دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية كبريتيد الكادميوم النقية والمشوبة بالليثيوم بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي

حسين علي نور **داخل عباس عبدزيد**

ah2008@mail.ru d.abbas3344@gmail.com

جامعة القادسية،كلية التربية ، قسم الفيزياء، العراق

الخلاصة:

يتناول هذا البحث تحضير اغشية كبريتيد الكادميوم CdS النقية والمشوبة بالليثيوم (Li) بطريقة الترسيب بالحمام الكيميائي وبسمك (450±20)nm و درجة حرارة التحضير (75°C) . ومن خلال تحليل حيود الاشعة السينية ظهرت الاغشية ذات تركيب متعدد التبلور ذي الطور السداسي ، والاتجاه المفضل للنمو هو (002) . ووجد ان الحجم الحبيبي يزداد بزيادة نسب التشويب . وأوضحت نتائج فحوصات (AFM) ان معدل الخشونة و قيمة معد الجذر التربيعي (RMS) تزداد بالتشويب . وبينت نتائج (SEM) ان الاغشية ذات توزيع منتظم ومتجانس . وتمت دراسة الخواص البصرية من خلال تسجيل طيف الامتصاصية والنفاذية لمدى الاطوال الموجية من (300-1100)nm وجد ان الامتصاصية تزداد والنفاذية تقل بزيادة نسب التشويب وكذلك وجد أن معامل الامتصاص يزداد بزيادة نسب التشويب وفجوة الطاقة البصرية وجد انها تقل بزيادة التشويب من (2.72 – 2.89)eV .

الكلمات المفتاحية: خواص تركيبية، خواص بصرية ،اغشية CdS،تشويب،الترسيب بالحمام الكيميائي.

study the structural and optical properties of pure and lithium doped CdS thin films by chemical bath deposition method

Hussein Ali Noor **Dakhil Abbas AbdZaid**

ah2008@mail.ru d.abbas3344@gmail.com

University of Qadisiyah, College of Education, Physics Department, Iraq

Abstract:

This research deals with the Preparation of pure and lithium doped CdS Thin Films by chemical bath deposition method , thickness (450±20)nm and the Preparation temperature (75°C) . The results of XRD showed that the films had a polycrystalline hexagonal structure . The preferred orientation was along (002) plane. The average crystallite size Increasing with increasing The doping . The results of the (AFM) showed that the roughness and (RMS) value were increased with doping . Results (SEM) showed that the films were uniformly distributed and homogenous . The optical properties were studied by recording the Absorption and Transmittance spectra of the wavelength range from (300-1100)nm, It was found that Absorption increased and Transmittance decreased with increasing doping . It was also found that the Absorption Coefficient increased with increasing doping , Optical Energy Gap found decreased with increasing doping from (2.72 – 2.89)eV.

Keywords: Structural properties, Optical properties, CdS Thin films ,Doping, Chemical Bath Deposition.

1. مقدمة

يطلق مصطلح الأغشية الرقيقة على طبقة Layerأو عدة طبقات لمواد معينة لا يتجاوز سمكها مايكرومتر واحد [1,2] . ان دراسة صفات المادة وهي على شكل اغشية رقيقة اثارت انتباه الفيزيائيين منذ النصف الثاني من القرن السابع عشر حيث اجريت العديد من البحوث المهمة في هذا المجال اذ انه في بداية القرن التاسع عشر تقدمت وتطورت دراسة الجانب العملي للأغشية الرقيقة حيث تم استخدام العديد من اشباه الموصلات في تحضير الأغشية الرقيقة مثل السيلينوم والسليكون [3,4] . ويعتبر كبريتيد الكادميوم CdS هو موضع اهتمام الباحثين وهي مادة شبه موصلة من عناصر المجموعة (II-VI) في الجدول الدوري ، التركيب البلوري لهذه المادة هو المكعب ([5] Zincblende) والسداسي (HexagonalWurtzite) وتكون وحدة الخلية من نوع متمركز الاوجه (f.c.c) [6] والاصرة التي تربط بين ايونات الكبريت والكادميوم هي اصرة تساهمية ناتجة عن اشتراك الكترونين بين ذرة الكادميوم والكبريت ، اغشية كبريتيد الكادميوم تمتلك فجوة طاقة مباشرة عند 2.42eV [7] اي عند الطول الموجي 520nm في منطقة اللون الاخضر من الطيف المرئي وهذا يعني ان الغشاء تكون امتصاصيته عند الاطوال الموجية الاخضر والازرق بينما الاطوال الموجية الطويلة (الاصفر والاحمر) تكون نافذة ، ان بلورة CdS تمتلك لون الاصفر المائل للبرتقالي [3,8] . اما اهم تطبيقاته هو استخدامه في الخلايا الشمسية وفي الكواشف ذو التوصيلية الضوئية ويمتاز بسهولة تحضيره و رخيص الكلفة واستقراريته العالية [9,10].

