

**دراسة تأثير السمك على الخواص التركيبية والثوابت البصرية لاغشية
سيلينايد الكاديوم (CdSe) الرقيقة**

سمير عطا مكي - بشرى كاظم حسون - ظاهر حمد محمود
جامعة بغداد ، كلية التربية للعلوم الصرفة ابن الهيثم ، قسم الفيزياء

الخلاصة :

تم في هذا البحث ترسيب اغشية سيلينايد الكاديوم النقية بطريقة التبخير الحراري في الفراغ على قواعد من الزجاج بدرجة حرارة الغرفة (300k) وبسمك مختلف $20 \text{ nm} \pm (300 , 500 , 700 , 900)$ وبمعدل ترسيب 0.7 nm / sec ووجد بان الاغشية الناتجة كانت ذات جودة عالية من حيث تجانس الغشاء والتصاقيته بالارضيات الزجاجية، ودرست خواصها التركيبية والبصرية. اظهرت نتائج الفحوصات التركيبية بان جميع الاغشية الرقيقة ، والمحضرة بسمك مختلف كانت متعددة التبلور ومن النوع السداسي مع نمو نوري بثلاثة اتجاهات بلورية هي [103] و [102] و [002] كان المميز والسائد منها في الاتجاه [002] وللنماذج المحضرة كافة .
اما نتائج الفحوصات البصرية فقد بينت بان معامل الامتصاص للاغشية المحضرة كان ذو قيمة اكبر من $(\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1})$ وان هذه القيمة تزداد بشكل عام بزيادة السمك لاسيما عند الطاقات الفوتونية الواطئة ، اما بالنسبة الى قيمة فجوة الطاقة البصرية فلقد كانت ضمن المدى $(1.70 - 1.72) \text{ eV}$.

الكلمات المفتاحية : سيلينايد الكاديوم ، الخواص التركيبية والبصرية ، التبخير الحراري في الفراغ

**Study The Effect of Thickness on The Structural and Optical
constant of CdSe Thin Films**

S.A.Make, B.K.Hassun and T.H.Mahmoud

**Department Of Physics ,College Of Education Ibn AL-Haitham ,
University Of Baghdad**

Abstract

In this research , pure (CdSe) thin films with a different thickness (300 , 500 , 700 , 900) $\pm 20 \text{ nm}$ was deposited on glass substrate in room temperature

(300K) with deposition rate (0.7 ± 0.01) nm /sec by thermal evaporation under vacuum technique , and then studies their structure and optical properties .

The resultant of the structural analysis showed that all films with all thickness prepared were polycrystalline in nature and have hexagonal type structure with atomic growth in three crystal orientation which it [002] , [102] and [103] with Preferred orientation along [002] plane for all Prepared films.

The optical analysis measurement showed that all prepared films have absorption coefficient with a value larger than $(\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1})$ and this value was increased when increasing the film thickness especially in the visible range of electromagnetic spectrum , the optical energy gap was founded in the range (1.70 -1.72) eV.

key words : Cadmium Selenide, Optical and structural properties, Thermal evaporation under vacuum

المقدمة :

لعبت مركبات اشباه الموصلات الواقعة في المجموعة (الثنائية - السداسية) من الجدول الدوري خلال السنوات القليلة الماضية دورا فعالا وكبيرا في تقنيات الالكترونات الحديثة ، اذ أستعملت بشكل كبير كاغشية رقيقة في صناعة النبائط الكهروبصرية (Optoelectronic Devices) كالثنائيات الضوئية (PhotoDiode) وفي صناعة الخلايا الفوتوفولتائية (PhotoVoltaic Cells) كالخلايا الشمسية (Solar Cell) وفي صناعة شاشات العرض البلورية (Liquid Crystal Display LCD) والدايودات الباعثة للضوء (Light Emitting Diode LED) وفي صناعة كواشف الاشعة المرئية وفوق البنفسجية والمتحسسات الاحيائية [1,2,3] .

يعد سيلينايد الكاديوم واحد من اهم تلك المركبات لا سيما في صناعة النبائط الكهروبصرية المذكورة انفا ، لما يمتاز به من خواص فريدة وهامة منها امتلاكه لتوصيلية ضوئية جيدة وألفة الكترونية عالية وتوصيلية كهربائية من النوع السالب (n- type semiconductor) فضلا عن امتلاكه لفجوة طاقة عريضة ومباشرة يتراوح مقدارها بين $(1.69 - 1.79)$ eV يمكن التحكم بمقدارها وضبطه ضمن المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي بواسطة التحكم اما بمقدار سمك الغشاء المحضر او بتقنية التبخير المستعملة [4] ، وبسبب هذه الخاصية الفريدة لاقى سيلينايد الكاديوم اهتماما كبيرا في صناعة الخلايا الشمسية بوصفه كمادة الكهروبصرية سواء كان بصورته النقية (CdSe pure) او بصورة هجينة (Heterojunction) كما في (CdSe / ZnS) [5,6,7,8] .

يتشكل سيلينيد الكاديوم بطورين احدهما (Cubic) ويسمى (Sphalerite) اما الاخر فهو من النوع السداسي (Hexagonal) ويسمى (Wurtzite) يكون التركيب الاول غير مستقر (Metastable phase) ويتشكل بصورة خاصة من العمليات الكهروكيميائية ، اما الاخر فانه يمتلك تركيبا مستقرا ثرموديناميا ويتشكل بصورة غير مباشرة بواسطة عملية تالدين الطور المكعب (Cubic) او بصورة مباشرة بواسطة طرائق التحضير الاخرى ، وعموما فان معظم التقنيات الحديثة استعملت في تحضير اغشية سيلينيد الكاديوم الرقيقة بطرائق متعددة منها الكيميائية ومنها الفيزيائية [9, 10, 11, 12, 13] ولقد اعتمدت طريقة التبخير الحراري في الفراغ في تحضير الاغشية قيد الدراسة . ان لسلك الغشاء المحضر تأثير مهم في تحديد نوع وطبيعة التطبيق الذي سيعمل في الغشاء المصنع وعلى هذا الاساس استندت الدراسة الحالية في اجراء مقارنة بين النتائج المستحصلة من الاغشية المحضرة بسلك مختلف (300 , 500, and 900 700) nm وتحديد السلك الاكثر تأثيرا في تحسين الخواص التركيبية والبصرية للاغشية المحضرة كالاتصافية ومعامل الامتصاص لاسيما ضمن مدى المنطقة المرئية وما قبلها من الطيف الكهرومغناطيسي ، لما لهذا المدى من تطبيقات علمية وعملية كثيرة في مجالات صناعية مختلفة مثل صناعة المفارق المستعملة في المنظومات الشمسية وفي صناعة كواشف الاشارة البصرية .

