



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية
كلية العلوم / قسم البيئة

دراسة الخصائص البصرية لأغشية اوكسيد الكاديوم Study of the optical properties of cadmium oxide membranes

رسالة مقدمة إلى

مجلس كلية العلوم جامعة القادسية

وهي جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس كلية العلوم قسم البيئة

من قبل

الطالب

بلال محمد ابراهيم حمزة

بإشراف

م.د. نصار عبد الأمير حمزة

2019م

1440هـ

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

﴿وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَظِيمٌ﴾

صدق الله العلي العظيم

الإهداء

إلى كل من علمني حرفاً وأنار لي دروب

الحياة

إلى كل عين ساهرة تنتظر الفرحة

إلى أساتذتي الكرام وأصدقائي الأوفياء

أهدي ثمرة جهدي هذا

الشكر والتقدير

أتقدم بالشكر والتقدير والامتنان والعرفان

الخالص إلى

((م.د نصر عبد الامير حمزة))

لما بذله معي من جهد كبير لتسهيل عملي وما
قدمه لي من إرشادات سهلت لي عملية البحث
والدراسة .

والشكر والتقدير إلى كل من مد لي يد المعونة
وبذل جهداً في سبيل إخراج هذا البحث من
أساتذة وطلاب وإفراد آخرين

الباحث

رقم الصفحة	المحتوى
أ	صفحة العنوان
ب	الآية القرآنية
ج	الإهداء
د	الشكر والتقدير
هـ	فهرسة المحتويات
6	1-1 مقدمة البحث وأهمية.
7	(1-2) الخواص التركيبية لأشباه الموصلات Structural Properties (of) Semiconductors
8	(1-2-1) أشباه الموصلات البلورية (Crystalline Semiconductors)
9	أ- أشباه الموصلات أحادية البلورة (Single Crystal) (Semiconductors)
10	ب- أشباه الموصلات متعددة التبلور (Polycrystalline) (Semiconductors)
11	(1-2-2) أشباه الموصلات غير المتبلورة (العشوائية) (Amorphous) (Semiconductors)
12	(1-3) الحدود الحبيبية (Grain Boundaries)
12	(4-1) حزم الطاقة في أشباه الموصلات البلورية (Energy Bands in Crystalline Semiconductors)
13	(5-1) المركبات II -VI (II-VI Compounds)
14	(6-1) الأغشية الرقيقة (Thin Films)
14	(7-1) تطبيقات الأغشية الرقيقة (Applications of Thin Films)
14	(1-7-1) التطبيقات البصرية (Optical Applications)

رقم الصفحة	المحتوى
16-15	(2-7-1) التطبيقات الإلكترونية (Electronic Applications)
17	(1-8) طرق تحضير الأغشية الرقيقة (Thin Film Preparation Methods)
17	(1-8-1) الطرائق الفيزيائية (Physical Methods)
17	(2-8-1) الطرائق الكيميائية (Chemical Methods)
17	(9-1) أكسيد الكاديوم (CdO)
الفصل الثاني	
19	(2-1) المقدمة (Introduction)
21	(2-2) الترسيب بطريقة القشط الليزري (Deposition by Laser Ablation)
22	(2-3) تفاعل الليزر مع المادة
22	(2-4) ميكانيكية الترسيب بالليزر
الفصل الثالث	
24	(1-3) مقدمة (Introduction)
25	(2-3) تحضير النماذج (Samples Preparation)
26	(3-3) كبس النماذج (Samples Compression)
26	(4-3) تهيئة الركائز (Substrates Preparation)
27	(5-3) ترسيب النماذج (Samples Deposition)
27	(6-3) منظومة الترسيب بالليزر (Pulsed Laser Deposition)
28	(7-3) فحص الأغشية الرقيقة (Thin Films Testing)
28	(1-7-3) جهاز حيود الأشعة السينية (X-ray diffraction)

المحتوى	رقم الصفحة
(2-7-3) مجهر القوى الذرية (AFM)	28
(3-7-3) منظومة تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء (FTIR)	28
(4-7-3) منظومة مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-VIS Spectrometer System)	28
الفصل الرابع النتائج والمناقشة	
(4-1) المقدمة (Introduction)	30
(4-2) الخصائص البصرية	30
(4-3) طيف الامتصاصية والنفذية	30
(4-4) حساب معامل الامتصاص (Absorption Coefficient)	31
(4-5) فجوة الطاقة البصرية (Optical Energy Gap)	33-32
(4-6) حساب الانعكاسية (Reflectance)	34

الفصل الأول

مقدمة البحث واهمية.

بدأت دراسة المواد شبه الموصلة التي تقع توصيلتها في المدى بين توصيلية المواد الموصلة (Conductors) والمواد العازلة (Insulators) [1،2] في القرن التاسع عشر، وتم خلال السنين اللاحقة دراسة الكثير من المواد شبه الموصلة. وما زالت الدراسة مستمرة حول هذه المواد نظراً لما يحمله حقل تقنية أشباه الموصلات وأغشيتها الرقيقة من تطبيقات وذلك لما تتطلبه الحاجة المستمرة في البحث عن بدائل لمصادر الطاقة.

كان أول تطبيق مهم لأشباه الموصلات هو تصنيع المقومات في عام (1886) من قبل (Smith) [3]، كمقومات السليسيوم المستخدمة للتيارات المتناوبة ذات التردد الواطئ، تم بعد ذلك صنع الثنائي والثنائيات الضوئية (Photodiodes)، بعدها تم تصنيع الترانزيستور عام (1946) الذي يعد إنجازاً مهماً، ثم جاءت الدوائر الالكترونية المتكاملة (Integrated Circuit (IC)) مكتملة لإنجاز الترانزيستور.

وفي عام (1954) كان الإنجاز الأكثر أهمية وهو تصنيع خلية شمسية (Solar Cell) تصنيعها من ثنائي سيليكوني وبكفاءة تحويل معقولة، حيث عد أول تركيب فوتو فولتائي (Photovoltaic) [4]. وبحلول عام (1962) استخدم ارسنيد الكاليوم (GaAs) لأول ليزر شبه موصل وأصبحت ليزرات أشباه الموصلات هي الأكثر استخداماً والأكثر تطوراً [1]، إن حزمة التكافؤ في أشباه الموصلات النقية في درجة حرارة الصفر المطلق تكون ممثلة تماماً وحزمة التوصيل تكون فارغة تماماً، أما عرض فجوة الطاقة المحظورة فهو الذي يميز أشباه الموصلات عن العوازل [5].

وبصورة عامة تتأثر توصيلية المادة شبه الموصلة بالحرارة والضوء والمجال المغناطيسي ووجود كميات ضئيلة من الذرات الشائبة وإن حساسية المادة شبه الموصلة تجاه هذه العوامل تجعل منها مادة بالغة الأهمية في التطبيقات الالكترونية [4].

يعود الفضل لفهم الأغشية الرقيقة تاريخياً الى العلماء الذين اهتموا بظاهرة تكون غشاء رقيق من الزيت على الماء، وللحصول على طبقة رقيقة

من الزيت لفحصها يكفي إدخال شريحة زجاجية الى السائل الذي يحتوي على الغشاء الرقيق فتلتصق على الشريحة طبقة الغشاء المتكونة [1].

(2-1) الخواص التركيبية لأشباه الموصلات (Structural Properties of Semiconductors)

إن تركيب المواد البلورية يحدد موقع الذرات في المواد، وهذا بدوره يعد من المعلومات المهمة والتي يبحث عنها العلماء لفهم وتفسير طبيعة المواد إضافة لخواصها الفيزيائية والكيميائية المختلفة. ويمكن تصنيف أشباه الموصلات كما هو الحال للمواد الصلبة تبعاً لتركيبها البلوري الى [1]:

(1-2-1) أشباه الموصلات البلورية (Crystalline Semiconductors)

وتترتب ذراتها بنظام تكراري بثلاثة أبعاد وذات ترتيب طويل المدى (Long) [1] (range order، ولأن هناك طرقاً عديدة ومختلفة لترتيب الذرات بحجم معين، فإن المسافات والاتجاهات بين الذرات يمكن أن تأخذ أشكالاً عديدة، وعلى كل حال، فإن الشبكة الحاوية على اصغر حجم تدعى وحدة الخلية (Unit Cell) والتي هي ممثلة لكل الشبكة وتعاد بشكل دوري منتظم خلال البلورة [6].

وتقسم أشباه الموصلات البلورية الى:

أ- أشباه الموصلات أحادية البلورة (Single Crystal Semiconductors)

يمتاز هذا النوع من أشباه الموصلات بترتيب دوري منتظم طويل المدى ويتكون من تشكيل ثلاثي الأبعاد ومتساوي وينتهي بانتهاء الشبكة البلورية [4]، ولا تترك الذرة في البلورة موقعها مطلقاً ولكنها تهتز في هذا الموقع بفعل الحرارة (Thermal [1] (Vibration).