2. الجانب العملي:

1.2. تنظيف الارضيات *Cleaning the substrates*

تقريبا (0.1×2.54×7.62)cm حيث تم تهيئة الارضيات وذلك بتنظيفها بالماء ومسحوق الغسيل، وبعد ذلك تغمر بالماء المقطر وتوضع في جهاز الموجات فوق الصوتية لمدة 10min ،وبعد ذلك توضع في محلول الاسيتون ذو نقاوة 99.5% ووضعه في جهاز الموجات فوق الصوتية ،وبعد ذلك تغسل مرتين بالماء المقطر وتجفف بفرن حراري بدرجة 50^0C لمدة 15min ومن ثم حساب وزنها بواسطة ميزان رقمي ذو حساسية $10^{-4}g$.

2.2. تحضير المحاليل *solutions Preparation*

تحضير محلول كبريتيد الكادميوم النقي: تم استخدام خلات الكادميوم المائية $Cd(CH_3COO)_2.2H_2O$ كمصدر لأيونات الكادميوم مجهزة من شركة (CDH-India) وهو مسحوق ابيض سريع الذوبان في الماء ذات وزن جزيئي (266.53g/mol) ونقاوة 98.0% ،حيث تم تحضيره في دراجة حرارة الغرفة وبتركيز (0.05M)ومن خلال المعادلة الاتية [11] .

$$W_t = \frac{M_{Wt} * V * M_\circ}{1000} \quad \ldots 1$$

M_{Wt} الوزن الجزيئي :(التركيز المولاري. ($M_\circ$)

(W_t) وزن الملح المراد اذابته .(V) حجم الماء المقطر .

تم إذابة (1.33 g) في (200ml) من الماء المقطر الخالي من الايونات ووضعه على الخلاط المغناطيسي لمدة (10min) وذلك للحصول على الإذابة التامة ويصبح محلول رائق عديم اللون ، بعد ذلك توضع عليه كمية (10±3)ml من محلول الامونيا (NH_3) (المجهزة من شركة CHD-India وبتركيز 25% وذات وزن جزيئي 17.03g/mol) لغرض زيادة القاعدية للمحلول فيتحول محلول خلات الكادميوم $Cd(CH_3COO)_2$ الى لون حليبي ومع استمرارية الاضافة قطرات من محلول الامونيا يصبح ph:9.5 وعندها يصبح المحلول شفاف عديم اللون ، ثم بعد ذلك يتم ترشيح المحلول للتخلص من الرواسب والجزيئات الكبيرة . وفي اثناء ذلك وبدرجة حرارة الغرفة يتم تحضير محلول الثايوريا $(NH2)_2CS$ وبتركيز (0.05M) كمصدر لأيون الكبريت (المجهزة من شركة CHD-India ذات وزن جزيئي (76.12g/mol) ونقاوة (98.0%) وهو مسحوق ابيض سريع الذوبان في الماء المقطر ، ومن خلال المعادلة (1) تم اذابة (0.76gm) في (200ml) من الماء المقطر الخالي من الايونات و باستخدام جهاز الخلط المغناطيسي لمدة 10min لضمان ذوبان المحلول بشكل تام ويتم ترشيحه للتخلص من العوالق والجزيئات الكبيرة . بعد ذلك يتم وضع المحلولان خلات الكادميوم والثايوريا في بيكر 500ml ووضعه داخل حمام مائي ،ثم تغمر الارضيات داخل المحلول وبصورة عمودية للحصول على ترسيب متجانس لجميع اجزاء الغشاء ، وباستخدام جهاز الخلط المغناطيسي يتم تحريك المحلول مع الحرارة ولمدة (20min) للحصول على اغشية بسمك (450nm)±20nm علما ان درجة حرارة المحلول 75^0C .

التشويب بالليثيوم (*Doping of Li*): تم استخدام مادة كلوريد الليثيوم (LiCl) كمصدر لأيونات الليثيوم وهي ذات مسحوق ابيض وسريع الذوبان في الماء المقطر (المجهزة من شركة Fluka-Switzerland و وزن جزيئي 42.39g/mol ونقاوة 99.5%) وبتركيز (0.1M) ،وحسب المعادلة (1) وفي درجة حرارة الغرفة تم اذابة (0.211gm) في (50ml) من الماء المقطر الخالي من الايونات، وباستخدام جهاز الخلط المغناطيسي لمدة 10min لضمان الذوبان التام ، وكذلك تم تشويب الاغشية المحضرة وبنسب حجمية %(2.5,5,7.5) و بسُمك (450)nm .