الجانب العملي :

حضرت اغشية المركب الثنائي (CdSe) النقية بمرحلتين هما :

اولا : مرحلة تحضير سبائك المركب الجالكوجيني (CdSe) النقية وقد تمت هذه المرحلة بعدة خطوات :

١ - جهزت عناصر المركب (CdSe) من شركة (Fluka) وبنقاوة (99.998 %) بحيث تحقق النسبة الوزنية المتكافئة (50% : 50%) لكل من عنصري الكاديوم (Cd) والسيلينيوم (Se) على التوالي اي ($Cd_{50} Se_{50}$) وواقع (3gm) للسبيكة ككل .

٢- وضع الوزن المكافئ للنسبة الوزنية اعلاه والمساوية الى (1.762 gm) لعنصر الكاديوم و (1.238 gm) لعنصر السيلينيوم في انبوبة زجاجية من الكوارتز بعد تنظيفها جيدا بواسطة الكحول ، وذات طول (30 cm) وذلك لتفادي انفجارها بسبب ضغط بخار السيلينيوم العالي ، وغلقها من احد طرفيها ومن ثَم تفريغها من الهواء الى ان يصل مقدار الضغط في داخلها بحدود (10^{-3} torr) عندئذ يغلق طرفها الاخر باحكام ومن ثم توضع في فرن لتكونجهازة لعملية الحرق .

٣- تم حرق العينة الزجاجية لغاية درجة حرارة 1200 C° وبزمن (1hour) ومن ثم تم تبريدها باستعمال طريقة التبريد البطيء ومن ثم كسرت لاستخراج سبيكة المركب منها ومن ثم طحنت السبيكة بواسطة طاحونة مختبرية زجاجية (glass mortar)

ثانيا : مرحلة تحضير اغشية سيلينايد الكاديوم (CdSe) :

حضرت اغشية المركب الثنائي (CdSe) النقية وذلك بوضع الاوزان ($0.0004\text{ gm} \pm$) 0.6383 ، 0.4965 ، 0.3546 ، 0.2128) المكافئة لكل سمك قيد الدراسة $20\text{ nm} \pm$ (900 ، 700 ، 500 ، 300) وعلى التوالي في حويض (boat) من معدن المولبدنيوم وبمجرد ان كان الضغط يصل داخل حجرة التبخير الى المقدار ($2.2 \times 10^{-5}\text{ mbar}$) باستعمال وحدة التغطية من نوع (E306 coating unit) لشركة (Edwards) ، رسبت المادة على الارضيات المثبتة على بعد (18 cm) من حويض التبخير بمعدل ترسيب مقداره $(0.7 \pm 0.1)\text{ nm /sec}$ وبدرجة حرارة الغرفة ($T_s = 300\text{ k}$) عن طريق تسخين ال (boat) الى درجة غليان المادة وذلك بامرار تيار مستمر عالي فيه بواسطة محولة للتيار معدة لهذا الغرض ، وبعد ان تركت العينات داخل حجرة التبخير لتبرد ثم تهيأتها بعد ذلك الى المرحلة التالية وهي مرحلة اجراء الفحوصات المختبرية ودراسة خواصها التركيبية والبصرية .

تم قياس سمك الاغشية المحضرة باعتماد الطريقة الوزنية وهي تعتمد على فرق الوزن للقاعدة الزجاجية المستعملة قبل ترسيب الغشاء عليها وبعده وذلك باستعمال ميزان الكتروني حساس من نوع (precisa) ذي مدى حساسية لغاية (10^{-4} gm)

النتائج والمناقشة

القياسات التركيبية

اظهرت نتائج الفحص بتقنية حيود الاشعة السينية ان جميع اغشية سيلينايد الكاديوم الرقيقة والمحضرة بسمك مختلف كانت متعددة التبلور (poly crystalline) ومن النوع السداسي (hexagonal) مع نمو ذري بثلاثة اتجاهات بلورية هي [103] و [102] و [002] كان المميز والسائد منها في الاتجاه [002] وللأغشية المحضرة كافة وكما في الشكل (a-b-c-d) (1) وهذا يتفق مع ما جاء في الدراسات [14, 15, 16, 17] .

وعند مقارنة النتائج التي تم التوصل اليها من فسخ السطوح (d_{hkl}) وثوابت الشبيكة البلورية (a, c) وزوايا الحيود البلوري المقابلة لمواقع القمم المميزة لنماذج الاغشية المحضرة وبسمك مختلف

مع ما جاء من القيم الواردة في بطاقة المؤسسة الأمريكية لفحص المواد American Standard " For Testing Materials كانت النتائج متطابقة الى حد كبير وكما مبين في الجدول (1) .
 كذلك يتبين من نماذج الحيود زيادة ملحوظة في الشدة المنعكسة عن القمة الاولى ذات الاتجاهية المميزة (002) بزيادة سمك الغشاء المحضر وكما في الاشكال (1-d) ، (1-c) ، (1-b) ، (1-a) ، على التوالي ، وقد اعزى الباحث السبب في ذلك الى ان درجة تبلور مادة الغشاء الرقيق تزداد بزيادة السمك ، حيث تميل ذرات الطبقات المترسبة لاحقا لترتيب نفسها في الاتجاه ذي الطاقة الداخلية الاقل للتخلص من الطاقة الفائضة لديها والوصول الى حالة الاستقرار (stable state) ومن تتابع الذرات المتبخرة بترتيب نفسها في ذلك الاتجاه (002) - بزيادة السمك - سيأخذ بالتميز والوضوح في حين سيبدأ الاتجاهين الاخرين بالاضمحلال .
 تم حساب معدل الحجم الحبيبي (D) للاغشية المحضرة وذلك بالاستعانة بنتائج حيود الاشعة السينية وباعتماد معادلة شرر (Scherer's formula) الاتية [18] :-

$$D = \frac{0.94\lambda_{X-ray}}{\beta_{FWHM} \cos \theta} \text{ ----- (1)}$$

اذ تمثل (λ_{X-ray}) : طول موجة الاشعة السينية المستعملة (1.5406 \AA)

(β_{FWHM}) : عرض المنحني عند منتصف الشدة (Full Width At Half Maximum)

(FWHM)

بالوحدات النصف قطرية

(θ) : زاوية براك

اما كثافة الانخلاعات (δ) فتعرف بانها النسبة بين طول خطوط الانخلاع لكل وحدة حجم من البلورة وقد تم ايجادها من العلاقة الاتية [19] :

$$\delta = \frac{1}{D^2} \text{ ----- (2)}$$

حيث ان (D) : الحجم الحبيبي بوحدات (nm)