ب- أشباه الموصلات متعددة التبلور (Polycrystalline Semiconductors)

وتتكون من العديد من البلورات المفردة الصغيرة والتي يطلق عليها الحبيبات (Grains) أو البلوريات (Crystallites)، تتكون كل حبيبة من آلاف من وحدات الخلايا وتمتلك وحدة الخلية ضمن الحبيبة الواحدة الاتجاه نفسه مثل أية خلية أخرى [7]. ويكون ترتيب الذرات منتظماً وطويل المدى في كل حبيبة من هذه الحبيبات وينتهي عند حدود الحبيبات، بينما تمتلك الحبيبات البلورية ككل

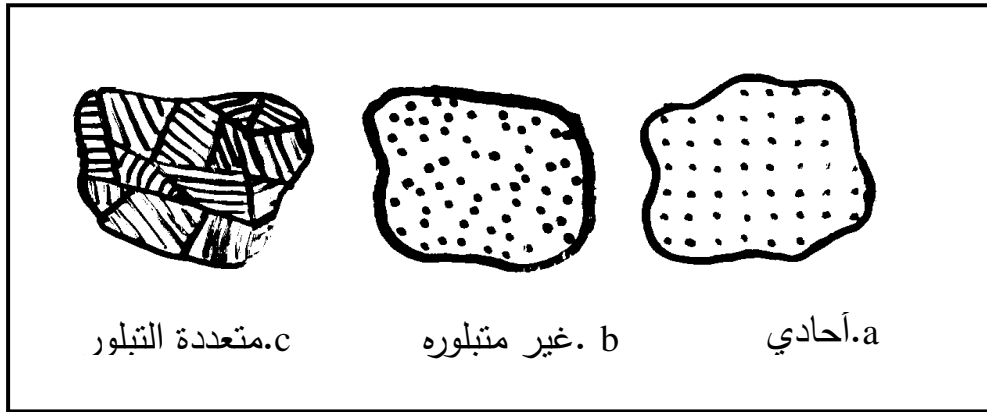
ترتيب قصير المدى [8]. ويحصل التمييز بين الحبيبات المتلاصقة باختلاف اتجاه الخلايا للحبيبات فقط.

وتستخدم تقنية الحيود للالكتروني أو الأشعة السينية أو النيوترونات الحرارية لتحديد صفة التبلور أو العشوائية للمواد، إذ يكون نمط الحيود في حالة المواد أحادية التبلور على شكل نقاط مضيئة ويكون على شكل حلقات ذات إضاءة حادة ومتداخلة ومتحدة المراكز للمواد متعددة البلورات، أما المواد اللابلورية (العشوائية) فيكون على شكل حلقات عريضة ضعيفة الإضاءة ومتحدة المركز [1].

(2-2-1) أشباه الموصلات غير المتبلورة (العشوائية) (Amorphous Semiconductors)

وهي المواد التي لا يشكل توزيع الذرات فيها أشكالاً هندسية دورية كالتي موجودة في المواد البلورية أي لا تملك نظاماً تكرارياً [1]، وان كان فيها بعض هذا التكرار فهو لا يتعدى مسافة أكبر من اثنين أو ثلاثة أنصاف الأقطار الذرية، لذا فانها تمتاز بكونها ذات ترتيب قصير المدى

(Short Range Order) [12] كما موضحة بالشكل (1-1-b).

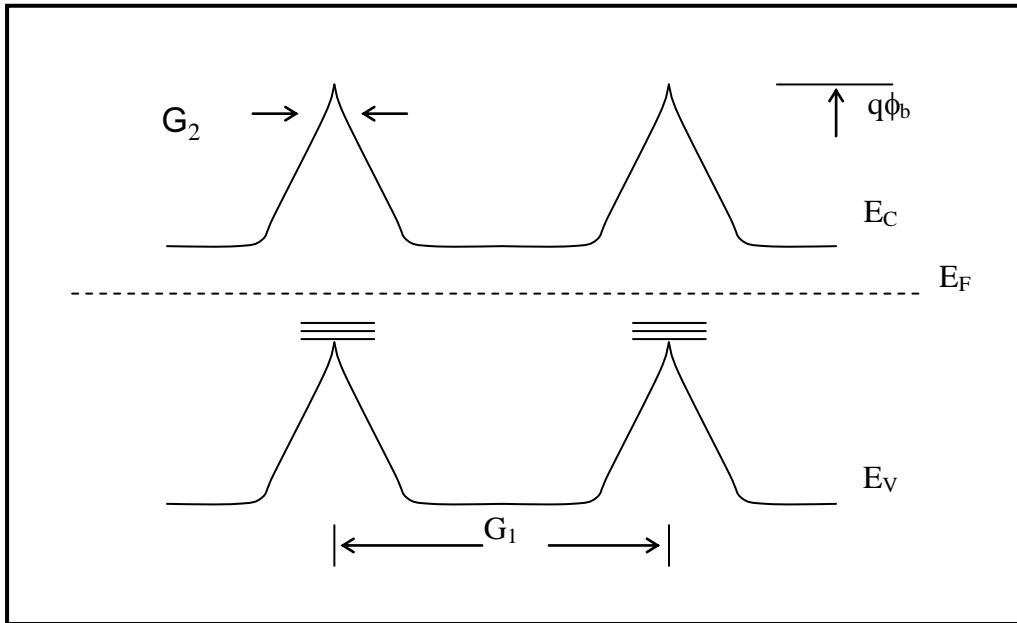


شكل (1-1) أنواع أشباه الموصلات [6].

ونظراً لما تلعبه الحدود الحبيبية من دور مهم في تركيب الأغشية الرقيقة ولما لها من تأثير على خواص الأغشية الرقيقة، سنتناول فيما يلي موضوع الحدود الحبيبية بشيء من التفصيل.

(3-1) الحدود الحبيبية (Grain Boundaries)

تعرف الحدود الحبيبية بانها مناطق التقاء الحبيبات البلورية مع بعضها البعض في أشباه الموصلات متعددة التبلور، وينتهي عندها الترتيب الدوري لكل حبيبة. ويكون سمك حد الحبيبة دائماً اقل من (20) ذرة ، وهي تمتلك كثافة طاقة عالية $\frac{J}{m^2} (0.1-0.2)$ ، لذا تكون المواد متعددة البلورات أقل استقراراً من الناحية الترموديناميكية من تلك أحادية البلورة ، لأن الطاقة الداخلية الحرة تتحدد بطاقة حدود الحبيبات. حيث تتصرف الحدود الحبيبية مثل عيب سطحي فتحاول البلورة تقليل المساحة للحدود الحبيبية بهدف تقليل الطاقة الحرة للبلورة [1]. وتتسبب الحدود الحبيبية بثني الحزمة (Band Bending) وكذلك بنشوء حاجز جهد (Potential Barrier) الذي يعيق انتقال حاملات الشحنات [9,10]. كما تتسبب الحدود الحبيبية باستحداث مستويات طاقة مسموحة تقع ضمن فجوة الطاقة الممنوعة وتعمل هذه المستويات كمراكز إعادة إتحاد حاملات الشحنات (Recombination Carriers)، وتكون فعالة جداً. والشكل (2-1) يمثل حزمة طاقة لغشاء رقيق شبه موصل متعدد التبلور نوع (n) [9].



شكل (2-1) حزمة طاقة لغشاء رقيق شبه موصل متعدد التبلور نوع (n) [9].

حيث:

G_1 : حجم الحبيبة.

G_2 : عرض الحد الحبيبي.

$q\phi_b$: ارتفاع حاجز جهد الحد الحبيبي.

: المستويات الموضعية لحدود الحبيبات.

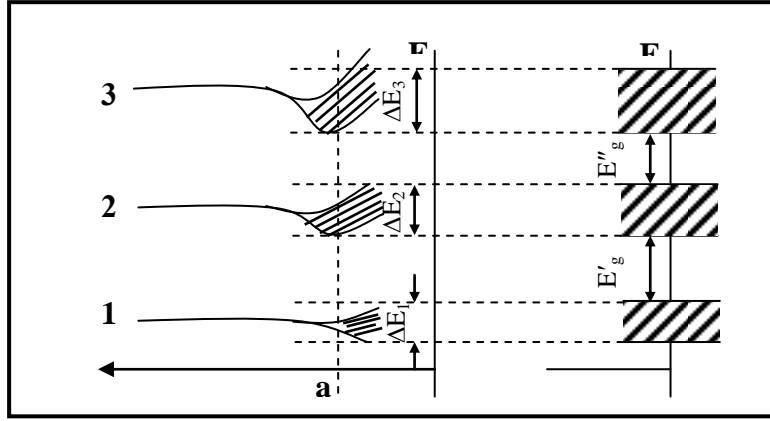
قد تتشكل حدود متطابقة مستوية في نمو الغشاء الرقيق على الأرضيات، وخلال النمو هناك احتمالية لتراصفات الحد الحبيبي. وقد يضطرب تركيب الحد الحبيبي المتكون بسبب الإنخلاءات الشبكية الناتجة عن عمليات الشد و الارتخاء بين الغشاء والأرضية [11].