3.2. القياسات وخواص الاجهزة Measurements and *Characteristics of devices*

تم فحص العينات المحضرة بجهاز حيود الاشعة السينية من النوع (SHIMADZU Japan XRD 6000) للتعرف على التركيب البلوري للأغشية المحضرة حيث تم حساب معدل الحجم الحبيبي G.S باستخدام المعادلة الاتية [12]

$$G.S = \frac{k\lambda}{B\cos\theta} \quad \dots \quad 2.$$

حيث ان k= 0.94 ، λ: الطول الموجي للأشعة السينية ، B: Full Width at Half Maximum بالوحدات نصف قطرية (Radian) .

وحساب ثوابت الشبيكة (a,c) حسب المعادلة الاتية [13] .

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{4}{3}\left(\frac{(h^2+hk+k^2)}{a^2}\right) + \frac{l^2}{c^2} \quad \dots \quad 3$$

حيث d: المسافة بين المستويات البلورية ، (hkl): معاملات ميلر .

كما تم تشخيص طبوغرافية السطح للعينات المحضرة بواسطة جهاز المجهر الالكتروني الماسح (SEM) نوع (Manufacturer:FEL,Quanta450,Czech) وقياس مورفولوجيا السطح بواسطة جهاز مجهر القوة الذرية (AFM) من النوع (SPM AA3000 Angstrom Advanced Inc. , U.S.A)/ كما تم تسجيل طيف النفاذية والامتصاصية بواسطة جهاز (UV-Visible 1800 spectra photometer-Cyprus) لمدى من الاطوال الموجية يتراوح من (300-1100)nm لحساب معامل الامتصاص α من معادلة [14] .

$$\alpha = 2.303\frac{A}{t} \quad \dots \quad 4$$

A: الامتصاصية ، t: سمك الغشاء .

وتم حساب فجوة الطاقة البصرية من خلال علاقة تاوس الاتية [12] .

$$\alpha h\nu = B\,(h\nu - E_g)^r \quad \dots \quad 5$$

E_g : فجوة الطاقة البصرية ، B: ثابت يعتمد على طبيعة المادة ، r:قيمة تعتمد على طبيعة الانتقال ، $h\nu$: طاقة الالكترون (eV) .

3. النتائج والمناقشة *Results and Discussion*:

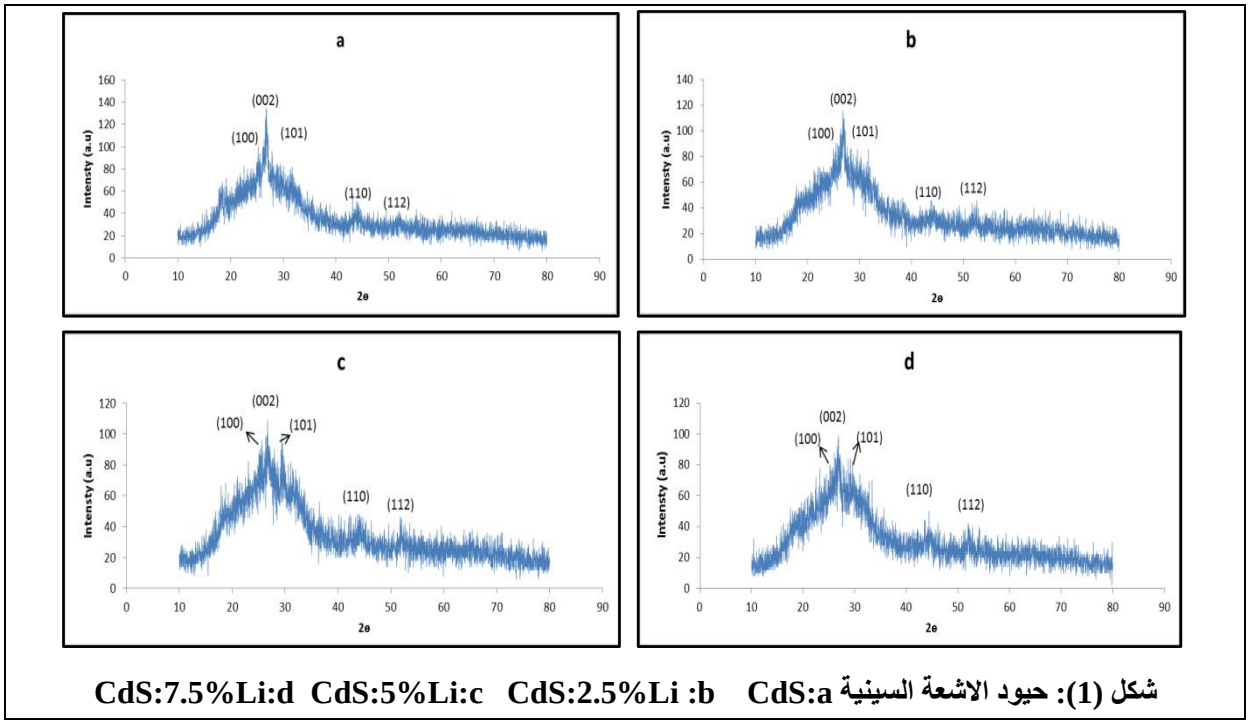
1.3. الخواص التركيبية *properties of structure*

