(1-1) المقدمة (Introduction)

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

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

إن زيادة التطوروالتقدم العلمي و التكنولوجي ادى الى تطور طرق تحضير الأغشية الرقيقة فأصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه، وتعددت طرائق تحضيرها ولكل طريقة خصوصياتها لتؤدي الغرض الذي استخدمت من أجله، ويتم تحضير الأغشية الرقيقة بالطرق الفيزيائية والكيميائية والتي اورد قسما منها كما يلي :

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

1- الترذيذ (Sputtering)

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

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

1- ترسيب المحاليل الغروية (Sol-Gel Deposition)

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

3- تقنية التحلل الكيميائي الحراري (Chemical Spray Pyrolysis)

4- الترسيب الكهربائي (Electrical Deposition)

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

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

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

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

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

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

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

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

(3-1) أكاسيد التوصيل الشفافة

(Transparent Conducting Oxides)

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

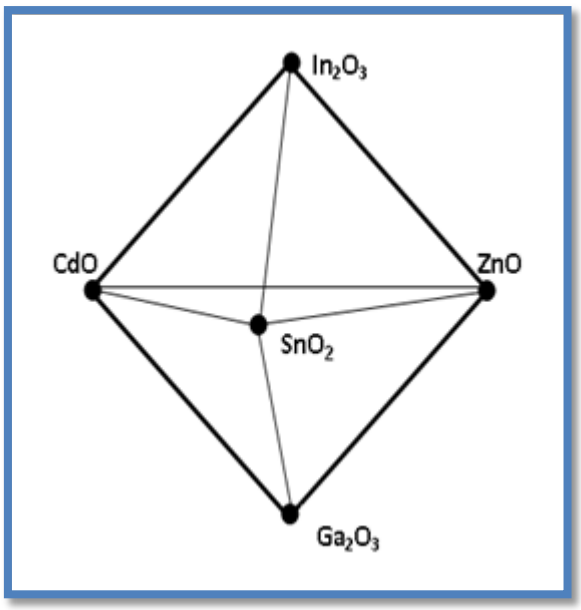
والشفافية الجزئية والتوصيلية الجيدة نسبياً ممكن الحصول عليها من طبقات رقيقة لمختلف انواع المعادن الموكسدة.

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

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

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

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



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

(4-1) اوكسيد الكادميوم (Cadmium Oxide)

فيما يلي عرض لخصائص مادة اوكسيد الكادميوم وتطبيقاتها:

- مادة اوكسيد الكادميوم احد المركبات الكيميائية للكادميوم، فهي لاتذوب في الماء او في القواعد، ولكنها تذوب في الحوامض واملاح النشادر [13،14] ، وتتفكك عند درجات الحرارة العالية [15].
- يمكن الحصول على مادة اوكسيد الكادميوم عن طريق التسخين الشديد لعنصر الكادميوم [13].
- تعد مادة اوكسيد الكادميوم مادة شبه موصلة من مجموعة الاكاسيد الموصلة الشفافة التي تمتاز بخصائص متميزة كفجوة طاقة كبيرة، تحركية الحاملات العالي، نفاذية عالية في المنطقة المرئية للطيف، توصيلية كهربائية مقاربة لتوصيلية المعادن من النوع السالب (n-type) وخصائص تألق مطلوبة، وذات تطبيقات واسعة في النبائط الكهروبصرية (Opto-ElectronicDevices)، النبائط الفوتوفولتائية (PhotovoltaicDevices) واجهزة العرض [16].

- ينتمي شبه الموصل اوكسيد الكادميوم الى المجموعة (الثانية-السادسة) (II,VI) من الجدول الدوري [17]، ذو تركيب بلوري مكعب (Cubic) ووحدة خلية متمركزة الأوجه (fcc) وهذا يشابه تركيب بلورة كلوريد الصوديوم (NaCl). [15] كما في الشكل (1-2).

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

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

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

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

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

(5-1) الدراسات السابقة (Literature Review)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

By

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

Supervised By

Dr. Bathinah A. Abrahim
Assist. Prof.

Dr. Nadir F. Habubi
Prof.

2017