

دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة
بطريقة التبخير الحراري في الفراغ
علي كاظم تقي

دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ علي كاظم تقي

جامعة بغداد- كلية التربية للعلوم الصرفة - ابن الهيثم

الخلاصة

تم تحضير ثلاث نماذج من أغشية رقيقة ذات سمك $20 \pm (200, 300, 400) \text{ nm}$ لأوكسيد الكاديوم (CdO) باستخدام طريقة التبخير الحراري في الفراغ وذلك بترسيب عنصر الكاديوم النقي على أرضيات من الزجاج في درجة حرارة الغرفة (300 K) وبمعدل ترسيب $(3.2 \pm 0.1) \text{ nm/sec}$ وتمت أكسدة النماذج الثلاثة بدرجة (623 K) ولمدة ساعتين في الهواء .
تم دراسة الخواص التركيبية للأغشية الثلاثة باعتماد تقنية حيود الاشعة السينية (XRD) وقد وجد ان تركيب الاغشية كان متعدد التبلور وتمتلك تركيبا مكعبا (Cubic) مع هيمنة الاتجاه [111]. وقد سجل طيف النفاذية كدالة للطول الموجي للمدى (300 – 1100) nm للأغشية كافة لغرض معرفة قيمة فجوة الطاقة البصرية وطبيعة الانتقال والثوابت البصرية كدالة لطاقة الفوتون وقد شملت كذلك الثوابت حساب معامل الامتصاص ومعامل الانكسار.

الكلمات المفتاحية : أوكسيد الكاديوم , التبخير الحراري , الخصائص التركيبية , الخصائص البصرية

Study of thickness effect on some structural and optical properties of (CdO) thin films prepared by vacuum thermal evaporation method.

Ali Kadhim Taki

Baghdad University – College of Education for Pure Sciences – Ibn Alhaitham.

Abstract

Three different thickness $(200, 300, 400) \pm 20 \text{ nm}$ thin films of (CdO) were prepared by vacuum thermal evaporation by depositing pure cadmium on a glass substrates at a temperature (300) K with a deposition rate $(3.2 \pm 0.1) \text{ nm/sec}$.

The prepared films were oxidized at a temperature of (623) K for two hours in air.

The structural properties study for the films were carried out using (XRD) .

It is found that all the prepared films were polycrystalline and have a cubic type with preferred orientation along [111] plane.

Transmittance spectrum was recorded as a function of wavelength ranging from (300 – 1100) nm for the films in order to calculate the value of the optical energy gap, kind of transitions ,optical constants as a function of photon energy, absorption coefficient , refractive index were included .

Key words: Cadmium oxide, thermal evaporation, structural properties , optical properties.

دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة
بطريقة التبخير الحراري في الفراغ
علي كاظم تقي

المقدمة

يعد أكسيد الكاديوم من أكاسيد التوصيل الشفافة ويطلق عليها اختصاراً (TCOs) (Transparent Conductive Oxides)، هي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأوكسجين وتجمع هذه المواد بين ميزتين إذ تتميز بارتفاع توصيليتها ونفاذيتها البصرية. أما طبيعة تركيبه البلوري فيمتاز بأنه ذو تركيب بلوري مكعب (Cubic) متمركز الوجه (FCC) مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم (NaCl) [1]. ويُصنف المركب في أشباه الموصلات من النوع السالب (n-type) [2]. وهو ذو فجوة طاقة تتراوح قيمتها eV (2.16-2.6) عند درجة حرارة الغرفة (300K) [3]. ولهذه الخصائص المتميزة استخدم أكسيد الكاديوم في مجال صناعة النبائط الكهروإلكترونية (Optoelectronic Devices) كالثنائيات الضوئية (Photo Diodes) ويُعد أكسيد الكاديوم مادةً لتطبيق الخلية الشمسية ومُتحسِّن غازات [4]. كذلك

امكانية استخدامه في مجالات الاتصالات البصرية التجارية ومجالات الصناعة الإلكترونية كالدوائر الكهربائية التي تستخدم ضمن أجهزة حديثة مثل الحاسبة الإلكترونية، والمجهر الإلكتروني، والمفاتيح الكهربائية، والتصوير الضوئي، وفي أجهزة ليزر أشباه الموصلات، وفي صناعة المرشحات الضوئية، والطلاءات، والسيطرة على شدة الإشعاع النافذ والمنعكس في نوافذ الأبنية، وفي صناعة الخلايا الشمسية وزيادة كفاءتها، وكذلك تستخدم في مجالات الأقمار الصناعية، وكثير من الصناعات الأخرى [3,4].