1.1.3. حيود الاشعة السينية XRD

من خلال فحص العينات المحضرة لأغشية (CdS) المشوب بالليثيوم وبنسب حجمية (0, 2.5 , 5 , 7.5)% , بواسطة جهاز حيود الاشعة السينية ومقارنة النتائج مع بطاقة (JCPDS card No. 41-1049) وكما في الشكل (1a,b,c,d) وجد ان أغشية (CdS) المشوبة بالليثيوم وبنسب حجمية %(0 , 2.5, 5, 7.5) ذات تركيب متعدد التبلور وذات طور سداسي وكان الاتجاه المفضل للنمو هو (002) عند الزوايا 26.758) (26.8878 , 26.743 , 26.8478, على التوالي للأغشية المحضرة مع ظهور قمم متفاوتة الشدة للأغشية النقية والمشوبة بالليثيوم وبنسب حجمية (0 , 2.5 , 5 , 7.5 %) وهم باتجاه (100) عند الزوايا (25.34, 24.97, 25.4, 25.07) وكذلك باتجاه (101) عند الزوايا (28.92, 28.485, 29.55, 29.60) وكذلك عند اتجاه (220) عند الزوايا (43.16 , 43.92 , 43.52 , 43.32) وكذلك عند اتجاه (112) عند الزوايا (29.60, 51.56 , 51.95, 52.04) على التوالي وجميعها تخص المركب (CdS) النقي والمشوب ذو الطور الطور السداسي كما في الجدول (1) وهذه النتيجة تتفق مع كل من [15,16,17].

جدول رقم (1) الخواص التركيبية لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم (Li)

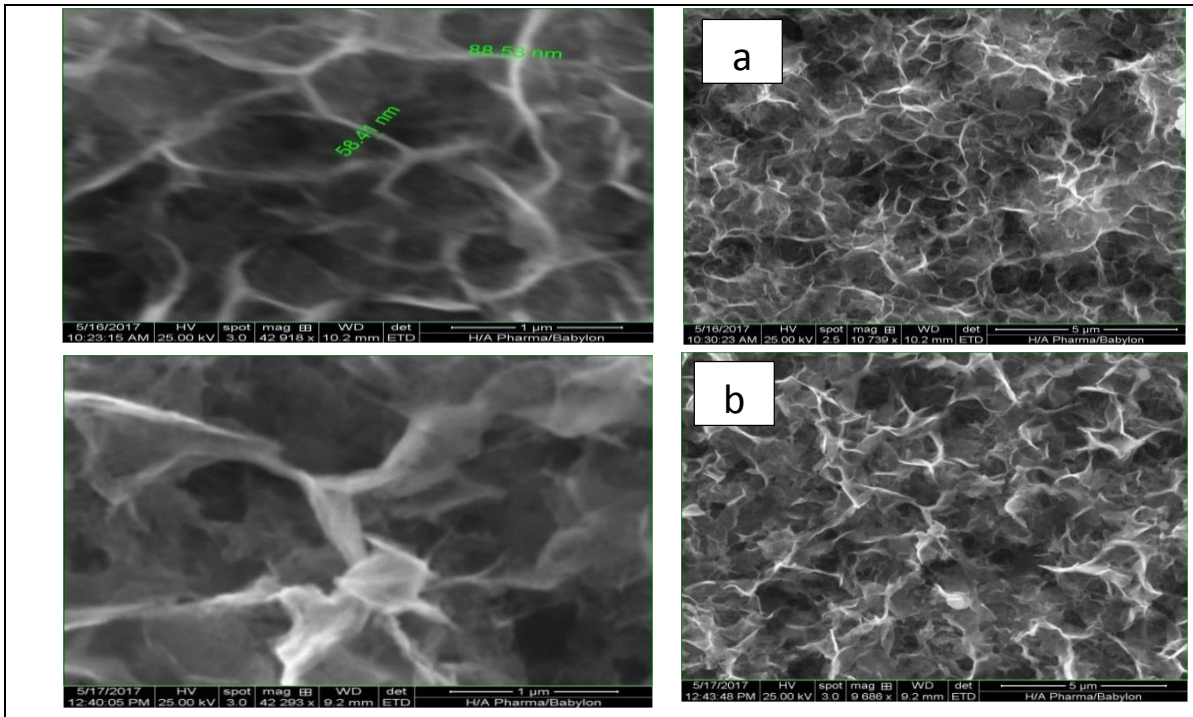
Material	2Θ (deg)	d(Å) Observed	FWHM (deg)	(hkl)	Average crystalline Size (nm)	a (Å) Standard	c (Å) Standard	a (Å)	c (Å)
CdS	26.758	3.328	0.82	(002)	10.4	4.14	6.719	4.05	**6.66**
CdS: 2.5% Li	26.8478	3.318	0.88	(002)	9.7	4.14	6.719	4.11	**6.64**
CdS: 5 %Li	26.743	3.330	0.81	(002)	10.5	4.14	6.719	4.04	**6.66**
CdS: 7.5 %Li	26.8878	3.313	0.76	(002)	11.2	4.14	6.719	4.09	**6.63**