اما بالنسبة الى الاجهاد الداخلي (ϵ) فيعرف بانه عيب ينشأ اثناء عملية تصنيع البلورة ويسبب تشوها في المنطقة التي يتواجد فيها ويكون ظهوره مقترناً بتواجد العيوب البلورية بانواعها كافة (النقطية والسطحية والحجمية) [20] معتمداً بذلك على ظروف التحضير وطبيعة التركيب البلوري الناتج والية التبخير المستعملة ، ولقد تم حسابه للاغشية المحضرة وذلك بأعتماد العلاقة الاتية [21] :

$$\epsilon = \beta \frac{\cos \theta}{4} \text{ ----- (3)}$$

وفيما يتعلق بعدد البلورات لكل وحدة مساحة فقد تم ايجادها بأعتماد العلاقة التالية [19]:

$$N_o = \frac{t}{D^3} \text{ ----- (4)}$$

اظهرت النتائج والموضحة في الجدول (2) زيادة كل من الحجم الحبيبي (D) وعدد البلورات لكل وحدة مساحة (N_o) بزيادة سمك الغشاء المحضر يقابل ذلك تناقص واضح في كل من كثافة الانخلاعات (δ) والاجهاد الداخلي (ϵ) بزيادة السمك ايضا ويعزى السبب في ذلك الى حصول تحسين في التركيب البلوري بزيادة سمك الغشاء المحضر وما لذلك من تأثير على كل من الحجم الحبيبي وكثافة الانخلاعات والاجهاد الداخلي الناشى فيها ، ذلك لان التركيب البلوري ذو اكبر حجم حبيبي وأقل كثافة انحلاعات يمثل أفضل تركيب بلوري يمكن الحصول عليه [22] وهذا ما تم الحصول عليه فعلا بالنسبة للاغشية ذات السمك (700، 900) nm وكما في الشكلين رقم c (1) و d (1) .

اما فيما يتعلق بكون الاغشية كانت ذات قيم متناقصة من حيث الاجهاد الداخلي الناشى فيها بزيادة السمك فيعزى سبب ذلك الى ميل الحبيبات - بزيادة السمك - للنمو معا بالاتجاه ذي الاقل طاقة داخلية ممكنة وبأقل أجهاد داخلي ممكن (تقليص الحدود الحبيبية بين الحبيبات) لتصبح بذلك عناقيدا اكبر ومنها جزرا أكبر مكونة بذلك الغشاء المتجانس .

الخواص البصرية

١ - طيف الامتصاصية

ان لدراسة طيفي الامتصاصية والنفاذية فائدة مهمة في تحديد طبيعة التطبيق العملي الذي يمكن تسخير مادة الغشاء المحضر في خدمته ، تعتمد الامتصاصية على طاقة الفوتونات الضوئية الساقطة على المادة وعلى نوع المادة وطبيعة تركيبها البلوري [23] ، ولقد اجريت جميع قياسات طيفي الامتصاصية والنفاذية ضمن مدى الاطوال الموجية (300 - 1100) nm وللغشية المحضرة كافة . يوضح الشكل a (2) طيف الامتصاصية كدالة لطاقة الفوتون الساقط لاغشية (cdse) والمحضرة بسمك مختلف nm (300 ، 500 ، 700 ، 900) على التوالي ، اذ يتبين من الشكل ان امتصاصية الاغشية المحضرة تبدأ بشكل عام بالزيادة التدريجية مع زيادة طاقة الفوتونات الضوئية الساقطة (نقصان في الطول الموجي) الى ان تبلغ ذروتها وتصبح شبه حادة (Quasi-Shsrp) - سيما الاغشية ذات السمكين nm (700 ، 900) على التوالي - عندما تصبح طاقة الفوتونات

الضوئية الساقطة مساوية بقيمتها او اكبر من قيمة فجوة الطاقة البصرية للاغشية المحضرة كافة ، مما يدل على حدوث انتقالات الكترونية مباشرة .

كذلك يلاحظ من الشكل a (2) زيادة الامتصاصية بزيادة سمك الغشاء المحضر إذ بلغت الامتصاصية للاغشية ذات سمك (900 nm) بين % (30 - 90) لمديات الاطوال الموجية الواقعة ضمن المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي وهذا ما قابله أوطى نفاذية وأقل انعكاسية وكما هو موضح بالشكلين (b) و (c) على التوالي ويعزى السبب في ذلك الى علاقة سمك الغشاء المحضر بالامتصاصية ، حيث كلما زاد سمك الغشاء المحضر كلما زادت الامتصاصية وفقا الى قانون لامبرت في الامتصاصية والى العلاقة (5) الموضحة لاحقا .

وعلى هذا الاساس يمكن الاستفادة من الغشاء المحضر بهذه الطريقة وبهذه القيمة من السمك في تصنيع ثنائي ضوئي (كاشف للإشارة البصرية في منظومة الاتصالات) يعمل ضمن المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي وفي صناعة الخلايا الشمسية مصدرا للطاقة في الاقمار الصناعية والحاسبات والساعات وغيرها .

٢ - معامل الامتصاص (α)

تم حساب معامل الامتصاص للاغشية المحضرة كافة بأعتماد العلاقة الاتية [24]

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \text{----- (5)}$$

اذ تمثل (A) : الامتصاصية

(t) : سمك الغشاء المحضر

يوضح الشكل (3) تغير معامل الامتصاص دالة لطاقة الفوتون الساقط لاغشية سيلينايد الكاديوم المحضرة ، اذ يتضح من الشكل ان حافة الامتصاص الاساسية تتناقص بزيادة السمك لتصبح شبه حادة عند الاسماك العالية ولاسيما عند السمكين (700 ، 900) nm على التوالي لما يتميز به هذين السمكين من درجة تبلور عالية جدا (single crystalline) فضلا عن استمرارية الحبيبات على النمو باقل حدود حبيبية ممكنة مكونة بذلك غشاء متجانسا باتجاه مميز واحد الا وهو [002] .

كما يتضح من الشكل (3) ان معامل الامتصاص يبدأ بشكل عام بالزيادة التدريجية مع زيادة طاقة الفوتونات الضوئية الساقطة حتى تصبح قيمته اكبر من (10^4 cm^{-1}) الامر الذي يشير الى احتمالية حدوث انتقالات الكترونية مباشرة ما بين حزمتي التكافؤ والتوصيل .