الغاية من اجراء هذه الدراسة هو تحضير أغشية (CdO) النقية بمدى سمك ± 20 nm (400,300,200) ودراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ.

الجزء العملي

استُعملت ارضيات زجاجية مجهزة من شركة (SUPE RIOR) الألمانية بأبعاد $1 \times (26 \times 76)$ mm³ أذ تُقَطَّع الارضيات الزجاجية بأبعاد $1 \times (19 \times 26)$ mm³ وذلك لترسيب أغشية (CdO) بمدى سمك ± 20 nm (400,300,200)، باستعمال منظومة التفريغ من نوع (Edward- 320E) عند ضغط (5×10^{-5}) mbar اذ استعمل حويض من المولبدينيوم Mo صُنِعَ محلياً واستُعمل القناع من الالمنيوم بمساحة (1.5×1) cm لترسيب الغشاء. وتم تحضير أغشية (CdO) النقية بترسيب معدن الكاديوم النقي على ارضيات من الزجاج بدرجة حرارة الغرفة (300) K وبمعدل ترسيب (3.2 ± 0.1) nm/sec ومن ثم عرضت أغشية الكاديوم المحضرة (Cd) لدرجة حرارة (623) K لمدة ساعتين بوجود الهواء لغرض اكسدتها وتمت عمليات تنظيف الارضيات الزجاجية باستعمال الماء المقطر والكحول الايثيلي ذو نقاوة (99%) وذلك باستعمال جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic).

وتم التأكد من تركيب أغشية (CdO) النقية باستعمال جهاز حيود الأشعة السينية من نوع (SHIMADZU Japan) XRD 600، والباعث للأشعة السينية من نوع Cu-K α وطول موجي (1.5405) Å. واستُخدمت الطريقة الوزنية لقياس سمك الأغشية المحضرة.

وقد أسخدم مطياف نوع (UV-Visible 1800 spectrophotometer) إنجليزي الصنع، ضمن مدى الطول الموجي (300-1100) nm لحساب النفاذية كداله للطول الموجي، واستخدم برنامج حاسوبي لحساب فجوة الطاقة المنموه للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحه للأغشية المحضرة.

النتائج والمناقشة

بينت نتائج حيود الأشعة السينية لجميع أغشية (CdO) النقية أنها ذات تركيب متعدد التبلورو أنها من النوع المكعب (Cubic) وبالاتجاه السائد [111] وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه الباحثون [9,8,7,6,5]. وعند مقارنة نتائج البحث مع القيم الواردة في البطاقة المرقمة (05-0640) للمؤسسة الأميركية لفحص المواد (ASTM) وجد أن

دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة
بطريقة التبخير الحراري في الفراغ
علي كاظم تقي

النتائج كانت متطابقة إلى حدٍ ما ، كما مبين في الجدول رقم (1) حيث تضمن قيم المسافه بين المستويات (d) وثابت الشبيكه (a) .
أما الشكل (1) يمثل حيود الأشعة السينية (XRD) لأغشية (CdO) ذات السمك (400,300,200) nm ، نلاحظ من الشكل زيادة القيمة العظمى للشدة مع زيادة سمك الغشاء ويمكن تفسير ذلك الى ان زيادة سمك الغشاء أدى الى زيادة التبلور وتناقص العيوب البلورية وبالتالي زيادة شدة القمم [13]
وحُسب معدل الحجم الحبيبي (G.S) باستخدام نتائج حيود الاشعة السينية (XRD) و تطبيق معادلة شرر Scherre [10] :

$$G.S = \frac{0.94\lambda_{X-RAY}}{B_{FWHM} \cos \theta} \dots\dots\dots (1)$$

حيث ان :

λ_{X-RAY} : طول موجة الأشعة السينية المستعملة (1.5406 Å) .