شكل (1): حيود الاشعة السينية CdS:a CdS:2.5%Li :b CdS:5%Li:c CdS:7.5%Li:d

2.1.3. المجهر الالكتروني الماسح *SEM* :

تم استخدام المجهر الالكتروني الماسح لدراسة طبوغرافية السطح لأغشية كبريتيد الكاديوم النقية والمشوبة بالليثيوم المحضرة على ارضيات زجاجية وجد ان العينات ذات سطح متجانس التوزيع وخالي من الفراغات ومن ملاحظة الصور كما في الشكل (2a) و (2b) ان الاغشية بعد التشويب تقل العيوب فيها وهذه النتيجة تتفق مع زيادة حجم الحبيبات التي تم حسابها من نتائج XRD [18,19,20].



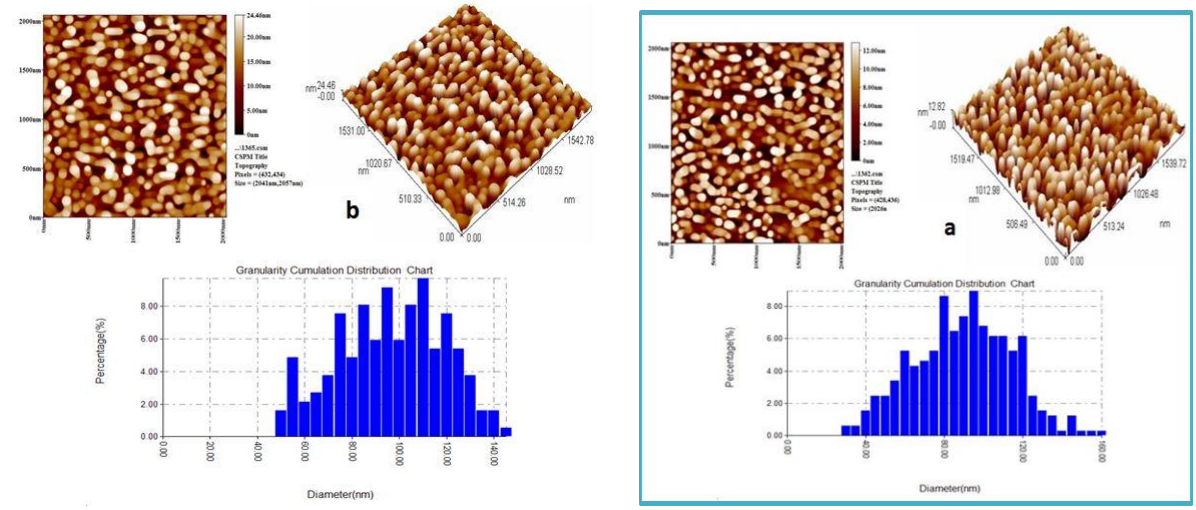
شكل (2) : صور المجهر الالكتروني الماسح (SEM) a: CdS b: CdS:7.5%Li

3.1.3. مجهر القوة الذرية *AFM* :

تم استخدام مجهر القوة الذرية لدراسة طبوغرافية السطح لغشاء كبريتيد الكادميوم والمشوب بالليثيوم ، وعند أخذ صورتين بأبعاد 3D , 2D كما في الشكل (3a,b) وجد ان خشونة السطح ومتوسط الجذر التربيعي تزداد عند التشويب بالليثيوم كما في الجدول (2) وكذلك يتضمن الشكل منحني التوزيع الحجمي للحبيبات البلورية حيث يتباين مع التشويب بالليثيوم وهذا يتفق مع [21,22] ، ومن خلال تحليل مجهر القوة الذرية نلاحظ ان الاغشية المشخصة موزعة بشكل منتظم على شكل حبيبات صغيرة متصلة دون وجود فراغات بينهما.