(1-4) حزم الطاقة في أشباه الموصلات البلورية

(Energy Bands in Crystalline Semiconductors)

تحدد الخواص الكهربائية والضوئية لأي مادة صلبة بموجب تركيب حزم طاقاتها ومدى إشغالها بالالكترونات [4,2,20]. حيث أن انقسام مستوي الطاقة المفرد لذرة معزولة في حزمة الطاقة في المادة الصلبة هو المسؤول عن معظم الخواص الكهربائية، المغناطيسية والضوئية لهذا الصلب. وهذا الانقسام يأتي من كون المسافة بين مستويات الطاقة صغيرة جداً [1]. وقد أمكن حساب بنية حزم الطاقة لأشباه الموصلات البلورية بالاعتماد على نظرية الحزم في المواد الصلبة وبالاستعانة بميكانيك الكم [1].

تتميز أشباه الموصلات البلورية بوجود حزم للطاقة تسمى الأولى حزمة التكافؤ {Valence Band (VB)} وتحتوي على الالكترونات، ويعلو هذا الحزمة منطقة يمنع فيها تواجد الالكترونات ويطلق عليها فجوة الطاقة المحظورة (Forbidden Energy Gap)، ثم يلي ذلك حزمة تسمى حزمة التوصيل [Conduction Band (CB)] كما موضحة في الشكل (1-3) ويمكن انتقال الكترونات التكافؤ الى نطاق التوصيل عبر فجوة الطاقة المحظورة عندما تمتلك طاقة كافية (تساوي أو أكثر من مقدار فجوة الطاقة) [4].



شكل (3-1) تركيب حزمة الطاقة في أشباه الموصلات البلورية [4].

تكون حزمة التكافؤ مملوء تماماً بالالكترونات عند درجة الصفر المطلق، بينما تكون حزمة التوصيل فارغة تماماً، أما في درجة حرارة الغرفة فتكون الطاقة كافية لبعض الالكترونات في حزمة التكافؤ كي تجتاز فجوة الطاقة المحظورة (E_g) الى نطاق التوصيل تاركة وراءها فجوات في حزمة التكافؤ. وتكتسب الالكترونات في حزمة التوصيل طاقة حركية (E_e) بتأثير المجال الكهربائي وفق العلاقة [1,4].

$$E_e = \frac{\hbar^2 \vec{k}^2}{2m_e^*} \dots\dots\dots (1-1)$$

حيث

\vec{k} : متجه الموجة للإلكترون المنتقل.

m_e^* : الكتلة الفعالة للإلكترون (Effective Mass of Electron).

\hbar : ثابت ديراك ويساوي

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J. sec} \quad \frac{h}{2\pi} = \hbar$$

(5-1) المركبات II - VI (II-VI Compounds)

هناك اهتمام متزايد في السنوات الأخيرة بمجموعة جديدة من أشباه الموصلات والتي تمتلك خصائص فريدة مما يعزز إمكاناتها للاستخدام بمدى واسع في التطبيقات للأجهزة الالكتروبصرية وكموصلات ضوئية ، وهذه المجموعة هي مركبات (VI-II) [1].

إن السبب الرئيس لتطور هذه المركبات هو امتلاكها فجوة طاقة مباشرة كبيرة، مما يمكن استعمالها في تصنيع الليزر والثنائيات الباعثة للضوء في المنطقة المرئية [13].

تتألف المركبات (VI-II) من اتحاد عنصرين من زمر الجدول الدوري أحدهما من الزمرة الثانية والتي تضم العناصر (Mg، Be، Hg، Cd و Zn)، والآخر من الزمرة السادسة والتي تشمل العناصر (S، Se، Te و O) ومنها على سبيل المثال (CdO، ZnO، CdTe، CdSe، ZnTe، CdS و ZnS) وغيرها [3,14,15]، وان هذا التعريف يشمل الأوكسيدات والكبريتيدات والسليدات والتلريدات لعناصر الزمرة الثانية (II) [14,16]، ويتضمن الجدول (1-1) بعض من المركبات (VI-II) مع مقادير فجوة الطاقة المعروفة لها.

جدول (1-1) بعض مركبات اشباه الموصلات (VI-II) مع مقدار فجوات الطاقة المعروفة لها [17].

Group II elements	Group VI elements /E _g of II-VI compounds		
	Sulfar	Selenium	Tellurium
Zinc	ZnS 3.6 eV	ZnSe 2.6 eV	ZnTe 2.2 eV
Cadmium	CdS 2.6 eV	CdSe 1.7 eV	CdTe 1.6 eV
Mercury	HgS 2.1 eV	HgSe Semimetal	HgTe Semimetal

- وتتميز المركبات (VI-II) بجملة من المميزات، نورد منها ما يأتي:
- 1- التركيب البلوري إما أن يكون من النوع الرباعي (Zinc-blend) أو من النوع السداسي (Hexagonal Wurtzite). وفي كلا التركيبين تكون كل ذرة من كل عنصر واقعة في مركز رباعي السطوح وتكون محاطة بذرات العنصر الآخر [18].
 - 2- الأصرة التي تربط الذرات هي آصرة تساهمية وطالما أن عناصر الزمرة السادسة (VI) لها سالبية كهربائية (Electronegativity) عالية مقارنة بعناصر الزمرة الثانية (II) فإن سحابتين الكترونييتين تزاح من ذرات عناصر الزمرة الثانية الى ذرات عناصر الزمرة السادسة، لذا فأن الذرات تترايط فيما بينها ترايطاً تساهمياً أيونياً [13,14,15] كما إن المركبات (VI-II) تمتلك تأصراً أيونياً أكثر مما تملكه المواد (V-III) وأقل مما هو للمواد (VII-I) [13].
 - 3- تمتاز المركبات (VI-II) بأن لها نقاط انصهار عالية نسبياً وضغطاً بخارياً واطناً وتكون بشكل مساحيق متعددة البلورات [14,15].
 - 4- إنها تثير فسفرة عالية الكفاءة وخاصة المركب (ZnS) [17].

(6-1) الأغشية الرقيقة (Thin Films)

جذبت دراسة الأغشية الرقيقة عناية فائقة من قبل الفيزيائيين منذ أكثر من قرن ونصف تقريباً ابتداءً من عام 1852 عندما توصل كل (Bunsen and Grove) إلى تحضير أغشية معدنية رقيقة باستخدام تقنية التفاعل الكيميائي (Chemical Reaction) وتقنية التريذ بالتفريغ التوهجي (Glow-Discharge Sputtering) مروراً بعام 1857 عندما تمكن العالم (Faraday) من الحصول على غشاء معدني رقيق بتقنية التبخير الحراري (Thermal Evaporation) وذلك بإمرار تيار كهربائي في سلك معدني وتسخينه إلى الدرجة التي يتبخر عندها. في عام 1876 قام (Adams) بتحضير أغشية رقيقة ملاصقة لطبقة البلاطينيوم ودراسة خواصها الضوئية والكهربائية [19,20].

توصل العالم ناروولد في عام 1887 إلى إمكانية تبخير المعادن باستخدام تقنية التبخير الحراري في الفراغ (Vacuum Evaporation) عن طريق تسخين سلك من البلاطينيوم، وفي عام 1888 قام العالم (Kenett) بتحضير أغشية رقيقة من المعادن ودراسة معاملات الانكسار لها، وعلى مرالسنوات طور العلماء تقنيات تحضير الأغشية الرقيقة مثل التبخير الثنائي في الفراغ

الذي اكتشفه العالم هوكارث [21]. لقد تقدمت دراسة الجانب العملي للأغشية الرقيقة من خلال قياسات كل من (Jamin) و (Fizea) و (Quink)، والجانب النظري من العالم (Drude). وبذلك حققت هذه البحوث قفزة نوعية سريعة في مجال الأغشية الرقيقة. كان للأغشية الرقيقة دوراً كبيراً في الحرب العالمية الثانية، إذ استخدمت ضمن تقنية إزالة تأثيرات الغيوم في المجابهة للطيارين، واستعملت أيضاً في صناعة الكواشف (Detectors) ضمن منطقة الأطوال الموجبة تحت الحمراء.

تحظى الأغشية الرقيقة في الوقت الراهن بعناية أكبر، لاستخدامها ضمن مجالات متعددة إذ تدخل في تصنيع العديد من مكونات الأجهزة الإلكترونية الرقيقة في الكواشف ومرشحات التداخل، وتستخدم في عدد كبير من المجالات البصرية كتصنيع المرايا الاعتيادية. وتدخل أيضاً في صناعة الدوائر الكهربائية المتناهية الصغر (Micro circuits) [22]، ونظراً لصغر حجمها وخفة وزنها فقد دخلت في مجال بناء الحواسيب الإلكترونية الرقمية وفي تطوير أجهزة أبحاث الفضاء.

يستخدم مصطلح الغشاء الرقيق لوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة لا يتجاوز سمكها مايكروناً واحداً، ونظراً لأن طبقة الغشاء رقيقة فإنها ترسب على مواد مختلفة تعرف بقواعد الأساس وتعتمد على طبيعة الدراسة ومن هذه المواد الزجاج والسليكون والمعادن [19,23]. وتعد تقنية الأغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي أسهمت في تطور دراسة أشباه الموصلات و أعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها.

