Snyder, "Introduction to X-ray powder diffractometry" no. 543.427 JEN. 1996.
- [101] B. E. Warren, "X-ray Diffraction" Courier Corporation, 1990.
- [102] C. G. Pope, "X-ray diffraction and the Bragg equation" *J. Chem. Educ.*, vol. 74, no. 1, p. 129, 1997.
- [103] S. J. Ling, J. Sanny, W. Moebs, G. Friedman, and S. D. Druger, "University Physics Volume 2" 2016.
- [104] O. Madelung, "Introduction to solid-state theory" vol. 2. Springer Science & Business Media, 2012.
- [105] H. P. Klug and L. E. Alexander, "X-ray diffraction procedures: for polycrystalline and amorphous materials" 2nd Edition, by Harold P.

Klug, Leroy E. Alexander, pp. 992. ISBN 0-471-49369-4. Wiley-VCH, 1974.

- [106] علي منهل حميد "دراسة بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية Cu₂ZnSnS₄ الرقيقة المرسبة بطريقة الطلاء البرمي" رسالة ماجستير جامعة ديالي، 2021.
- [107] R. Murugesan, K. Marimuthu, K. Kasinathan, M. Sathiah, and C. Rathinam, "An Investigation of SILAR Grown CdO Thin Films" *Iran. J. Chem. Chem. Eng.*, vol. 38, no. 4, pp. 11–17, 2019.
- [108] K. M. Lang, D. A. Hite, R. W. Simmonds, R. McDermott, D. P. Pappas, and J. M. Martinis, "Conducting atomic force microscopy for nanoscale tunnel barrier characterization" *Rev. Sci. Instrum.*, vol. 75, no. 8, pp. 2726–2731, 2004.
- [109] محمد محمود عبد الرحمن "دراسة تأثير التشعيع على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية -Cd) (Cd) محمد محمود عبد الرحمن "دراسة تأثير التشعيع على بعض الخواص الفيزيائية لأغشية . (Xr_xO) محمد محمود عبد الرحمن "دراسة تأثير التشعيع على معن الخواص الفيزيائية لأغشية .
- [110] D. F. Swinehart, "The beer-lambert law" *J. Chem. Educ.*, vol. 39, no. 7, p. 333, 1962.
- [111] H. Fujiwara and R. W. Collins, "Spectroscopic Ellipsometry for Photovoltaics: Volume 1: Fundamental Principles and Solar Cell Characterization" vol. 212. Springer, 2019.
- [112] O. Stenzel, "The Physics of Thin Film Optical Spectra, Surface Sciences" Springer, Berlin, 2005.
- [113] P. Samarasekara and U. Wijesinghe, "Optical properties of spin coated Cu doped ZnO nanocomposite films" arXiv Prepr. arXiv1710.03690, 2017.
- [114] Z. A. Muhammad, A. T. Hassan, and Y. Z. Dawood, "Studying The Optical Properties of CdO and CdO: Bi Thin Films" *Baghdad Sci. J.*, vol. 13, no. 3, 2016.
- [115] J. Mullerova and P. Sutta, "On some ambiguities of the absorption edge and optical band gaps of amorphous and polycrystalline semiconductors" *Commun. Lett. Univ. Zilina*, vol. 19, no. 3, pp. 9–15, 2017.