جدول (2) خشونة السطح ومتوسط الجذر التربيعي لأغشية CdS و CdS:7.5% Li

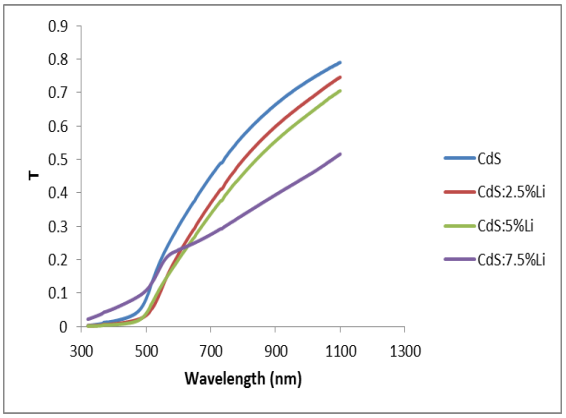
sample	R(nm)	RMS(nm)
CdS	2.8	**3.37**
CdS:7.5% Li	4.4	**5.17**



شكل (3): صور AFM ببعدين (2D) و ثلاثة ابعاد (3D) ومخطط التوزيع الاحصائي لمعدلات الحجوم الحبيبية CdS :a CdS:7.5% Li :b

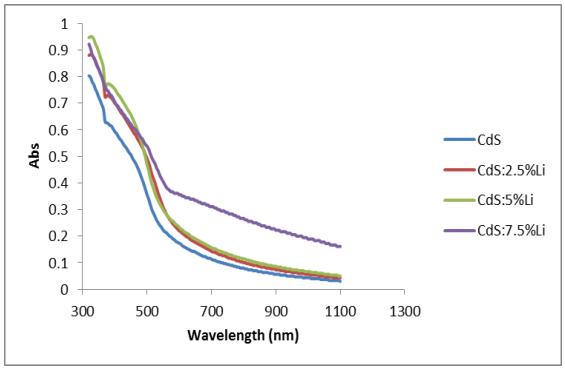
3.2. الخواص البصرية *Properties of Optical*

تم تسجيل طيف النفاذية والامتصاصية لأغشية كبريتيد الكادميوم المشوب بالليثيوم بنسب حجمية % (7.5 , 5 , 2.5 , 0) وضمن الاطوال الموجية لمدى من nm (1100 – 300) ، يوضح الشكل (4) النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية كبريتيد الكادميوم النقية والمشوبة بالليثيوم حيث نلاحظ زيادة في النفاذية بزيادة الطول الموجي . كما تمت ملاحظة ان النفاذية تقل بزيادة نسب التشويب وسبب ذلك هو امتصاصية الغشاء وطبيعة سطحه ، حيث ان النقص الحاصل في فجوة الطاقة يسبب زيادة الامتصاصية وهذا يؤدي الى نقصان في النفاذية [22] ، أما عند قياسات AFM فقد لوحظ زيادة الخشونة مع زيادة نسب التشويب وهذا يؤدي الى زيادة الاشعة المتشتتة عند السطح وبالتالي يؤدي الى نقصان في النفاذية ، كما نلاحظ من الشكل زيادة سريعة في النفاذية عند الطول الموجي (500±20)nm وهذه النتائج متفقة مع الابحاث [22,23,24].



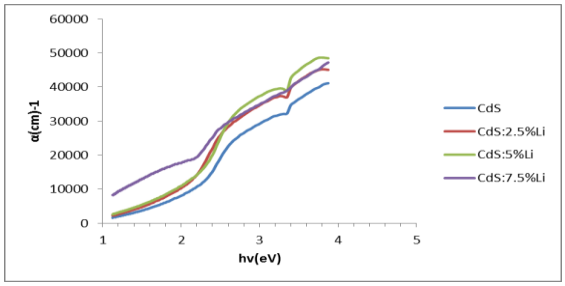
شكل (4): النفاذية لأغشية CdS النقية والمشوبة ب Li

من الشكل (5) نلاحظ ان قيم الامتصاصية تقل بزيادة الطول الموجي، وعند مقارنة امتصاصية الاغشية المشوبة نلاحظها تزداد مع زيادة نسبة التشويب ويعزى ذلك الى تكوين مستويات موضعية داخل فجوة الطاقة البصرية تداخلت مع المستويات الاساسية فتكونت حزم جديدة للطاقة وهذه النتيجة متفقة مع [24,25].