كذلك يلاحظ من الشكل (3) ان معامل الامتصاص يتزايد بشكل عام بزيادة السمك لاسيما عند الطاقات الفوتونية الواطئة نتيجة لزيادة الامتصاصية بزيادة سمك الغشاء المحضر .

٣ - فجوة الطاقة البصرية (Eg)

بعد التعرف على طبيعة الانتقالات الالكترونية الحاصلة من خلال قيم معامل الامتصاص ، حسبت فجوة الطاقة البصرية المباشرة لجميع الاغشية المحضرة باستخدام العلاقة الاتية [25] :

$$(\alpha hv) = B (hv - E_{gap}^{OPt})^r \text{ ----- (6)}$$

اذ تمثل (hv) : طاقة الفوتون الممتص ، (E_{gap}^{OPt}) : فجوة الطاقة البصرية ، (B) : ثابت (r) : معامل اسي يعتمد على نوع الانتقال ويكون مقداره $(\frac{1}{2})$ للانتقال المباشر المسموح رسمت العلاقة البيانية بين طاقة الفوتون (hv) و $(\alpha hv)^2$ وكما في الشكل (4) ، بينت نتائج الرسوم ان قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح لاغشية (CdSe) ذات سمك (300 nm) كانت مساوية الى (1.72eV) وهذه النتيجة تتفق مع نتائج الدراسات [14, 17] ضمن تقنيات تحضير مختلفة ، وان هذه القيمة تناقصت بزيادة سمك الغشاء المحضر لتبلغ ادى قيمة لها (1.70eV) عند سمك (700 nm) ، وقد اعزى الباحث سبب هذا التناقص الى علاقة سمك الغشاء المحضر بكثافة الحالات للذرات المترسبة وبالتالي بقيمة فجوة الطاقة البصرية ، حيث كلما زاد السمك زادت كثافة الحالات للذرات المترسبة في كل من حزمي التكافؤ والتوصيل وعليه تقل قيمة فجوة الطاقة البصرية باستثناء الاغشية ذات سمك (900 nm) حيث كانت فجوة الطاقة لها مساوية أيضا للقيمة (1.70 eV) ، وقد اعزى الباحث سبب ذلك الى وصول بعضا من الخواص البصرية للمادة (لاسيما فجوة الطاقة منها) الى حالة الاستقرار والثبات عند القيمة المذكوره انفا مما يوفر امكانية تصنيع خلايا شمسية وكواشف بخصائص ثابتة .

الاستنتاجات

١ - اظهرت نتائج فحوصات الاشعة السينية ان طبيعة التركيب البلوري لاغشية سيلينايد الكاديوم النقية والمحضرة بتقنية التبخير الحراري في الفراغ يتحسن بزيادة السمك من متعدد التبلور (Poly Crystalline) كما في الاغشية ذات السمك (300 nm) الى احادي التبلور (Single Crystalline) كما في الاغشية ذات السمك (500 ، 700 ، 900) nm مع تزايد واضح في شدة القمة المميزة بالاتجاه السائد [002] بزيادة السمك

٢- تزايد واضح يظهر في معدل الحجم الحبيبي بزيادة السمك ولاسيما عند السمك (900nm) اذ يبلغ اقصى قيمة له (40.90 nm) مما يدل على الحصول على تراكيب نانوية .

٣- اظهرت هذه الدراسة ان زيادة سمك الغشاء المحضر ادت الى تزايد واضح في قيم الامتصاصية لاسيما عند الطاقات الفوتونية الواقعة ضمن المدى المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي (300 -720) nm خصوصا لتلك الاغشية ذات سمك (700 ، 900) nm مقارنة بتلك الاغشية ذات سمك (300nm) .

٤- بينت نتائج القياسات البصرية ان اغشية سيلينايد الكاديوم النقية ذات سمك (300nm) تمتلك معامل امتصاص ذو قيمة عالية ($\alpha > 10^4 \text{ cm}^{-1}$) لمديات الطاقة (1.8 - 4.13) eV مما يشير الى حدوث انتقالات الكترونية مباشرة عند المدى المذكور من الطاقات مع حدوث تزايد واضح في قيم معامل الامتصاص بزيادة سمك الغشاء المحضر لتبلغ قيمه اعظم ما يمكن عند الاغشية ذات سمك (700 ، 900) nm والتي على اساس ذلك يستفاد منها في صناعة الخلايا الشمسية وكواشف الاشارة البصرية في منظومة الاتصالات .

٥- اظهرت نتائج الحسابات البصرية ان قيمة فجوة الطاقة البصرية المستحصلة من الدراسة الحالية لاغشية سيلينايد الكاديوم النقية والمحضرة بتقنية التبخير الحراري في الفراغ وبسمك (300nm) كانت مساوية الى (1.72 eV) وان هذه القيمة اخذت بالتناقص بزيادة السمك لتبلغ (1.70 eV) عند سمك (700nm) و (900nm) أيضا الامر الذي يشير الى اتساع منطقة الامتصاص البصري للاغشية المحضرة بزيادة السمك لثمتص بذلك معظم الطاقات الفوتونية الواقعة ضمن المنطقه المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي .

References

- [1] R. Blargava, 1997 , “ Properties of Wide Band Gap II-VI Semiconductors”, INSPEC Publications London.
- [2] K.R., Murali, Swaminathan, V. and Trivedi, D.C., 2004, “Characteristics of nanocrystalline CdSe films”, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* , V. 1 , no.81 , pp. 113-118 .
- [3] J.Y., Kim, K.J., Yoo, J.B., Choi and Kim, D., 1998 , “Properties of cadmium sulfide thin films deposited by chemical bath deposition with ultrasonication”, *Solar Energy*, V.(1-3), no.64, pp. 41-47.
- [4] K.L. Chopra, S.R. Das, 1983 , “Thin film solar cells” , Plenum Press, New York, London
- [5] P. Mahawela, S. Jeedigunta, S. Vakkalanka, C.S. Ferekides, D. L. Morel, 2005, “Transparent high-performance CDSE thin-film solar cells”, *Thin Solid Films*, vol. 480-481, pp. 466-470
- [6] L. Tian, H. Yang, J. Ding, Q. Li, Y. Mu, Y. Zhang ,2014, ” Synthesis of the wheat-like CdSe/CdTe thin film heterojunction and their photovoltaic applications”, *Curr . Appl Phys.*, Vol. 14, pp. 881-887 .
- [7] S. Lou, C. Zhou, H. Wang, H. Shen, G. Cheng, Z. Du, 2011, “Annealing effects onthe photoresponse properties of CdSe nanocrystal thin films” ,*Mater. Chem. Phys.*, vol.128, pp. 483-488 .
- [8] V. Saaminathan, K. R. Murali, 2005, “Importance of pulse reversal effect of CdSe thin films For optoelectronic devices”, *J. Cryst. Growth*, vol. 279, pp. (229-240) .
- [9] K. R. Murali, K. Sivaramamoorthy, M. Kottaisamy, S. Asath Bahadur, 2009, ” Photoconductive studies on electron beam evaporated CdSe films”, *Physica B*, vol. 404, pp. 2449-2454 .
- [10] Ş. M .Huş , M . Parlak ,2008, “Electrical, photo-electrical, optical and structural Properties of CdSe thin films deposited by thermal and e-beam techniques”, *Journal of Physics D : Applied Physics* , Vol . 41, No. 3
- [11] V. M. García, M T S Nair , P. K. Nair , R. A. Zingaro,1996, “Preparation of highly photosensitive CdSe thin films by a chemical bath deposition technique” , *Semiconductor Science and Technology* , Vol. 11, No. 3
- [12] Z. Bao, X. Yang, B. Li , R. Luo, B. Liu, P. Tang, J. Zhang , , 2016, “ The study of CdSe thin film prepared by pulsed laser deposition for *Journal of Materials Science : Materials in Electronics* , Vol 27, Issue .7, pp 7233-7239