- [116] V. D. Mote, Y. Purushotham, R. S. Shinde, S. D. Salunke, and B. N. Dole, "Structural, optical and antibacterial properties of yttriumdoped ZnO nanoparticles" *Cerâmica*, vol. 61, no. 360, pp. 457–461, 2015.
- [117] N. F. Mott and E. A. Davis, "Electronic processes in non-crystalline materials" Oxford university press, 2012.
- [118] A. Boukhachem A. Boukhachem, B. Ouni, A. Bouzidi, A. Amlouk, K. Boubaker, M. Bouhafs, and M. Amlouk., "Quantum Effects of Indium/Ytterbium Doping on ZnO-Like Nano-Condensed Matter in terms of Urbach-Martienssen and Wemple-DiDomenico Single-Oscillator Models Parameters" *Int. Sch. Res. Not.*, vol. 2012, 2012.
- [119] S. O. Kasap, "Principles of electronic materials and devices" vol. 2. McGraw-Hill New York, 2006.
- [120] J. Kvietkova, L. Siozade, P. Disseix, A. Vasson, J. Leymarie, B. Damilano, N. Grandjean, and J. Massies, "Optical investigations and absorption coefficient determination of InGaN/GaN quantum wells" *Phys. status solidi*, vol. 190, no. 1, pp. 135–140, 2002.
- [121] J. Piprek, "Semiconductor optoelectronic devices: introduction to physics and simulation" Elsevier, 2013.
- [122] H. G. Tompkins and J. N. Hilfiker, "Spectroscopic Ellipsometry: Practical Application to Thin Film Characterization" Momentum Press, 2015.
- [123] I. C. Ndukwe, "Solution growth, characterization and applications of zinc sulphide thin films" *Sol. energy Mater. Sol. cells*, vol. 40, no. 2, pp. 123–131, 1996.
- [124] L. Eckertova, "Physics of thin films" Springer Science & Business Media, 2012.
- [125] F. F. Y. Wang, "Introduction to solid state electronics" Elsevier, 2012.
- [126] G. Busch and H. Schade, "Lectures on Solid State Physics: International Series in Natural Philosophy" vol. 79. Elsevier, 2013.

- [127] S. Franssila, "Introduction to Microfabrication: Chapter 9 Optical Lithography" 2004.
- [128] P. G. Karagiannidis, D. Georgiou, C. Pitsalidis, A. Laskarakis, and S. Logothetidis, "Evolution of vertical phase separation in P3HT: PCBM thin films induced by thermal annealing" *Mater. Chem. Phys.*, vol. 129, no. 3, pp. 1207–1213, 2011.
- [129] R. L. Johnson, "Characterization of piesoelectric ZnO thin films and the fabrication of piezoelectric micro-cantilevers" Ames Lab., Ames, IA (United States), 2005.
- [130] T. Ferreira and W. Rasb, "ImageJ user guide: IJ 1.46 r" 2012.
- [131] N. A. Bakr, "Studies on Structural, Optical and Electrical Properties of Hydrogenated Nanocrystalline Silicon (nc-Si:H) Thin Films Grown by Hot Wire-CVD for Photovoltaic Applications" Ph. D Thesis, Pune University, 2010.
- [132] M. A. Rahman and M. K. R. Khan, "Effect of annealing temperature on structural, electrical and optical properties of spray pyrolytic nanocrystalline CdO thin films" *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 24, pp. 26–33, 2014.
- [133] S. W. Shin, G. L. Agawane, J. Y. Kim, S. H. Jo, M.S. Kim, G. S. Heo, J. H. Kim, and J. Y. Lee, "Development of transparent conductive Mg and Ga co-doped ZnO thin films: Effect of Mg concentration" *Surf. Coatings Technol.*, vol. 231, pp. 364–369, 2013.
- [134] A. Rahman, M. Shahjahan, and M. H. Khatun, "Structural, Optical and Electrical Properties of Al Doped CdO Thin Films Deposited by Spray Pyrolysis Method," *IOSR J. Appl. Phys.*, vol. 11, no. 6, pp. 9–14, 2019.
- [135] K. Usharani, A. R. Balu, M. Suganya, and V. S. Nagarethinam, "Cadmium Oxide thin films deposited by a simplified spray pyrolysis technique for optoelectronic applications" 2015.
- [136] M. A. Yıldırım and A. Ateş, "Structural, optical and electrical properties

of CdO/Cd (OH) 2 thin films grown by the SILAR method" Sensors Actuators A Phys., vol. 155, no. 2, pp. 272–277, 2009.