شكل (5): الامتصاصية لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم (Li)

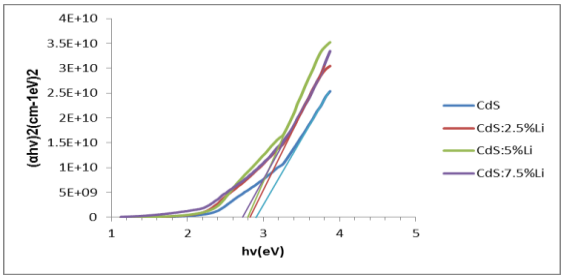
تم حساب معامل الامتصاص (***Absorption coefficient)*** من معادلة (4) حيث نلاحظ من الشكل (6) ان الاغشية المشخصة تمتلك معامل امتصاص عال ($\alpha>10^4 cm^{-1}$) وهذا يدل على حدوث انتقالات الكترونية مباشرة [26]،ونلاحظ ان معامل الامتصاص يزداد بزيادة طاقة الفوتون وتكون زيادة سريعة في المدى من (2.35 – 2.55)eV ، كما نلاحظ ان معامل الامتصاص يزداد قليلا بزيادة نسب التشويب وان حافة الامتصاص تزحف نحو الطاقات الواطئة وهذا يرجع الى انه تكونت مستويات موضعية جديدة تخللت المستويات الاساسية التي تعمل على امتصاص الفوتونات ذات الطاقة الواطئة وهذا يؤدي الى زيادة في قيم معامل الامتصاص وهذا يتفق مع [22,24].



شكل (6): معامل الامتصاص لأغشية CdS النقية والمشوبة بالليثيوم (Li)

تم حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة باستخدام معادلة (5) عندما تكون قيمة r=1/2 وذلك من خلال رسم العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) وبين $(\alpha h\nu)^2$ وبرسم المماس لمنطقة الامتصاص العالي للمنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عندما y=0 حيث تمثل نقطة التقاطع هي قيمة فجوة الطاقة البصرية وكانت قيمتها للأغشية CdS المشوبة بالليثيوم بنسب (0 , 2.5 , 5 , 7.5)% هي (2.72, 2.79 , 2.81,2.89)eV على التوالي حيث نلاحظ من الشكل (7) ان فجوة الطاقة تقل

بزيادة نسب التشويب ويعزى ذلك الى تكوين مستويات موضعية جديدة داخل فجوة الطاقة وبالتالي امتصاص الفوتونات ذات الطاقة الواطئة [18, 22 , 27] . أما القيمة العالية لفجوة الطاقة البصرية في النتائج التجريبية مقارنة مع فجوة الطاقة القياسية يعزى الى تشكيل جسيمات نانوية ووجود تأثير الحصر الكمي للأغشية المحضرة [28] فاذا كان المجال صغير فحركة الالكترون والثقب يتم تقييدها فتبدو محصورة فتؤدي الى زيادة الطاقة المطلوبة لتحفيز الالكترون في حزمة التوصيل [28,29].



شكل (7): فجوة الطاقة البصرية لأغشية CdS النقية والمشوبة ب Li

4. الاستنتاجات *Conclusions*

1- طريقة الترسيب بالحمام الكيميائي تكون سهلة وغير مكلفة لتحضير اغشية كبريتيد الكادميوم .

2- عند دراسة حيود الاشعة السينية وجد ان الاغشية لمركب كبريتيد الكادميوم و المشوبة بالليثيوم بنسب (0 , 2.5 , 5 , 7.5)% جميعها متعددة التبلور بالطور المكعب وذات اتجاه مفضل للنمو هو (002) وذات حجم بلوري نانوي , (10.4 11.2 , 9.7,10.5)nm وعلى التوالي لجميع الاغشية المحضرة.

3- عند دراسة مورفولوجيا السطح (AFM) وجد ان خشونة السطح تزداد بزيادة نسب التشويب .

4- عند دراسة طبوغرافية السطح بجهاز (SEM) وجد الاغشية ذات تجانس وتوزيع منتظم .

5- من خلال طيف النفاذية والامتصاصية وجد ان النفاذية تزداد بزيادة الطول الموجي وتقل قيمتها بزيادة نسب التشويب ، وان الامتصاصية تقل بزيادة الطول الموجي وتزداد زيادة طفيفة بزيادة نسب التشويب .

6- وجد ان الاغشية تمتلك معامل امتصاص عالي وهذا يعني حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة ، وكذلك وجد ان فجوة الطاقة تقل بزيادة نسب التشويب من (2.72 – 2.89)eV .

7- من خلال طيف النفاذية يتضح ان أعظم نفاذية مستقرة في المنطقة تحت الحمراء القريبة من المنطقة المرئية ، مما يؤكد أهمية الاغشية المحضرة في التطبيقات الالكتروبصرية .

5. المصادر References

[1] K.L. Chopra, “Thin Film Phenomena”, New York: McGraw- Hill Inc., (1969) .

[2] O. S. Heavens, "Thin film physics",Methum & Colted ,(1970) .

[3] AL-Ameen. A.F. "Optical prosperities of (CdS) and (PbS) Thin Films and their mixtures" M.Sc.Thesis University of Baghdad (1996).

[4] K.Segger, "Semiconductors Physics", 2nd ed, New York, (1980).

[5] S. Adachi, "Properties of Group-IV, III–Vand II–VI Semiconductors ", Gunma University Japan, (2005).