(7-1) تطبيقات الأغشية الرقيقة (Applications of Thin Films)

تستخدم الأغشية الرقيقة حسب نوعيتها في العديد من المجالات ولها تطبيقات عملية كثيرة يمكن تقسيمها الى:-

(1-7-1) التطبيقات البصرية (Optical Applications)

تم استخدام الأغشية الرقيقة في عام 1912 في عمل بعض المرايا من تبخير بعض المعادن مثل الفضة والألمنيوم واستخدمت أغشية الذهب في عملية عكس الإشعاع [1]، كذلك استخدمت في عملية التداخل (Interference) من مواد غير ماصة وفي مرشحات (Filters) لبعض الأطوال الموجية. ومضادات الانعكاس (Anti-reflection) [24].

(2-7-1) التطبيقات الإلكترونية (Electronic Applications)

تم استخدام الأغشية الرقيقة في أجهزة الذاكرة المغناطيسية وفي الدوائر المتكاملة (Integrated circuits)، واستخدمت في دوائر الفتح والغلق وفي صناعة المقومات (Rectifiers) و الترانزستورات (Transistors) و المضخمات (Amplifiers) و الكواشف (Detectors) و الخلايا الشمسية (Solar Cells) و الكواشف الحرارية (Bolometers)، وذلك من خلال تحضير متسعات من بعض المعادن حسب الرغبة في استخدامها.

(8-1) طرق تحضير الأغشية الرقيقة (Thin Film Preparation Methods)

مع زيادة التقدم العلمي والتكنولوجي تطورت طرق تحضير الأغشية الرقيقة و أصبحت على درجة عالية من الدقة في تحديد سمك الغشاء وتجانسه، إذ تعددت طرق تحضير الأغشية، وأصبح لكل طريقة خصوصيتها وامتيازاتها لتؤدي الغرض الذي أنشئت من أجله [19].

(1-8-1) الطرائق الفيزيائية (Physical Methods)

وتتضمن الطرائق الفيزيائية ما يأتي:-

1- طريقة التبخير الحراري في الفراغ : (Thermal Evaporation)

A. التسخين بالمقاومة : (Resistive Heating).

B. الحزمة الإلكترونية : (Electron Beam).

C. الليزر النبضي : (Pulse Laser).

2. طريقة التريز : (Sputtering Method).

A. التفريغ ألتوهجي : (Glow Discharge).

B. الحزم الأيونية : (Ion beams).

(2-8-1) الطرائق الكيميائية (Chemical Methods)

A. الترسيب الكهربائي : (Electrical Deposition).

B. ترسيب البخار كيميائياً : (Chemical Vapor Deposition).

C. طريقة الرش الكيميائي الحراري : (Chemical Spray Pyrolysis).

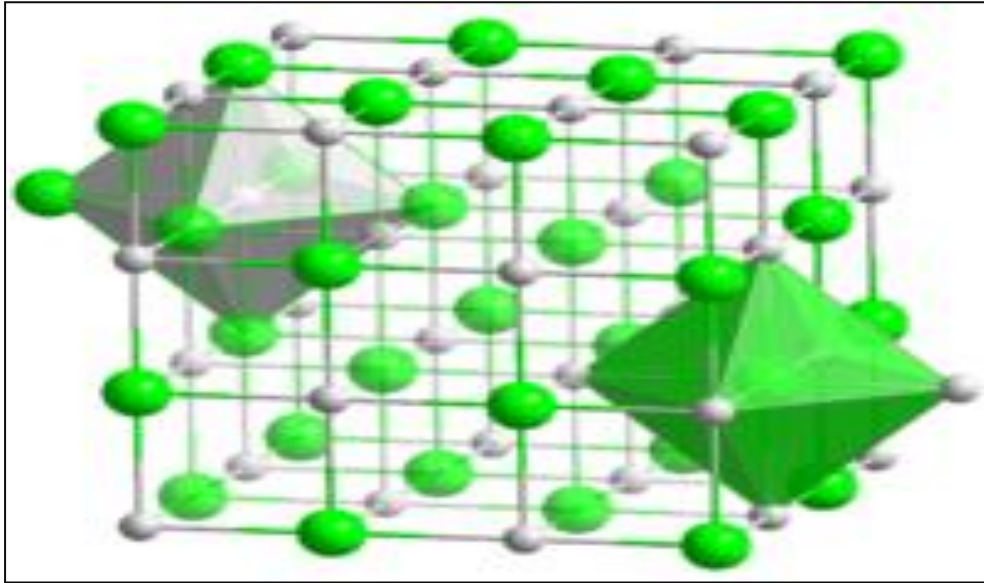
وقد تم استخدام طريقة الترسيب بالليزر من بين الطرائق المذكورة في أعلاه في بحثنا الحالي والتي سيتم شرحها بالتفصيل في الفصل الثاني من هذا البحث.

(9-1) أكسيد الكاديوم (CdO)

أكسيد الكاديوم هو مركب غير عضوي، والصيغة الكيميائية له CdO. وهو واحد من المركبات الرئيسية لمركبات الكاديوم الأخرى. يتبلور على شكل شبكية مكعبة مثل كلوريد الصوديوم كما في شكل (1-4) [25]، ويوجد بشكل طبيعي. أكسيد الكاديوم يمكن ان يكون على شكل مسحوق غير متبلور عديم اللون أو على شكل بلورات ذات اللون البني أو الأحمر [26].

يعتبر أكسيد الكاديوم من أشباه الموصلات نوع (n-type) [27]، بفجوة طاقة 2.16 eV في درجة حرارة الغرفة [28]. حيث غالبا ما تتواجد مركبات الكاديوم بالاشتراك مع فلزات الزنك، وان أكسيد الكاديوم الشائع يتم إنتاجه بعملية التكرير للزنك [29]. وكذلك يمكن إنتاجه عن طريق حرق عنصر الكاديوم في الهواء، حيث يكون لون النقي منه احمرأ أما أكسيد الكاديوم غير النقي فيكون بألوان مختلفة ويرجع سبب ذلك الى وجود العيوب الداخلة في تركيبه نتيجة وجود شواغر ايونية [30]، و يتم تحضير أكسيد الكاديوم تجاريا وذلك بأكسدة بخار الكاديوم بالهواء [31].

ويستخدم أكسيد الكاديوم في أحواض طلاء الكاديوم، والأقطاب الكهربائية لبطاريات التخزين، وأملاح الكاديوم ومحفز، وطلاء الزجاج السيراميك، والمواد الفسفورية [26]، وان استخدامات أكسيد الكاديوم الرئيسية هي المواد الملونة [32]. تم استخدام أكسيد الكاديوم (CdO) كمادة شفافة شبه موصلة [33]، وإعداده كغشاء موصل شفاف في عام 1907 [34]، على شكل أغشية رقيقة في تطبيقات مثل الدايوات الضوئية، والخلايا الضوئية والأقطاب الكهربائية وشاشات البلورات السائلة، وأجهزة الكشف عن الأشعة تحت الحمراء [35].



الشكل (4-1) التركيب البلوري لأوكسيد الكاديوم [35]

الفصل الثاني

(Introduction) المقدمة

يتضمن هذا الفصل الجانب النظري لموضوع البحث، إذ تم فيه شرح تقنيه الترسيب بالليزر ومحاسن هذه التقنيه، واستعراض بعض المفاهيم الفيزيائية النظرية حول ترسيب المواد شبه الموصله بعد تطعيمها، والإيضاحات العلمية، والعلاقات والقوانين الرياضية التي يمكن من خلالها حساب وتفسير النتائج التي تم الحصول عليها.

(2-2) الترسيب بطريقة القشط الليزري (Deposition by Laser Ablation)