- [13] S. D. Kamat, V. P. Malekar, V. J. Fulari, S. D. Patil, M. B. Dongare, 2010, "Characterization of cadmium selenide thin films by electrodeposition and its holographic study", *Journal of Optics*, Vol. 39, Issue 4, pp 167-174
- [14] A.A. Yadav, M.A. Barote, E.U. Masumdar, 2010, "Studies on cadmium selenide (CdSe) thin films deposited by spray pyrolysis", *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 121, Issues 1-2, PP. 53-57 .
- [15] S. L. Hake, P. A. Chate, D. J. Sathe, P. P. Hankare, V. M. Bhuse, 2014, "Studies hexagonal cadmium selenide thin film deposited by chemical route using ascorbic acid" *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, Vol. 25, Issue 2, pp. 811-816.
- [16] S. Thanikaikarasan, X. Sahaya Shajan, V. Dhanasekaran, T. Mahalingam, 2011 "X- ray line broadening and photoelectrochemical studies on CdSe thin films", *Journal of Materials Science*, Vol. 46, Issue. 11, pp. 4034-4045
- [17] S. J. Lade, M. D. Uplane, M. M. Uplane, C.D. Lokhande, 1998, "Structural, optical and photoelectrochemical properties of electrodeposited CdSe thin films" *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, Vol. 9, Issue . 6, pp. 477-482
- [18] P.U. Asogwa, (2010), *Journal of Non-Oxide Glasses*, Vol. 4, No.2, p.183
- [19] Y. Akaltun, M.A. Yildirim, M. Yildirim, (2011), *Optics Communications* No.284, p.2307
- [20] M.G.yousif, 1989, "solid state Physics", vol.2, Baghdad university, Arabic Version [21] K. Girija S. Thirumalairajan and S. M. Mohan, (2009), *Chalcogenide Letters*, no.6, p.351,
- [22] I. A. Kariper, 2016, "Optical and Structural Properties of CdSe Thin Film Produced by Chemical Bath Deposition", *Journal of Non- Oxide Glasses* Vol. 8, No.1, p.(1 – 9)
- [23] D. A. Neamen, 1992, "Semiconductor Physics and Devices", University of New Mexico.
- [24] S. M. Sze, 1990, "Semiconductors Devices Physics and Technology" Translated to Arabic by F. G. Hayaty and H. A. Ahmed, Baghdad.
- [25] J. I. Pankove, 1971, "Optical Processes in Semiconductors", Prentice – Hall Englewood Cliffs, New Jersey .

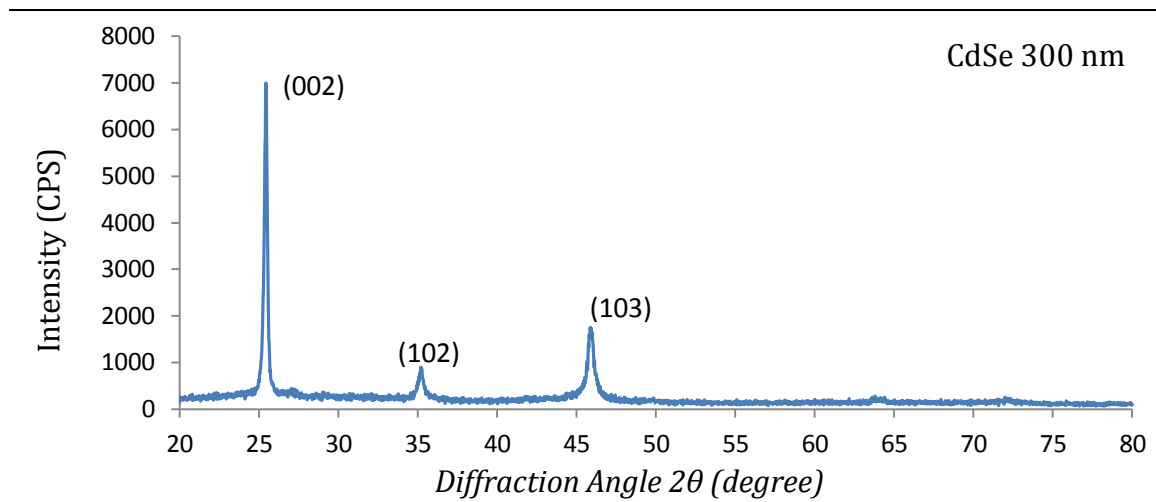
جدول (١) : مقارنة النتائج المستحصلة من نماذج حيود الاشعة السينية لأغشية سيلينايد الكاديوم كدالة

لتغير السمك مع بطاقة (ASTM)