[6] V. Singh, P. K. Sharma and P. Chauhan, "Materials Characterization", 62, pp. 43-52, (2011).

[7] Al-Ani.S.G.K, "Manufacturing and studying the electrophysiological properties of the optical conductivity detector of copper-cadmium sulphide by thermal chemical spraying method", M.Sc. Thesis ,University of Baghdad (1997) .

[8] Gupta, B.K., , “ The Electrical and Photo conducting properties of Chemically Sprayed Cadmium sulphide films”, Thin Solid Films, 48.153 -162 (1978).

[9] A.E.Rakhshani,and A.S.AL–Azab, " CdS thin films"Jornal Colloid Interface Sci. Chemical Process Engineering Research Institute(Jule 2005).

[10] [K.Dobson,I.Visoly –Fischer ,G.Hodes,and D.Cahen,Sol .Energy Matter.Sol.Cells(May 2005)

[11] جي.أي.د.,"الكيمياء اللاعضوية العامة" ,ترجمة د.حبيب عبد الاحد,مطبعة الموصل(1986) .

[12] Powlowski. L.,"The Science and Engineering of Thermal Spray coating" , John Wiley and sons"2nd Edition, France, book,(2007).

[13] Yousif,M.G.,"solid state physics",part one,book University of Baghdad,(1989).

[14] Pankove, J.I., "Optical processes in Semiconductors", Prentice-Hall New Jersey,6,11,(1971).

[15] فاطمة حميد خليل ، واثق أيوب طه ، ستار جبار قاسم ، "تحضير ودراسة الخواص التركيبية للأغشية الرقيقةCdTeوCdS"،مجلةالبصرةللعلوم.العدد26 ،العدد.1، (2012).

[16] Al-Haddad.G.M, "Structural and Optical characteristics of Sol-Gel spin coated Nano Crystalline CdS:F Thin films", M.Sc. Thesis, University of Kufa, (2013).

[17] L.S. Ravangave, S.D. Misal, U.V. Biradar, K.N. Rothod, "Comparative study of Structural, Morphological and Optical Characterization of CdS, CdAlS Annealed Thin Films", Materials Physics and Mechanics 14 (2012) 129-136.

[18] H. Khallaf, G. Chai, O. Lupan, L. Chowa, S. Park and A. Schulte, "Characterization of gallium-doping CdS thin films grown by chemical bath deposition", Applied Surface Science, 255 (2009)4129-4134.

[19] Jaehyeong L., "Raman scattering and photoluminescence analysis of B-doped CdS thin films", Thin Solid Films, 451 –452 (2004)170–174 .

[20] S. Linsi, B. Kavitha, M. Dhanam and B. Maheswari, "Analysis of Cu:CdS thin films of three different copper composition", World Applied Science J., 10(2)(2010)207-213.

[21] L. I. Soliman, H.H. Afify and I.K. Battisha, "Growth impedence of pure CdS films", Indian J. of Pure and Applied Phys., 42(2004)12-17.

[22] F. Hashim , B. Kahdum, "effect of li doping on the structural and some optical studies of cds thin films fabricated by sol–gel technique" , International Journal of Research in Applied, Vol. 4, Jul 2016, 155-164. .

[23] N.A. Shah,R.R. Sagar, W. Mahmood, W.A.A. Syed, "Cu-doping effects on the physical properties of cadmium sulfide thin films", J. of Alloys and Compounds,512 (2012)185–189.

[24] A. Hasnat , J. Podder ," Dielectric properties of spray pyrolized Aluminum doped Cadmium sulfide (Al-doped CdS) thin films", Physical Sciences Vol. 7(47), pp.6158-6161,2012 .

[25] F. Caballero-brionesa, O. Calzadillab, F. Chale-laraa , v. Rejonc, j.l. pena, "mg-doped cds films prepared by chemical bath deposition.optical and electrical properties", Chalcogenide Letters Vol. 12, No. 4 , p. 137 – 14 , 2015.

[26] B. Ray," II-VI Compound,1st ed"., Printed in Greet Brititain by Neili and Co. Ltd, of Edinburgh, (1969).

[27] S. N. Sahu, S. Chandra, " Chemical bath deposited CdS and CdS:Li film and their use in photoelectrochemical solar cell", Solar Cells, Vol. 223, PP. 163 – 173, (1987).

[28] N.N. Parvathy, G. is attributed to presence M.Pajonk, A.V.Rao. J. Mater. Synth. Proc. 7, 221 (1999).

[29] D. M. C. U. Dissanayake and P. Samarasekara ," Characterization sol –gel spin coated nanostructured cadmium sulfide thin films", Conference: iPURSE proceedingsat University of Peradeniya, At Peradeniya, Sri Lanka, Vol : 19, November (2015).