B_{FWHM} : عرض المنحني عند منتصف القمة .

θ : زاوية براك .

وبين الجدول رقم (2) أن معدل الحجم الحبيبي للأغشية المحضرة يتزايد بزيادة السمك بينما تتناقص قيم عرض المنحني عند منتصف الشدة العظمى (FWHM) للقمم ويمكن تفسير ذلك الى ان زيادة سمك الغشاء أدى الى زيادة التبلور وتناقص العيوب البلورية وبالتالي زيادة شدة القمم مما يؤدي الى نقصان قيمة عرض المنحني لمنتصف القمة العظمى (FWHM) وبالتالي زيادة الحجم الحبيبي (G.S) لأن العلاقة بينهما عكسية وهذا ما يتفق مع معادلة شرر .
وتم حساب كثافة الانخلاعات (δ) وعدد الحبيبات البلورية لوحدة المساحة (N_0) في الأغشية المحضرة وذلك بالاستعانة بنتائج حيود الأشعة السينية (XRD) للنماذج المحضرة وباستخدام المعادلتين التاليتين [10].

$$\delta = \frac{1}{(GS)^2} \dots\dots\dots (2) , \quad N_0 = \frac{t}{(GS)^3} \dots\dots\dots (3)$$

حيث ان :

t: سمك الغشاء

وأظهرت النتائج المبينة في الجدول رقم (2) نقصان كثافة الانخلاعات (δ) وعدد الحبيبات البلورية لوحدة المساحة (N_0) بزيادة السمك وهذا ما يتفق مع زيادة معدل الحجم الحبيبي اذ تتناسب كثافة الانخلاع (δ) عكسيا مع مربع الحجم الحبيبي وتتناسب عدد الحبيبات البلورية لوحدة المساحة (N_0) عكسيا مع مكعب الحجم الحبيبي .
ونلاحظ من الشكل (2) أن النفاذية تزداد بصورة تدريجية مع زيادة الطول الموجي لجميع الأغشية، وأنها تقل مع زيادة سمك الأغشية، إذ إن أعلى قيم للنفاذية تم الحصول عليها قبل التلدين هي للسمك (200) nm عند مدى الطول الموجي (800-1000)nm، وسبب قلة النفاذية مع زيادة السمك هو اعتمادها بنحو كبير على عامل السمك، إذ يؤدي دوراً كبيراً وفعالاً، إذ بزيادة سمك الأغشية تقل نفاذية الغشاء ويرجع السبب في ذلك إلى أن السمك الكبير يؤدي إلى زيادة الامتصاص البصري، وبالتالي توهين جزء كبير من الإشعاع الساقط على الغشاء.

تم حساب معامل الامتصاص (α) للأغشية المحضرة بسمك (t) من طيف الامتصاصية A من المعادلة الاتية [11]

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

حيث ان: A : الامتصاصية ، t : سمك الغشاء

دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة
بطريقة التبخير الحراري في الفراغ

علي كاظم تقي

يوضح الشكل (3) تغير معامل الامتصاص (α) كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$)، اذ يلاحظ ان قيم معامل الامتصاص $\leq 10^4 \text{ cm}^{-1}$ وهذا يدل على احتمالية كبيرة للانتقالات الالكترونية المباشرة عند الطاقات العاليه، كما يلاحظ من المنحنيات ان معامل الامتصاص بشكل عام يزداد بزيادة طاقة الفوتون في مدى الطاقات eV (1.2-2.2) ثم يزداد بشكل سريع قرب حافة الامتصاص بعد ذلك وهذا يتفق مع ما توصلت إليه الدراسات [9,8,6].
تم حساب فجوة الطاقة البصريه (E_g^{opt}) استنادا الى المعادلة الاتية [12]:

$$\alpha h\nu = \beta(h\nu - E_g^{\text{opt}})^r \dots\dots\dots (5)$$

حيث ان :

$h\nu$: طاقة الفوتون الممتص

β : ثابت

E_g^{opt} : فجوة الطاقة البصرية

α : معامل الامتصاص

r : معامل يعتمد على نوع الانتقال، حيث ان $r = 1/2$ لان نوع الانتقال هو مباشر مسموح .