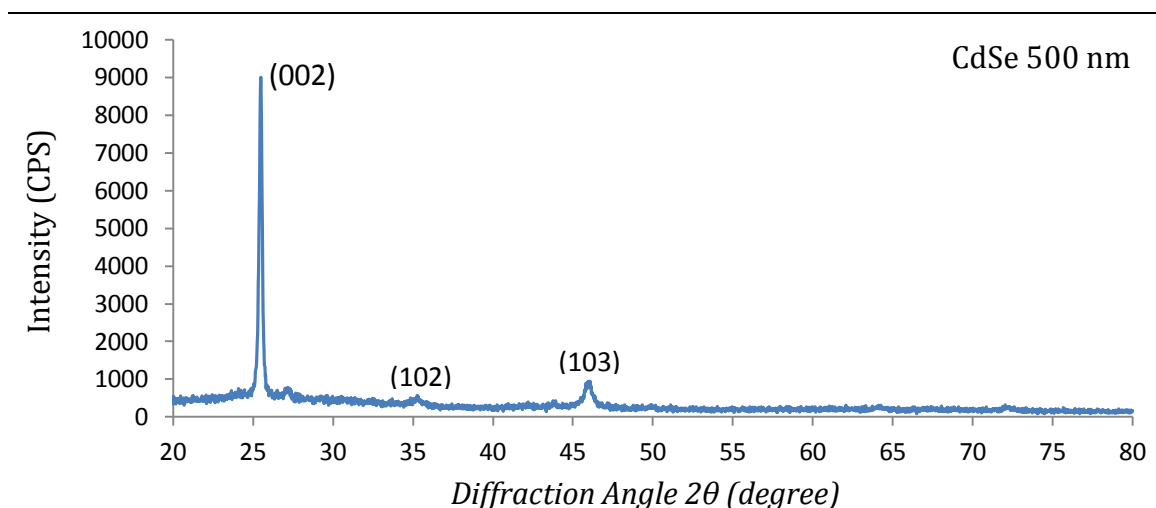
| thickness (nm) | (hkl) (ASTM) | 2θ (ASTM) | 2θ Observed | d(Å) (ASTM) | d (Å) Observed | a(Å) (ASTM) | c(Å) (ASTEM) | a(Å) Observed | c(Å) Observed |
|----------------|--------------|-----------|-------------|-------------|----------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 300 | (002) | 25.3538 | 25.5008 | 3.5100 | 3.4902 | | | | |
| | (102) | 35.1072 | 35.2600 | 2.5540 | 2.5435 | 4.299 | 7.010 | 4.333 | 6.980 |
| | (103) | 45.7884 | 45.8503 | 1.9800 | 1.9775 | | | | |
| 500 | (002) | 25.3538 | 25.4436 | 3.5100 | 3.4980 | | | | |
| | (102) | 35.1072 | 35.1796 | 2.5540 | 2.5490 | 4.299 | 7.010 | 4.298 | 6.996 |
| | (103) | 45.7884 | 45.8855 | 1.9800 | 1.7960 | | | | |
| 700 | (002) | 25.3538 | 25.3227 | 3.5100 | 3.5143 | | | | |
| | (103) | 45.7884 | 45.7703 | 1.9800 | 1.9808 | 4.299 | 7.010 | 4.283 | 7.029 |
| 900 | (002) | 25.3538 | 25.4389 | 3.5100 | 3.4985 | | | | |
| | (103) | 45.7884 | 45.9152 | 1.9800 | 1.9750 | 4.299 | 7.010 | 4.286 | 6.997 |

جدول (٢): الثوابت التركيبية لأغشية سيلينايد الكاديوم كدالة لتغير السمك

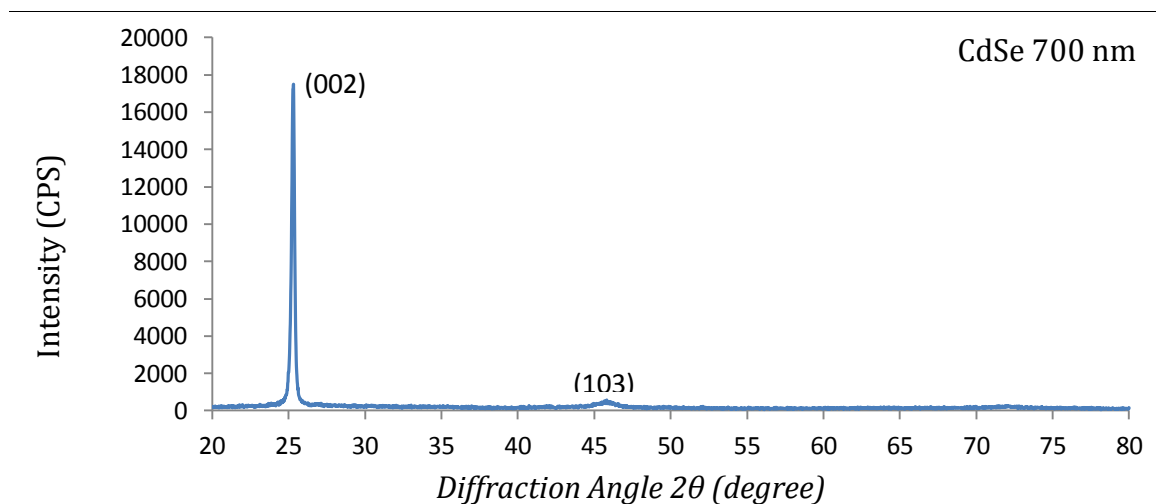
| Thickness (nm) | Volume of unit cell (Å ³) | β_{FWHM} at (002) (deg) | D (nm) | $N_o * 10^{15}$ (crystal/m ²) | $\delta * 10^{15}$ (Lines/m ²) | $\epsilon * 10^{-3}$ | Energy gap (eV) |
|----------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------|---|--|----------------------|-----------------|
| 300 | 113.488 | 0.2370 | 35.90 | 6.48 | 0.77 | 1.00 | 1.72 |
| 500 | 111.918 | 0.2245 | 37.88 | 9.20 | 0.70 | 0.96 | 1.71 |
| 700 | 111.646 | 0.2208 | 38.50 | 12.26 | 0.68 | 0.94 | 1.70 |
| 900 | 111.310 | 0.2079 | 40.90 | 13.15 | 0.60 | 0.88 | 1.70 |