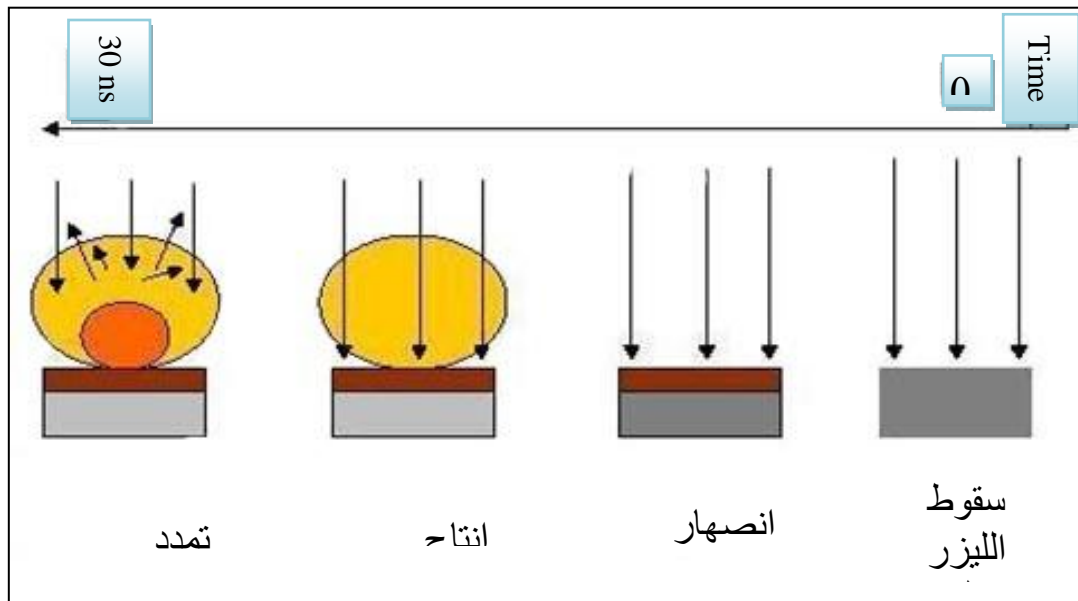
تعد طريقة التبخير بالليزر ذات استعمالات واسعة إذ ان مصدر الطاقة يكون موضوعاً خارج حجرة الترسيب كذلك اعتماد فراغ عال. في طريقة التبخير بالليزر يتكون الغشاء الرقيق المحضر بواسطة تذبذبة هدف واحد أو أكثر من مشع عند سقوط نبضة الليزر على الهدف [60]. اول من استخدم هذه التقنية [61] Smith & Turne سنة 1965 في تحضير أشباه الموصلات وأغشية رقيقة من العوازل وأثبت هذا العمل من قبل الباحثين Dijkam & Coworkers على أشباه الموصلات بدرجات الحرارة العالية في سنة 1987 [62]. تم تطبيق تقنية التبخير بالليزر النبضي في تصنيع الأغشية الرقيقة مقارنة بتقنية الترسيب المستمر مثل طريقة الإنماء الطبقي أضافت نبضة الليزر مميزات جديدة لمراحل تكوين الغشاء في طريقة الترسيب بالليزر النبضي (PLD) وأتبع هذه الطريقة لإنماء عدة طبقات [63]. ان الميزة الأساسية التي تتمتع بها تقنية التبخير الحراري بالليزر هي أن مادة الهدف تتذرى بواسطة نبضات الليزر وتترسب على القاعدة. والمواد المبخرة سوف تصل الى القاعدة. وفي الوقت الحالي تستخدم تقنية التبخير بالليزر النبضي PLD بأمد نبضة قصير جدا للحصول على الأغشية الرقيقة لتصنيع الأجهزة الالكترونية والبصرية، ولقد أخذت تقنية التبخير بالليزر اهتماما كبيرا، وهناك عدة عوامل تؤثر في خصائص نمو الغشاء المحضر بهذه الطريقة مثل كثافة طاقة الليزر، ودرجة حرارة القاعدة، ودرجة التفريغ.... الخ، وهناك عدة تطبيقات يمكن الاستفادة منها في

إنماء الأغشية الرقيقة بهذه الطريقة وذلك في صناعة الكواشف، وامتسعات الأغشية الرقيقة، و الأجهزة السمعية والأجهزة الكهرو بصرية [63].

(2-3) تفاعل الليزر مع المادة

لكي يحدث الليزر تأثيراً في المادة يجب أن يكون هناك امتصاص لشعاع الليزر. إذ أن هذا الامتصاص يكون مهماً جداً لحدوث عملية تفاعل الليزر مع المادة. عملية الامتصاص هذه تعد مصدراً أساسياً للطاقة داخل المادة، وهذا المصدر الأساسي على الأصح يوضح بأن الشعاع الليزري المنبعث من المصدر يحدد ماذا يحصل للمواد المشععة بالليزر.

وفي الشكل (2-1)، نبضة الليزر الساقطة تسخن مادة الهدف تسخيناً سريعاً، وهذا يسبب تحولاً بالطور ويولد موجات من الإجهاد في الهدف المشعع. بعدها تبدأ المادة بالانصهار وتتحول إلى الطور الغازي، وهذا يحصل بوقت قصير جداً وتتولد البلازما. إن شعاع الليزر سوف يمتص بواسطة لهيب البلازما مما يؤدي إلى التوهين من شدة الضوء الساقط على الهدف، وأيضاً بسبب التهيج والتأين لمجال البلازما فتتمدد البلازما وتبتعد عن منطقة التفاعل لكي تصل إلى القاعدة وتكون الغشاء الرقيق.



شكل (2-1) يوضح عملية التذرية بالليزر (PLD) [64].

في عملية التبخير بالليزر، فإن شعاع الليزر يسقط على الهدف ويبخر المادة من الهدف والمادة المتبخرة تتحرك إلى القاعدة وتترسب عليها . وهذا مختصر بسيط لوصف تفاعل شعاع الليزر مع، المادة ويمكن تحديد عمق الانتشار الحراري لنبضة الليزر (L) تبعا للعلاقة الآتية [32]:

$$\tau_{las} \dots\dots\dots (1-2)$$

$$L = (4N)^{1/2}$$

حيث L عمق الانتشار الحراري ، N الانتشارية الحرارية للمادة ، أمد نبضة الليزر. ولحساب حد العتبة لشدة شعاع الليزر المطلوب لتبخير المادة (I*_{vap}) تطبق العلاقة الآتية:

$$I_{vap}^* = \frac{C_p \rho \sqrt{\pi X} (T_{vap} - T_o)}{2 (1 - R) \sqrt{\tau_{las}}} \dots\dots\dots (2 - 2)$$

حيث C_p السعة الحرارية النوعية لمادة الهدف ، R تمثل انعكاسية سطح الهدف ، T_{vap} درجة حرارة التبخير ، T_o درجة الحرارة الابتدائية ، ρ كثافة المادة ، X بعد البقعة الليزرية ، أمد نبضة الليزر.

عندما تكون شدة شعاع الليزر مقاربة من حد العتبة للتبخير سوف تكون نسبة المواد المتذرية بالفراغ ذات كثافة تبخير قليلة عند سطح الهدف ، وعندما تزداد شدة شعاع الليزر سوف تكون نسبة المواد المتذرية كبيرة وهذا يولد طبقة تسمى Knudsen layer.

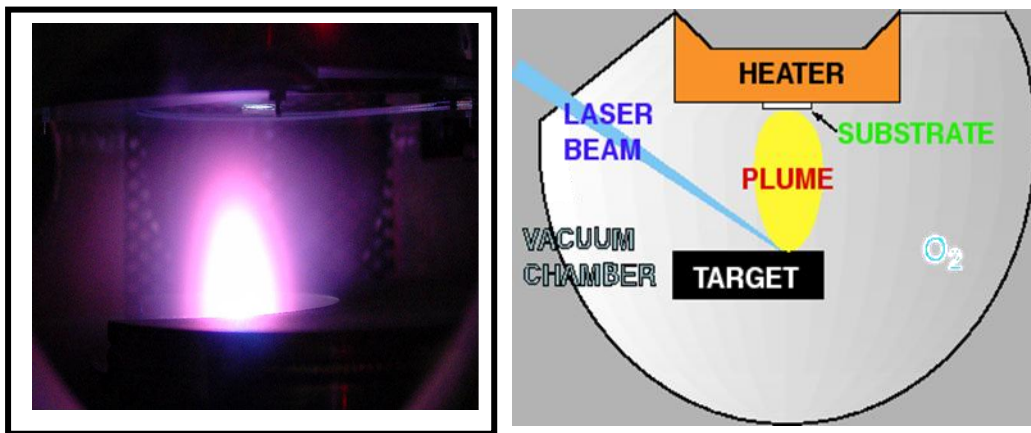
إن زيادة شدة شعاع الليزر تقود إلى زيادة كثافة الذرات والحرارة في طبقة Knudsen layer وسوف تزداد درجة تأينها . وعندما تكون شدة شعاع الليزر أكبر من حد العتبة للهيب البلازما سوف يحصل تأين كلي لبخار البلازما .

في تقنية الترسيب بالليزر، فإن طاقة الليزر هي المسؤولة عن تولد لهيب البلازما لمادة الهدف ، حيث يمكننا في هذه الطريقة تبخير وإنماء أغشية رقيقة لمواد

أو مركبات ولعدة طبقات. والمدى المفيد من الأطوال الموجية لليزر المستعملة يكون غالباً ما بين (200 - 1100 nm) ، لأن أغلب المواد لها معامل امتصاص يزداد مع نقصان الطول الموجي لشعاع الليزر، وتبدي المواد إمتصاصية قوية للضوء في منطقة الطيف للأشعة فوق البنفسجية والمرئية ، وهذا الامتصاص العالي من الطيف يؤدي إلى التقليل من حد العتبة لعملية التذرية لمادة الهدف . ومن الليزر المهمة التي تستعمل في تقنيات الترسيب بالليزر هو ليزرالنديميوم ياك (Nd :YAG) ذي الطول الموجي 1064 nm . باستخدام بلورة بصرية لاخطية وذلك لمضاعفة التردد وتصيف الطول الموجي نحصل على طول موجي (532 nm)، ويمكن أيضاً مضاعفة التردد مرة أخرى والحصول على طول موجي (266 nm) . وأيضاً ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2) وليزر الاكسايمر من الليزر التي تم استعمالها في منظومات الترسيب بالليزر (PLD)

(2-4) ميكانيكية الترسيب بالليزر

يوضح المخطط في الشكل (2-2) تقنية التبخير الحراري بالليزر، حيث توضع مادة الهدف في حجرة تفريغ عالية بزواية 45° مع الليزر النبضي الساقط. الذرات والايونات المتذرية من الهدف سوف تنترسب على القاعدة، حيث يكون سطح القاعدة دائماً بصورة موازية لسطح الهدف وبينهما مسافة معينة [64] .