ومن رسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ وطاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) ومد الجزء المستقيم من المنحني المرسوم ليتقاطع مع محور طاقة الفوتون الساقط عند النقطة $[(\alpha h\nu)^2 = 0]$ ، نحصل على قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح ولجميع الأغشية المحضرة.

يوضح الشكل (4) نقصان فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر للأغشية المحضرة بزيادة السمك . وأن سبب هذه النقصان يعود إلى أن زيادة السمك قد تتسبب في تقليل العيوب البلورية كالفراغات والفجوات (vacancies) وبالتالي تقليل المستويات الموضعية قرب حزمي التكافؤ والتوصيل مما يؤدي إلى نقصان في قيمة فجوة الطاقة، وقد ادرجت قيم فجوة الطاقة للأغشية الثلاثة في الجدول (3).
وتم حساب معامل الانكسار من المعادلة الاتية [13]:

$$n_o = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (K_o^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \dots\dots\dots (6)$$

حيث يمثل R الانعكاسية و K_o معامل الخمود المحسوبة من المعادلتين الاتيتين [13]:

$$R = 1 - T - A \dots\dots\dots (7) , \quad K_o = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \dots\dots\dots (8)$$

حيث ان :

A : الامتصاصيه ؛ T : النفاذيه ؛ λ : الطول الموجي الساقط ؛ α : معامل الامتصاص

يبين الشكل (5) زيادة معامل الانكسار بزيادة السمك وقد يُعزا السبب الى ان زيادة السمك

تعمل على زيادة في تحسين التركيب البلوري وانتظامه للأغشية المحضرة، وهذا ما يتفق مع

زيادة شدة القمم بزيادة السمك. كما يلاحظ أيضاً زحف قمم معامل الانكسار نحو الطاقات الفوتونية

الواطئة، وهذا ما يتفق مع نقصان فجوة الطاقة البصرية بزيادة السمك.

دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة
بطريقة التبخير الحراري في الفراغ
علي كاظم تقى

الاستنتاجات

أظهرت نتائج فحوصات الأشعة السينية لأغشية (CdO) النقية ذات سُمك (400,300,200) nm أن الأغشية كانت متعددة التبلور ولها تركيباً مكعباً مع هيمنة الاتجاه [111] مع زيادة معدل الحجم الحبيبي بزيادة السُمك وتناقص فجوة الطاقة الممنوعة للانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة بزيادة السمك . اما بالنسبة لمعامل الامتصاص البصري فقد وجد انه يزداد بشكل سريع بزيادة طاقة الفوتون مما يعطي اشارته واضحة على امكانية استخدام هذا النوع من الاغشية في تصنيع الخلايا الشمسية والكواشف البصرية في مديات الضوء المرئي .