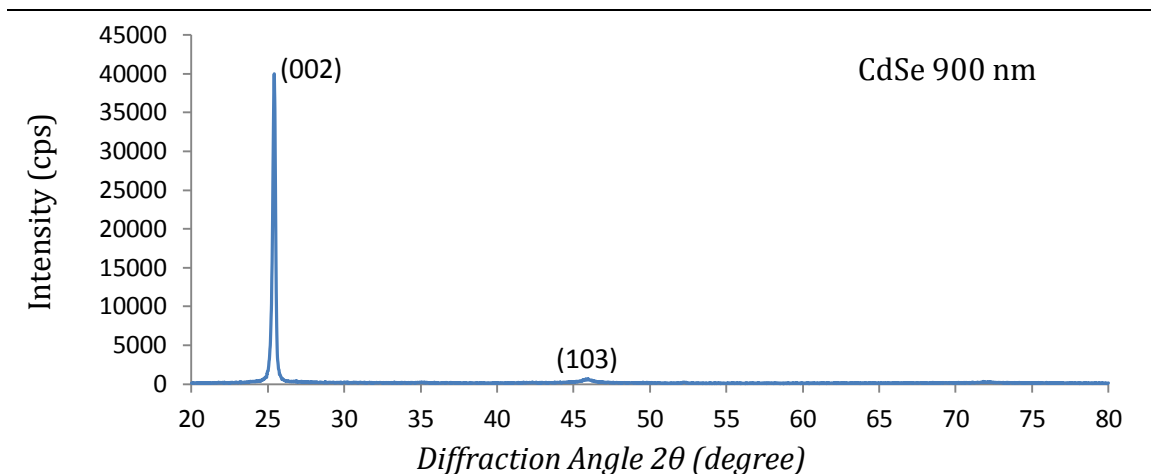
شكل (1)a : مخطط حيود الاشعة السينية لغشاء (CdSe) بسمك (300 nm)



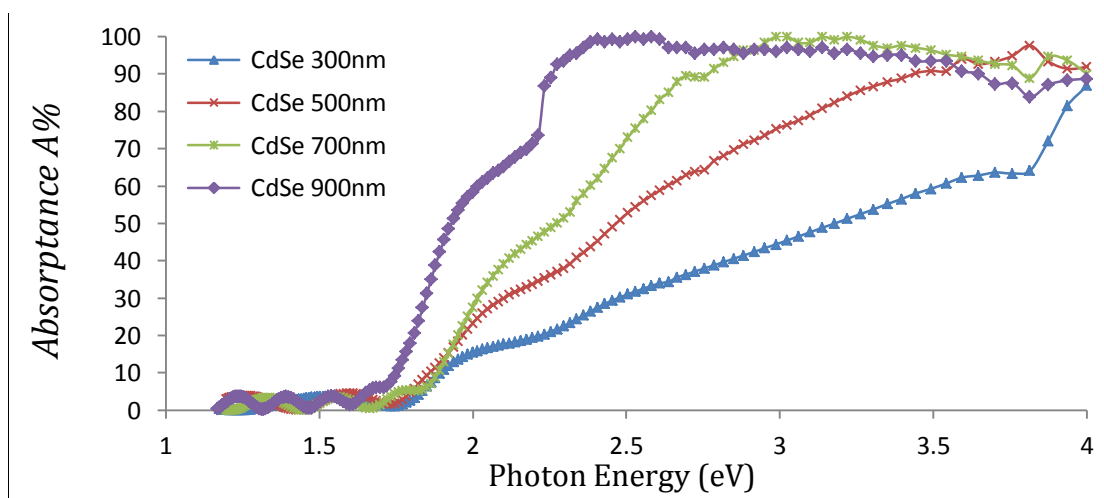
شكل (1)b : مخطط حيود الاشعة السينية لغشاء (CdSe) بسمك (500 nm)



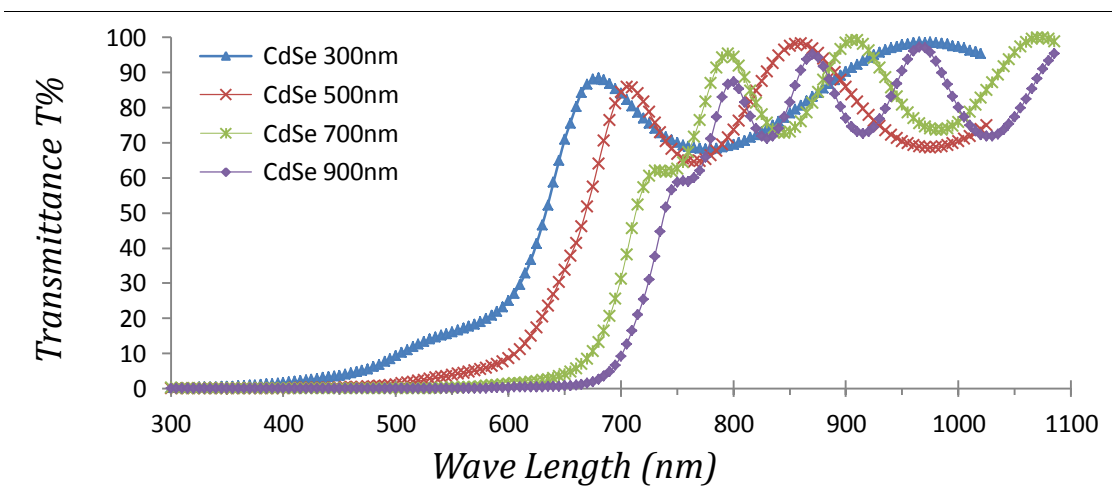
شكل (1)c : مخطط حيود الاشعة السينية لغشاء (CdSe) بسمك (700 nm)



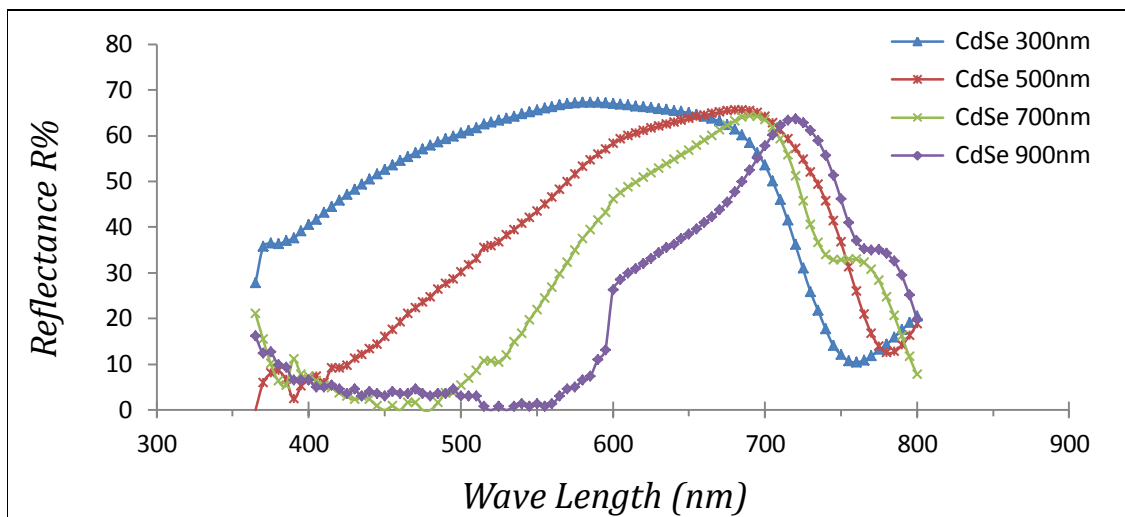
شكل d (1) : مخطط حيود الاشعة السينية لغشاء (CdSe) بسمك (900 nm)