الشكل (2-2) يوضح ميكانيكية ترسيب الأغشية بالليزر [64] .

الفصل الثالث

(1-3) مقدمة (Introduction)

يتضمن هذا الفصل طريقة تحضير العينات (الأغشية الرقيقة) من مادة أكسيد الكاديوم (CdO) إذ تم تحضير النماذج باستخدام طريقة الترسيب بالليزر النبضي [PLD] و توضيح عملية ترسيب النماذج المحضرة ، كذلك الاجهزه المستخدمة في قياس الخواص التركيبية والبصرية للأغشية المحضرة.

(2-3) تحضير النماذج (Samples Preparation)

تم تحضير النماذج المستخدمة لترسيب الأغشية الرقيقة حيث تم مزج المادة جيدا وذلك بوضع المسحوق في داخل جفنه سيلكونية تم تنظيفها بالماء المقطر و الأسيتون باستخدام آلة خلط وسحق لا تتفاعل مع المواد المستخدمة ، ويمزج جيدا لمدة 45 دقيقة

(3-3) كبس النماذج (Samples Compression)

تم كبس المسحوق من مادة أكسيد الكاديوم CdO النبضي باستخدام مكبس هيدروليكي بعد تنظيفه بمادة الكحول والمبين بالشكل (1-3) ، تحت ضغط Tan(10)، حيث كان قطر النموذج cm (2) سم وسمكه mm (2).



شكل (1-3) المكبس الهيدروليكي

هناك عدة خطوات يجب إنجازها قبل ترسيب النماذج لتكوين الأغشية الرقيقة.

(4-3) تهيئة الأرضيات (Substrates Preparation)

تم استخدام أرضيات زجاجية وبأشكال مستطيلة وبأبعاد $(7.62 \times 2.54) \text{ cm}^2$ وبسمك 0.12 cm ، وقد استخدمت هذه الأرضيات لكافة القياسات التركيبية والبصرية. ومن الضروري تنظيف الأرضيات قبل استعمالها وقد أجريت عملية التنظيف كما يلي:

- 1- تغسل الأرضيات الزجاجية بالماء ومسحوق الغسيل
- 2- تغسل الأرضيات الزجاجية بالماء المقطر جيداً
- 3- تغسل بكحول الايثانول ذي نقاوة عالية 99% ثم توضع في الحاوية الزجاجية وتغمر بالكحول وتوضع الحاوية في جهاز حمام الموجات فوق الصوتية لمدة (30) دقيقة لإزالة أي شوائب زيتية عالقة.
- 4- تستخرج الأرضيات الزجاجية من الكحول وتجفف جيداً بوضعها داخل فرن بدرجة حرارة 100°C ولحد 15 دقيقة مع استعمال ورق تنظيف خاص أو قطعة قماش ناعمة لتكون جاهزة للاستعمال.

(5-3) ترسيب النماذج (Samples Deposition)

تم تحضير النماذج على الأرضيات الزجاجية التي تم تهيئتها، وهي أرضيات رقيقة جداً يبلغ سمكها $1-1.2 \text{ mm}$ وهي ذات امتصاص جيد للأطوال الموجية التي تقع ضمن المنطقة فوق البنفسجية (UV) [66]. وتثبت الأرضيات الزجاجية على المحرك العلوي للمنظومة الموجودة داخل غرفه الترسيب والذي يبعد عن المحرك السفلي بالمسافة 3 cm التي توضع عليه مادة الهدف وهي أكسيد الكاديوم (CdO) وقد وضعت المسافة بهذا البعد وذلك للحصول على أفضل تجانس للمادة التي سوف تلتصق على الأرضية، بعد تبخيرها من الأقراص وبأبعاد ثابتة ولمدة نصف ساعة وذلك لضمان وصولها إلى الدرجة الحرارية المطلوبة وهي 250°C وذلك لزيادة التصاق المادة وتحت ضغط تفريغ 10^{-3} mpar ، حيث يتم استخدام ليزر (نيديميوم ياك) (Nd-YAG) بطاقة (1J) ويتردد (6Hz)، وكان عدد النبضات المستخدمة للترسيب هو 100 نبضة وهي ثابتة لجميع الأغشية وللمادة.

(6-3) منظومة الترسيب بالليزر (P L D) (Pulsed Laser Deposition)

تتكون هذه المنظومة كما مبين في الشكل (2-3) من الأجزاء التالية:

- **مضخة التفريغ الدوراني :** وهي مضخة لتفريغ الضغط داخل حجره الترسيب حيث يصل الضغط في ألحجره باستخدام هذه المضخة الى 10^{-3} mpar وتعتبر هذه من المواصفات التي تتميز بها المنظومة.
- **مضخة التفريغ الانتشاري :** وهي مضخة التي تعمل بعد وصول الضغط داخل ألحجره الى 10^{-3} mpar بواسطة مضخة التفريغ الدوراني ،حيث يصل ضغط خلالها الى 10^{-6} mpar.
- **جهاز مقياس الضغط (Berane and Ping):** وهو جزء مهم في منظومة الترسيب حيث من خلاله يتم التعرف على مقدار الضغط داخل حجرة الترسيب ،وتكون وحدة قياس الضغط خلال هذا الجهاز هي الملي بار.
- **مقياس درجة الحرارة الرقمي :** وهو الجزء الذي يتم من خلاله تحديد درجة الحرارة داخل الحجرة التي يتم فيها الترسيب للعينات المستخدمة.
- **حجرة الترسيب :** وهي الجزء المهم في المنظومة حيث يتم داخلها ترسيب العينات وتتكون من الأجزاء التالية من الخارج الى الداخل:
 - 1- تحتوي على نافذتين مصنوعة من مادة الكوارتز .
 - 2- حامل للأرضيات الزجاجية التي يتم عليها ترسيب مادة الهدف،حيث يتم وضع أكثر من أرضية واحدة على هذا الحامل.
 - 3- حامل لمادة الهدف وهو أيضا يمكن ان يحمل أكثر من مادة واحدة للعينه،إذا كانت العينات من المادة نفسها، إما إذا كانت مواد مختلفة فتوضع عينه واحدة.
 - 4- مجس حراري داخل المنظومة حيث من خلاله يتم التعرف على درجة حرارة المنظومة.



شكل (2-3) منظومة الترسيب النبضي بالليزر Pulsed Laser Deposition System

(7-3) فحص الاغشية الرقيقة (Thin Films Testing)

استخدمت عدة أجهزة لقياس الخواص التركيبية و البصرية للأغشية الرقيقة المحضرة بالبحث ، الاجهزة المستخدمة لقياس الخواص التركيبية:

(1-7-3) منظومة مطياف الاشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-VIS Spectrometer System)

أستخدمت هذه المنظومة وكما مبين في الشكل (3-4) لدراسة الخواص البصرية الخطية لأغشية أكسيد الكاديوم لإيجاد الثوابت لبصرية مثل معامل الامتصاص والانعكاسية و النفاذية ومعامل الخمود وثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي وفجوة الطاقة الممنوعة والتوصيلية البصرية والمنظومة متصلة بحاسوب يحتوي على برنامج لاستخراج المعلمات البصرية .



شكل (4-3) مطياف الأشعة فوق بنفسجية والأشعة المرئية (UV-VIS)
لدراسة الخواص البصرية

الفصل الرابع

(4-1) المقدمة (Introduction)

يتناول هذا الفصل عرض النتائج التي تم الحصول عليها، وذلك من خلال دراسة الخواص البصرية (Optical Properties) للأغشية المحضرة، إذ تم تحضير الأغشية لمادة أكسيد الكاديوم، وكذلك تم مناقشة النتائج التي تم الحصول عليها.