المصادر

1. M. Mahaboob, M. Anusuya, and V. Saravanan., International Journal of Chemical Engineering and Applications, "Characterization of CdO Thin Films", Vol. 1, No. 2, pp. 151-154, (2010).
2. مؤيد جبرائيل يوسف، "فيزياء الحالة الصلبة"، الجزء الثاني، جامعة بغداد، (1989).
3. H. K. Al-Ogili, Eng. and Tech. Journal, "Effect of Thickness to the Structure Properties of CdO Thin Films", Vol. 29, No. 8, pp. 1536- 1544, (2011).
4. R.K. Gupta, University of Memphis, Highly conducting and transparent tin-doped CdO thin films for optoelectronic applications, Materials letters, Vol. 62, No. 25, pp. 4103-4105, (2008).
5. T. K. Subramanyam, "Preparation and characterization of CdO films deposited by dc magnetron reactive sputtering", Materials Letters, Vol. 57, No. 2, pp. 35-42, (1997).
6. R. S. Rusu and G. I. Rusu, "the electrical and optical characteristics of CdO thin films" Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 7, No. 2, pp. 823-828, (2005).
7. A. A. Dakhel, and F. Z. Henari, "Optical characterization of thermally evaporated thin CdO films", Cryst. Res. Technol. Vol. 38, No. 11, pp. 979-985, (2003).
8. H. Kadhim, "Effect of Thickness to the Structure Properties of CdO Thin Films", Eng. and Tech. Journal Vol. 29, No. 8, pp. 1536-1544, (2011).
9. R. Balu, and S. Nagarethinam, "Optical and Electrical Properties of CdO Thin Film", Journal of Electron Devices, Vol. 12, pp. 739-749. (2012).
10. J. S. Blakmore, "Solid State Physics", Cambridge Press, 2nd Edition, (1986).
11. J. I. Pankove, "Optical Processes in Semiconductors", Prentice-Hall, New Jersey, (1971).

دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة
بطريقة التبخير الحراري في الفراغ
علي كاظم تقى

12. Li. J. Yang, J. Jian, , and Y. Sun., ” Effects of Sn-doping on morphology and optical properties Of CdTe polycrystalline films”, Journal of Semiconductors ,Vol.10,No.10, pp.2611-2615, (2008).
13. M.K. Kamil , “ Optoelectronic properties of (CdO) thin film doped with(Se) “ M.Sc. thesis ,University Of Baghdad , (2012).

الجدول (1) مقارنة النتائج المستحصلة من نماذج حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد الكاديوم المحضرة بمدى سمك (400,300,200) nm بنتائج بطاقة (ASTM) لـ (CdO) المرقمة (05-0640)

Sample	2 θ ASTM	2 θ pres.work	d(Å) (ASTM)	d (Å) pres.work	(hkl) (ASTM)	a(Å) (ASTM)	a (Å) pres.work
CdO 200nm	33.000	33.3022	2.7120	2.6882	111	4.6958	4.6560
CdO 300nm	33.000	33.1897	2.7120	2.6971	111	4.6958	4.6715
CdO 400nm	33.000	33.1663	2.7120	2.6989	111	4.6958	4.6973

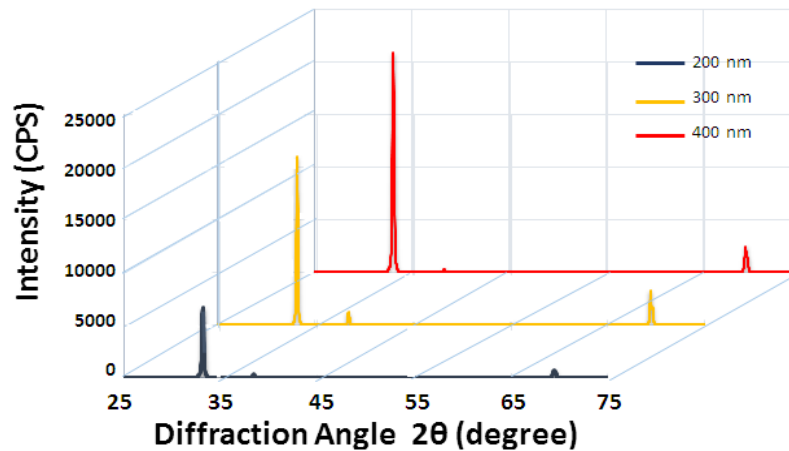
الجدول (2) النتائج المستحصلة من نماذج حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد الكاديوم للاغشية المحضرة

Sample	FWHM (deg)	G.S nm	$\sigma \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$	$N_0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$
CdO 200nm	0.2487	34.82319	0.8246	0.9472
CdO 300nm	0.2106	41.11106	0.5917	0.5757
CdO 400nm	0.1821	47.54235	0.4424	0.3722