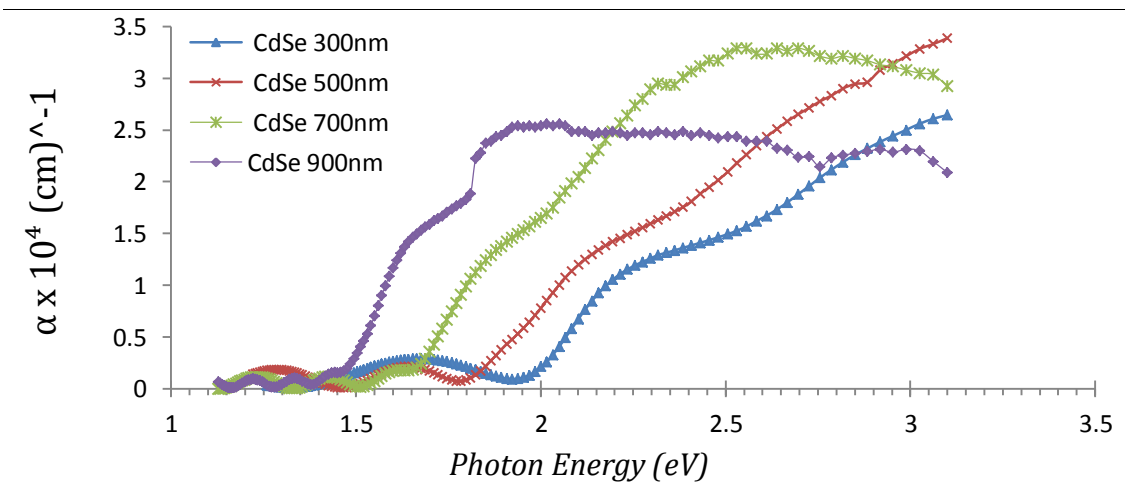
شكل a (2) : تغير طيف الامتصاصية مع تغير طاقة الفوتون الساقط لأغشية (CdSe) كدالة لتغير السمك



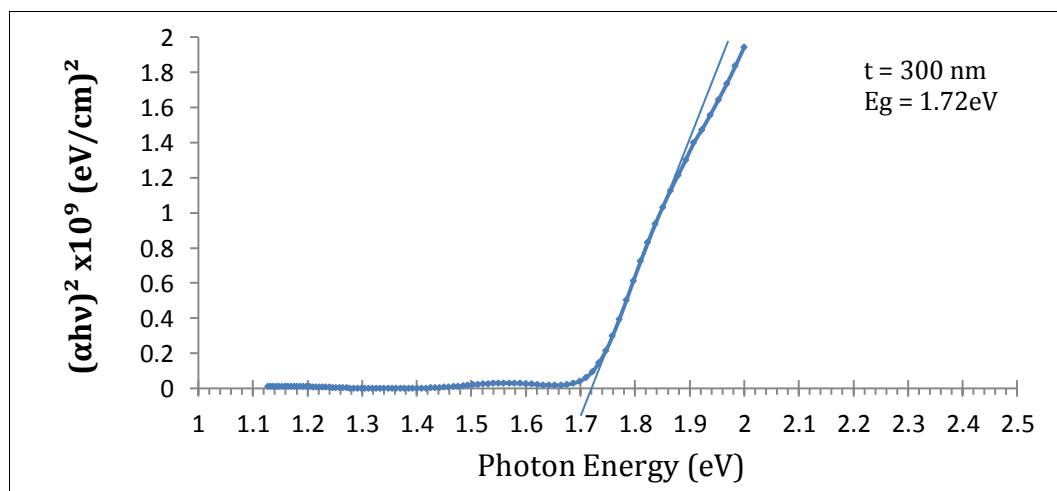
شكل b (2) : تغير طيف النفاذية مع تغير الطول الموجي لأغشية (CdSe) كدالة لتغير السمك



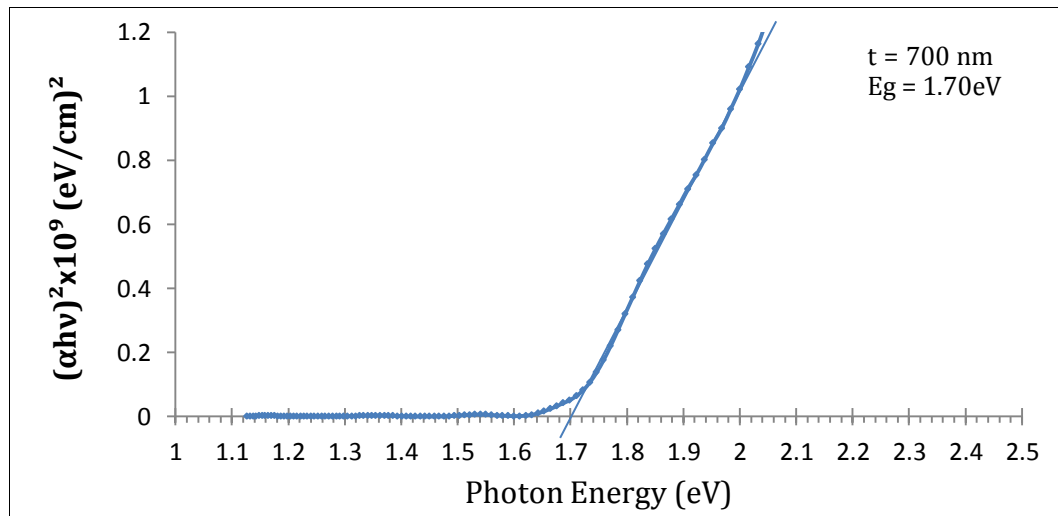
شكل (2)c : تغير طيف الانعكاسية مع تغير الطول الموجي لأغشية (CdSe) كدالة لتغير السمك



شكل (3) تغير معامل الامتصاص مع تغير طاقة الفوتون الساقط لأغشية (CdSe) كدالة لتغير السمك



شكل (4)a : فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح لأغشية (CdSe) النقية بسمك (300 nm)



شكل b (٤) : فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح لأغشية (CdSe) النقية بسلك (٧٠٠ nm)