(4-1) الخصائص البصرية

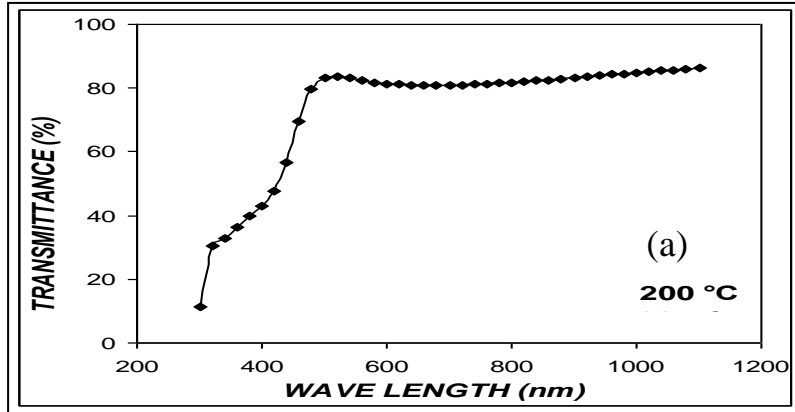
(4-2) طيف الامتصاصية والنفاذية

(Absorbance and Transmittance Spectrum)

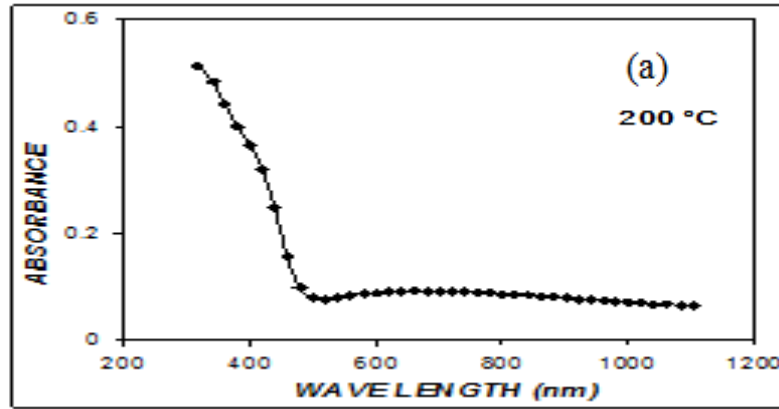
أجريت قياسات الامتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance) ضمن مدى الأطوال الموجية للطيف المرئي / فوق البنفسجي (300-1100) nm لجميع أغشية أكسيد الكاديوم (CdO) المحضرة.

ويوضح الشكلان (g-a:13-3)، (g-a:14-3) منحنيات الامتصاصية والنفاذية كدالة للطول الموجي في أغشية (CdO) المحضرة ومن ملاحظتنا للشكلين نجد أن سلوك المنحنيات هو واحد لكل النماذج إذ نلاحظ زيادة مفاجئة في قيم النفاذية مع زيادة الطول الموجي في المدى (300-500) nm ثم يبدأ المنحنى بالاستقرار تقريباً بعد الطول الموجي (500 nm) أي أن أكسيد الكاديوم يمتلك نفاذية عالية جداً للأطوال الموجية الأكبر من (500 nm) إذ تساعد النتيجة أعلاه على اختيار التطبيقات المناسبة لأغشية أكسيد الكاديوم.

أما منحنيات الامتصاصية فأنها تسلك سلوكاً معاكساً تماماً لمنحنيات النفاذية إذ تنخفض الامتصاصية لأغشية أكسيد الكاديوم انخفاضاً مفاجئاً في مدى الأطوال الموجية (300-500) nm ثم تبدأ بالاستقرار بعد الأطوال الموجية الأكثر من (500 nm).



الشكل (g-a:1-4) يبين النفاذية الطيفية كدالة للطول الموجي



الشكل (g-a:2-4) يبين الامتصاصية الطيفية كدالة للطول الموجي

(4-3) حساب معامل الامتصاص (Absorption Coefficient)

تم حساب معامل الامتصاص من المعادلة (2-10) لكل طول موجي وكذلك حساب طاقة الفوتون عند كل طول موجي على وفق العلاقة (2-11).

يبين الشكل (g-a:15-3) تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون لغشاء

(CdO)، إذ نلاحظ أن قيمته أكبر من (10^5 cm^{-1}) للطاقات الأكبر من (2.4 eV)

وهذا يتفق مع ما توصلت إليه الدراسات [49-46] وأن هذه القيمة تتزايد مع زيادة طاقة

الفوتون وهذا يساعد على توقع حدوث انتقالات الكترونية مباشرة ضمن مدى

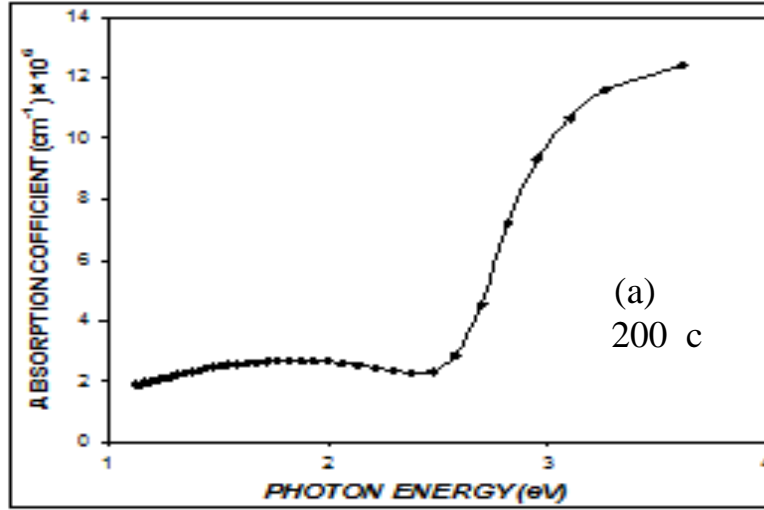
الطاقات أعلاه ولا يمنع ذلك أيضاً من حدوث انتقالات الكترونية غير مباشرة إذ

تدل القيم العالية لمعامل الامتصاص $(\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1})$ على احتمالية حدوث

انتقالات الكترونية مباشرة في حين تدل القيم $(\alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1})$ على احتمالية حدوث

انتقالات الكترونية غير مباشرة [50,51] ويلاحظ من الشكل (d:15-3) بأن تغير معامل الامتصاص مع طاقة الفوتون كان صغيراً عند الطاقات الأقل من (2.4 eV) ثم يصبح هذا التغير أكبر عند الطاقات الأكبر من (2 eV) إذ يطلق على هذه المنطقة بحافة الامتصاص.

بأن قيم معامل الامتصاص تتزايد بشكل سريع عند الطاقات الفوتونية (2.4-2.6 eV) مما يساعد في تحديد منطقة الامتصاص الأساسية وبالتالي حساب قيمة فجوة الطاقة.



الشكل (g-a: 3-4) يبين تغير معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي

(4-4) فجوة الطاقة البصرية (Optical Energy Gap)

من المتعارف عليه أن الانتقالات الاليكترونية يمكن أن تكون مباشرة وغير مباشرة ولكل منها هنالك انتقالات مسموحة وغير مسموحة. وبغض النظر عن طبيعة الانتقالات يحسب معامل الامتصاص من العلاقة:-

$$ahv = A(hv - E_g)^n$$

حيث:

A: ثابت.

n : معامل أسّي يحدد طبيعة الانتقالات.

إذا كان $n = 1/2$ فهذا يعني انتقال مباشر مسموح أما إذا كانت قيمة $n = 3/2$ فالانتقال هو مباشر ممنوع في حين تكون قيمة $n = 2$ للانتقال غير المباشر المسموح أما بالنسبة للانتقال غير المباشر الممنوع فإن قيمة $n = 3$.

يبين كل من هذه الانتقالات في أغشيه أو أكسيد الكاديوم ، ومنها يظهر أن الانتقالات المباشرة المسموحة هي الأكثر انطباقاً في أغشيتنا ، لهذا اقتصر حساباتنا ألاحقة لهذه الحالة في الأغشية الأخرى يظهر فجوة الطاقة المحسوبة من الأشكال. ومن خلال رسم $\ln(\alpha hv)$ مع $\ln(hv - E_g)$ فإن ميل الخط المستقيم يعطي تصوراً عن طبيعة الأشكال كما يظهر في الشكل (g-a:) (17-3) [52].

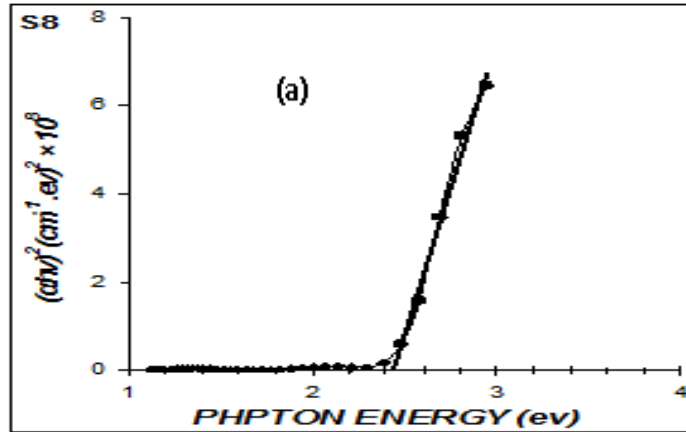
تم حساب فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح من العلاقة أدناه والتي يمكن إعادة كتابتها بعد وضع قيمة الثابت (n) مساوياً للقيمة ($1/2$) بالشكل الآتي:-

$$(\alpha hv)^2 = (\alpha E)^2 = A^2 (hv - E_g)^n$$

$$(\alpha hv)^2 = 0 \quad \text{وعندما تكون}$$

$$E_g = hv \quad \text{فأن:}$$

ولذلك ترسم العلاقة بين $(\alpha hv)^2$ وطاقة الفوتون (hv) ، ومن امتداد الجزء المستقيم من المنحنى ليقطع محور طاقة الفوتون عند $[(\alpha hv)^2 = 0]$ نحصل على قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح [53]

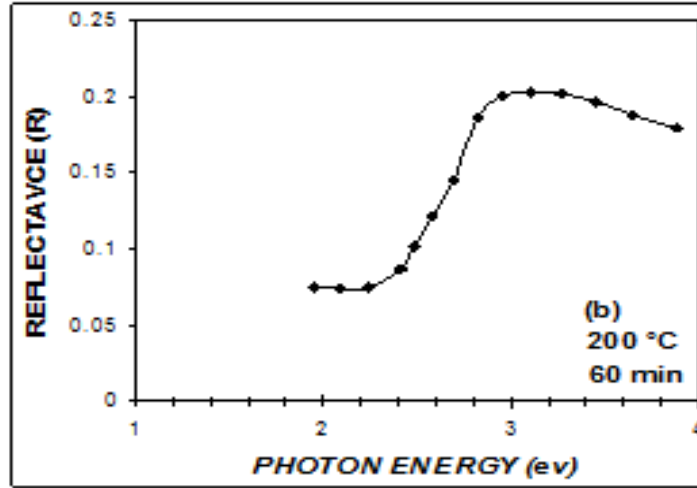


شكل (4-a) الانتقالات الالكترونية المباشرة وغير المباشرة بنوعها المسموح والممنوع لغشاء (CdO).