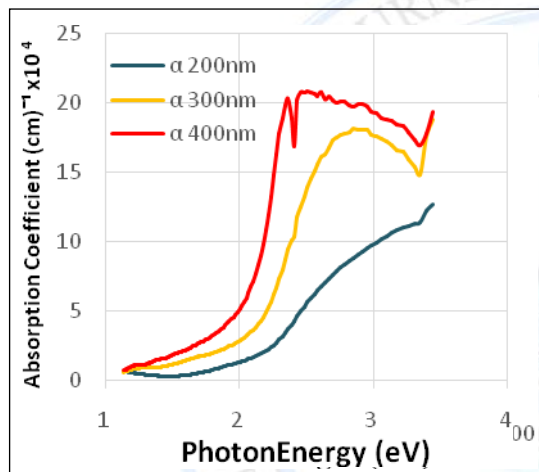
الجدول (3) قيم فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح لأغشية أكسيد الكاديوم المحضرة

Sample	Eg (eV)
CdO 200nm	2.47
CdO 300nm	2.24
CdO 400nm	2.13

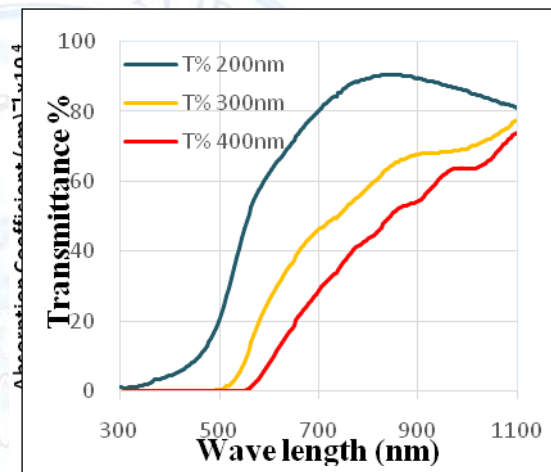
دراسة تأثير السمك على بعض الخواص التركيبية والبصرية لأغشية (CdO) الرقيقة المحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ
علي كاظم تقى



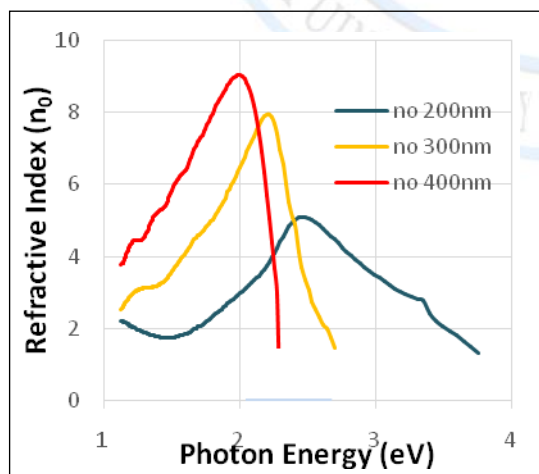
شكل (1) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء (CdO) بدرجة حرارة الغرفة بمدى سمك (400,300,200) nm



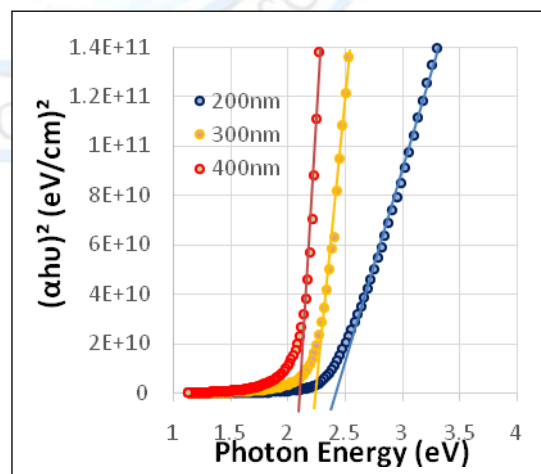
شكل (3) تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) بمدى سمك (400,300,200)nm



شكل (2) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية (CdO) بمدى سمك (400,300,200)nm



شكل (5) تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (CdO) بمدى سمك (400,300,200)nm



شكل (4) فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر لأغشية (CdO) بمدى سمك (400,300,200)nm