- [137] L. L. Pan, G. Y. Li, and J. S. Lian, "Structural, optical and electrical properties of cerium and gadolinium doped CdO thin films" *Appl. Surf. Sci.*, vol. 274, pp. 365–370, 2013.
- [138] K. Ravichandran, N. Dineshbabu, T. Arun, C. Ravidhas, and S. Valanarasu, "Effect of fluorine (an anionic dopant) on transparent conducting properties of Sb (a cationic) doped ZnO thin films deposited using a simplified spray technique" *Mater. Res. Bull.*, vol. 83, pp. 442–452, 2016.
- [139] M. Aminuzzaman, L. P. Ying, W.-S. Goh, and A. Watanabe, "Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using aqueous extract of Garcinia mangostana fruit pericarp and their photocatalytic activity" *Bull. Mater. Sci.*, vol. 41, no. 2, pp. 1–10, 2018.
- [140] B. Kumar, K. Smita, L. Cumbal, and A. Debut, "Green approach for fabrication and applications of zinc oxide nanoparticles" *Bioinorg. Chem. Appl.*, vol. 2014, 2014.
- [141] P. Velusamy R. R. Babu, K. Ramamurthi, E. Elangovan, J. Viegas, M. S. Dahlem, and M. Aravanandhan, "Characterization of spray pyrolytically deposited high mobility praseodymium doped CdO thin films" *Ceram. Int.*, vol. 42, no. 11, pp. 12675–12685, 2016.
- [142] A. Tadjarodi and M. Imani, "Synthesis and characterization of CdO nanocrystalline structure by mechanochemical method" *Mater. Lett.*, vol. 65, no. 6, pp. 1025–1027, 2011.
- [143] M. Benhaliliba C. E. Benouis, A. Tiburcio-Silver, F. Yakuphanoglu, A. Avila-Garsia, A. Tavira, R. R. Trujillo, and Z. Mouffak, "Luminescence and physical properties of copper doped CdO derived nanostructures" *J. Lumin.*, vol. 132, no. 10, pp. 2653–2658, 2012.
- [144] F. Dagdelen, Z. Serbetci, R. K. Gupta, and F. Yakuphanoglu,

"Preparation of nanostructured Bi-doped CdO thin films by sol-gel spin coating method" *Mater. Lett.*, vol. 80, pp. 127–130, 2012.

- [145] J. K. Rajput, T. K. Pathak, V. Kumar, M. Kumar, and L. P. Purohit, "Annealing temperature dependent investigations on nano-cauliflower like structure of CdO thin film grown by sol–gel method" *Surfaces and Interfaces*, vol. 6, pp. 11–17, 2017.
- [146] B. Hymavathi, B. R. Kumar, and T. S. Rao, "Investigations on physical properties of nanostructured Cr doped CdO thin films for optoelectronic applications" *Procedia Mater. Sci.*, vol. 10, pp. 285–291, 2015.
- [147] E. Burstein, "Anomalous optical absorption limit in InSb" *Phys. Rev.*, vol. 93, no. 3, p. 632, 1954.
- [148] Y. Pepe, A. Karatay, Y. O. Donar, A. Sınağ, H. Unver, and A. Elmali,
 "Tuning the energy bandgap and nonlinear absorption coefficients of CdO nanocomposite films with doping and annealing process" *Opt. Mater. (Amst).*, vol. 103, p. 109880, 2020.
- [149] C. Ravichandran, G. Srinivasan, C. Lennon, S. Sivananthan, and J. Kumar, "Influence of post-deposition annealing on the structural, optical and electrical properties of Li and Mg co-doped ZnO thin films deposited by sol–gel technique" *Superlattices Microstruct.*, vol. 49, no. 5, pp. 527–536, 2011.
- [150] C. S. Schnohr and M. C. Ridgway, "X-ray absorption spectroscopy of semiconductors" Springer, 2015.
- [151] L. M. Guia, V. Sallet, S. Hassani, M. C. Martínez-Tomás, and V. Munoz-Sanjose, "Effect of Growth Temperature on the Structural and Morphological Properties of MgCdO Thin Films Grown by Metal Organic Chemical Vapor Deposition" *Cryst. Growth Des.*, vol. 17, no. 12, pp. 6303–6310, 2017.
- [152] I. Hamberg and C. G. Granqvist, "Evaporated Sn-doped In₂O₃ films: Basic optical properties and applications to energy-efficient windows" J.

Appl. Phys., vol. 60, no. 11, pp. R123-R160, 1986.