(4-5) حساب الانعكاسية Reflectance (R)

تُعرف شدة الانعكاسية (R) بأنها النسبة بين شدة الشعاع المنعكس إلى شدة الشعاع الساقط، وتم حساب الانعكاسية بتطبيق العلاقة (2-9).

منحنيات الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون، ومن ملاحظتنا للشكل نجد أن سلوك منحنيات الانعكاسية هو نفسه لكل النماذج وبغض النظر عن ظروف التحضير للغشاء تشترك كل منحنيات الانعكاسية الطيفية بثلاث مناطق متميزة ، المنطقة الأولى منطقه الطاقات القليلة الأقل من (2.3 eV) إذ تكون الانعكاسية بأقل قيمتها لمدى الطاقات (2.2-2.8) eV تزداد الانعكاسية بشدة لتبدأ الانعكاسية للطاقات الأكبر بالاستقرار.



الشكل (4-5-a-g) يمثل تغير الانعكاسية الطيفية كدالة لطاقة الفوتون.

المصادر

- 1- Ghusoon Jalil Ibrahim , " Studying the Effect of Preoperational Parameters on the Structural and Electrical Properties of (CdSe_{1-x}Te_x)" University of Baghdad(2001).
- 2- C.S. Induikar and S. Thiruvengadam, "*An Introduction to Electrical Engineering Materials*", 3rd edition, S. Chand and Company Ltd., Ram Nagar, New Delhi, Reprinted, (1990).
- 3- R.A. Smith, "*Semiconductors*", 2nd edition, Cambridge University Press., (1987).
- 6- B.G. Streetman, "*Solid State Electronic Devices*", Prentice-Hall of India Private Ltd. New Delhi, (1997).
- 8- O. P. Roth and D. F. Williams, *J. Appl. Phys.*, **59**, 11 (1981).
- 9- L.L. Kazamerski, "*Polycrystalline and Amorphous Thin Films Devices*", Academic Press, (1980).
- 10- Y.W. Seto, *J. Appl. Phys.*, **46** (12), 5247 (1978).
- 11- G. Radnoczi, *Thin Solid Films*, **116**, 111 (1984).
- 12- G.I. Yepifanov and Yu. A. Moma, "*Introduction to Solid State Electronics*", English translation, Mir. (1984).
- 13- S.L. Solymar and D. Walsh, "*Electrical properties of Materials*", Oxford, New York, Tokyo,(1998).
- 14- B. Ray, "*II-VI Compounds*", 1st edition, printed in Great Britain by Neill and Co. Ltd. of Edinburgh, (1969).
- 15- N. Kh. Abriksov and V. F. bankina, "*Semiconducting II-VI, IV-VI and V-VI compound*" translated from Russian by A. Tybulewicz, plenum Press . New York, (1969) .
- 16- R.K. Willardson, "*Semiconductors and semimetals*", vol. 10, Academic Press. Inc., London, Ltd., (1975).
- 17- G.H. Gooch, "*Injection Electroluminescent Devices*", John Wiley and Sons, Ltd., London, New York, (1973).

18- C. Kittel, "Introduction to Solid State Physics" 6th edition, John Wiley and Sons, Inc., (1986).

20- J.G. Simmons "Conduction In Thin Dielectric Film" J.Appl – phys , v0.4 , (613-630), (1971).

21- C. A. Hogart and L. A. Wright, " Proceeding of international conference of physics of semiconductors" Moscow p.213, (1968).

22- R. A. Smith, "Semiconductors" ,Cambridge,University press 2nd ed. (1987).

23- W. E. Jhonson and H. A. Schile, " J. Appl. Phys, Lett, Vol.40, No.9, p 798, (1982).

24- H.G.Rashid , Design and optimization of thin films optical filters with applications in the visible and infrared regions , Ph.D. Thesis Al-Mustan sirya university, (1996).

25- Wells, A.F. (1984) Structural Inorganic Chemistry, Oxford: Clarendon Press.

26 - Lewis, Richard J., Sr., Hawley's condensed chemical dictionary, 13th ed., 1997, p. 189

27 -T. L. Chu and Shirley S. Chu (1990). "Degenerate cadmium oxide films for electronic devices". *Journal of Electronic Materials* **19** (9) : 1003–1005

28 - P. H. Jefferson et al. (2008). "Band gap and effective mass of epitaxial cadmium oxide". *Applied Physics Letters* **92** (2): 022101.

29 - "Cadmium and compounds fact sheet". Archived from the original on 2006-12-10. Retrieved 2007-02-16.

30- Holleman, A. F.; Wiberg , E. "Inorganic Chemistry" Academic Press: San Diego, 2001.

31- Hampel, C. A. and Hawley, G. G. (1973). *The encyclopedia of Chemistry* (3rd ed.). p. 169.

32-Clifford A. Hampel and Gessner G. Hawley,

The encyclopedia of Chemistry , 3rd Ed., 1973, p. 169

- 33 - Varkey, A (1994). "Transparent conducting cadmium oxide thin films prepared by a solution growth technique". *Thin Solid Films* **239** (2): 211.
- 34-Dou, Y (1998). "N-type doping in CdO ceramics :a study by EELS and photoemission spectroscopy". *Surface Science* **398**: 241.
- 35- Lokhande, B (2004). "Studies on cadmium oxide sprayed thin films deposited through non-aqueous medium". *Materials Chemistry and Physics* **84** (2–3): 238.
- 36- S. M. Sze, *Semi-conductor devices Physics & Technology*, Translated by F.G. Hayat & H.A. Ahamed , University of Mousul, (1990).
- 37 - B. K. Gupta & O.P. Agnilotri, "Journal of Applied Phys", V. 18 No.2, Feb(1979).
- 39-R.Chandiramouli , B . Jevaprakakash
Synthesis and Characterization of Al ,Materials Science a Engineering nd and,Vol122Issue 1, 25 August 2005,pp. 67-71
- 40 - R.Maty and KK .Chattopadhyay ,(2005)
Doped CdO thin Films by sol-gel process.
- 41- Eeven Turan,Metin Kul ,(Some structural properties of CdO:F Films produced by ultrasonic spray pyrolysis mthoed),dio:10.1016/j.tsf(2007.03.104)
- 44] Gurumuragan, D. Manglaraj and SK. Narayandass, *Journal of Crystal Growth*, 147, 355 (1995).
- [45] k. Sakurai, T. Takagi, T. Kubo, D. Kasita, T. Tanabe, H. Takasu, S. Fujita, *J. of Crystal Growth*, 237, 514, (2002).
- [46] F. A. Benko and F. P. and I. P. Koffyyberg "**Quantum Efficiency and Optical Transition of CdO Photo Anodes**" (Solid State Communications) Vol. 1, no 12, P. 901 (1986).

[47] Mutter S.F., Ibrahim A. E. And Tawfiq S. A., **Sci. J. Iraqi Atomic Energy Commission**, 2, 167 (2000).

[48] R. Ferro, J. A. Rodrigaez, **Solar Energy Materials and Celis**, 64, 363 (2000).

[50] B. Thangaraju and P. Kaliannan, **Cryst. Res. Technol.**, 35, 71 (2000).

[51] K. Abass and N. H. Ahmed, **J. Phys. Chem. Solid**, 47, 143 (1986).

[52] V.M. Bhuse, P.P Hankare, S. Sonandkar "**Structural, Optical, Electrical and Photo-Electrochemical Studies on indium Doped (2005)..Se Thin Films"** $\text{CdO}_{0.6}\text{HgO}_{0.4}$

[53] G. Casarrubias-Segura and O. Zarate-Colona, **Superficies**, 13, 27 (2001).

[54] B. K. Al-Maiyaly "**A Study of Optical Properties of InAs Amorphous Thin Films**" M.Sc. Thesis, Baghdad University (1998).