[153] N. Manjula, A. R. Balu, K. Usharani, N. Raja, and V. S. Nagarethinam, "Enhancement in some physical properties of spray deposited CdO: Mn thin films through Zn doping towards optoelectronic applications" *Optik* (*Stuttg*)., vol. 127, no. 16, pp. 6400–6406, 2016.

Abstract

In this study, transparent conducting un-doped and (Zinc + Cobalt) codoped cadmium oxide (CdO) thin films were deposited on quartz substrates with different annealing temperature (350, 450, 550, and 650 °C), and [(1 + 1), (3 + 3), (5 + 5), (7 + 7), (1 + 9), (3 + 7), (7 + 3), and (9 + 1) (Zn + Co) wt.%] co-doping concentration, respectively by using sol-gel spin coating technique.

This work aim was to study the effect of annealing and (Zn + Co) co-doping on structural, morphological, optical, and electrical features of the coated CdO thin films.

XRD analysis explained the polycrystalline nature of all prepared samples with cubic crystal structure along (111) plane being the preferential orientation, which showed no change with variation of annealing temperature and codoping contents. It was found that the intensity of the peaks and the crystallites size of the un-doped CdO thin films continuously increase, while the microstrain, dislocation density, and number of crystallites decrease with the increment of the annealing temperature and (Zn + Co) wt.% co-doping contributions. FTIR spectra confirmed the presents of chemical bonding by the peaks intensity of the stretching vibration of Cd-O in the un-doped films, which decreases with increasing of co-doping levels, while the peaks of the broad normal polymeric (O-H) stretching vibration of (H₂O) diminished for all coated samples.

The Nano-structured of the prepared films was confirmed by (XRD, AFM, and FE-SEM) Techniques. AFM results revealed that the increment and decrement in the values of Nano-sized granules, surface roughness, and RMS roughness of CdO thin films can be controlled by annealing temperature and (Zn + Co) wt.% co-doping ratios. The FE-SEM images showed that, the undoped CdO coated thin films annealed at (350, and 450 °C) has almost spherical uniform distribution, which shifted to like Nano-flower granule shapes with

higher annealing temperatures and as a small stones, or cauliflower for codoped CdO thin films. The existence of Cd, Co, Zn, and O elements was confirmed by Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) spectra.

The optical properties of the coated thin films were studied from absorbance and transmittance spectra in the wavelength range between (200-1100 nm), it was observed that the absorption of the incident light decreases, while the transmittance increases with the increment of the wavelength. The reflectivity, absorption coefficient, and optical constants such as (refractive index, extinction coefficient, and both of real part or imaginary part of the optical dielectric constant) values were increased with increasing of the annealing temperature and most of co-doping levels.

The red shift of optical energy gap from 2.77 eV to 2.20 eV for the un-doped CdO films and blue shift from 2.58 eV to 2.70 eV with co-doping were calculated by using the Tauc;s and Davis-Mott mathematical relations, in high absorption regions for direct allowed transitions, also E_g for indirect allowed transitions and Urbach energy were calculated for all prepared samples, which have been significantly influenced by the variations of annealing temperature and co-doping contributions.

The shifting from the n-type to the p-type semiconductor behavior for the coated samples was estimated by 4-points probe and average Hall coefficient value sign. The electrical conductivity was altered with annealing temperature and increased with co-doping rates. The minimum value of the resistivity ($4.09 \times 10^{-3} \Omega$ cm) and maximum value of carrier concentration (5.02×10^{19} cm⁻³) with maximum value of conductivity recorded as [2.45×10^{2} (Ω cm)⁻¹] were obtained for [(9 + 1) (Zn + Co) wt.%] co-doped CdO thin films. Republic of Iraq Ministry of Higher Education and Scientific Research University of Diyala College of Science



Study of Doping and Annealing Effect on Some Physical Properties of Nano-Structured Cadmium Oxide (CdO) 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

Karrar Saad Mohammed (B.Sc in Physics 2014)

Supervised by

Assist. Prof. Dr. Jasim Mohammed Mansoor

2021 A.D.

1442 A.H.