

دراسة الخواص الضوئية والبنوية لأغشية رقيقة من المركب $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$ بسماكات مختلفة محضرة بطريقة التبخير الحراري

د. أحمد اليحيى*

الملخص

جرى في هذا العمل دراسة الخواص البنوية والضوئية لأغشية رقيقة محضرة بطريقة التبخير الحراري من المركب $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$ بالسماكات الآتية: (, 600 nm , 400 nm , 800 nm). أظهر تحليل طيوف الانعراج بالأشعة السينية (XRD) أن هذه الأغشية تمتلك بنية متعددة التبلور. كما بينت دراسة بنية هذه الأغشية بواسطة مجهر القوة الذرية (AFM)، أن مقاس حبيباتها المشكّلة يتناقص بزيادة سماكة الأغشية، وأن خشونة الأغشية تتناقص أيضاً مع زيادة سماكتها.

كما درست الخواص الضوئية للأغشية في المجال (350-800 nm) وذلك بهدف تقدير المتحولات الضوئية للأغشية، والتي تتضمن قرينة الانكسار، وثابت العزل الكهربائي بقسميه الحقيقي (ϵ_1) والتخيلي (ϵ_2) وعرض الفجوة الطاقية (E_g) ومعامل التخميد (k) والناقلية الضوئية (σ). واعتماداً على ما سبق لوحظ ارتباط غير مطرد لقيم هذه المتحولات بسماكة تلك الأغشية المحضرة، وفسر هذا بسبب العشوائية أو العيوب البنوية الناتجة عن دخول عنصر القصدير بنسبة 20 % في بنية التركيب المدروس $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$. كما لوحظ تناقص عرض الفجوة الطاقية (E_g) للأغشية مع زيادة سماكة الغشاء.

الكلمات المفتاحية: المركب $Cd-Sn-Te$ ، غشاء رقيق، مقاس الحبيبات، فجوة الطاقة الضوئية، النفاذية، الانعكاسية، الامتصاصية، معامل الامتصاص، ثابت العزل.

* قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة دمشق.

Investigation the Optical and Structure Properties Of The $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$ Thin Films With different Thicknesses Deposited by Thermal Evaporation

Dr. Ahmad Alyahya*

Abstract

In this work, the structure and optical properties were studied for the $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$ thin films prepared by thermal evaporation method with the following thicknesses: 400 nm, 600 nm, 800 nm were studied. The XRD phase analysis of the powder showed a polycrystalline structural. The surface analysis by the atomic force microscope (AFM) showed that the grain size of the prepared films decreases when increasing the films thickness and the films roughness also decreases when increasing the film thickness.

Also, the optical properties of the films were investigated in the range (350-800 nm) to estimate the film optical parameters, such as the refractive index, dielectric constant in real part (ϵ_1) and imaginary part (ϵ_2), the energy gap (E_g), the extinction coefficient (k) and optical conductivity (σ).

Based on this study, an indirect relationship was observed with the values of these parameters with the film thickness. This could be explained by the randomness and structural defects resulting from existence of the 10% Sn in the studied $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$ thin films.

A decrease in the energy gap (E_g) of the thin films was observed by increasing the film thickness.

key words: Cd-Sn-Te compound, thin films, grain size, Energy gap, transmittance, reflectivity, absorbance, absorption coefficient, dielectric constant

* Department of Physics, Faculty of Science, University of Damascus.

1- مقدمة:

تعتبر المركبات الشالكوجينية الزجاجية (ChG's)، ذات أهمية كبيرة من وجهتي نظر الفيزياء والتكنولوجيا كونها تمتلك بنية مرنة وتنوعاً كبيراً في الخواص وقابلية كبيرة للإشابة وتشكيل الخلائط. لذلك فهي تعد من أهم المواد في التطبيقات الضوئية، وتصنيع الأجهزة الكهروضوئية (الخلايا الشمسية، الألياف البصرية، التصوير الضوئي) والذاكر بنوعها الكهربائي والضوئي (PRAM, DVD).

تعد دراسة الخواص الضوئية لأنصاف النواقل وتقدير ثوابتها الضوئية ذات أهمية كبيرة في تحديد المعاملات الأساسية لانتقالاتها الإلكترونية، إضافة إلى ذلك فهي تزودنا بمعلومات حول بنية العصابات الطاقية لتلك المركبات. إن الخواص الضوئية للشالكوجينات الزجاجية قليلة الحساسية وذلك نتيجة لعدم الإشباع التكافؤي ووجود شوائب قليلة الفعالية مقارنة مع أقرانها من أنصاف النواقل البلورية [1,2].

تستخدم المركبات CdTe (ChG's) الغنية بعنصر التيلوريوم لتصنيع أقراص تسجيل البيانات، إضافة إلى ذلك فهي تستخدم بشكل واسع في الصناعة. بالرغم من أن هذه المركبات تبدي مقاومة عالية ومتانة مرتفعة وجودة في خواصها الضوئية والكهربائية، ولكن تبقى للمركبات الثنائية بعض المعوقات التي تحد من تطبيقاتها. لذلك فإن إضافة مكون ثالث للمركب CdTe يمكن أن تؤدي إلى تغيرات ملحوظة في معظم خواصه. وبالتالي فإن إضافة عنصر القصدير (Sn) لهذا المركب يمكن أن يوسع منطقة التشكل الزجاجي، وربما يحدث فوضى وعشوائية مرغوبة في تركيبه، تؤدي بدورها لإحداث تغير كبير في خواصه الضوئية والبنوية والحرارية [3,4].

2- مواد وطرائق البحث:

1-2 تحضير العينات: حُضرت عينات من المركب الشالكوجيني $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$ وفق طريقة الإخماد الحراري المباشر من الحالة المصهورة (melt quenching) (technique) [5] كما يلي:

أُخذ مسحوق مواد خام ذات نقاوة عالية هي (Cd, Te, Sn, purity/99.99%). وُزنت وفق النسب المطلوبة بواسطة ميزان حساس وبدقة 10^{-4} g، ثم وُضعت في أنبوب كوارتز وُحِّلِي عند ضغط منخفض (10^{-4} Pa) لمدة نصف ساعة، مع إقفال الأنبوب بلحمه باستخدام فرد لهب عند الدرجة 1300°C . جرى تسخين العينات بمعدل $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ في فرن حتى الدرجة 800°C لمدة ثمان ساعات مع التحريك المنتظم، للحصول على أفضل تجانس ممكن وبعد ذلك تم إخماد الأنابيب مباشرة في مزيج من الماء الثلجي، لتفادي حدوث كسر أو شرخ في الأنبوب أو العينة الزجاجية. ولتقليل التوتر الداخلي الناتج عن عملية الإخماد، أعيدت الأنابيب إلى الفرن وجرى تلدينها لمدة خمس ساعات عند الدرجة 40°C والتي هي تحت حرارة التحول الزجاجي T_g بعد ذلك طُحنت قوالب العينات الناتجة بواسطة مطحنة سيراميكية فتم الحصول على العينات بشكل مسحوق ناعم. استخدم هذا المسحوق لتحضير أغشية رقيقة بتقنية التبخير الحراري (thermal evaporation).

2-2 تحضير الأغشية الرقيقة: استخدمت منظومة التغطية عالية الخلاء JSM200-J03، تحت الضغط 10^{-6} mbar وبمعدل ترسيب ($7-10 \text{ \AA} \cdot \text{s}^{-1}$) في تحضير أغشية من النظام الشالكوجيني المذكور آنفاً وبالسماكات التالية: (400 nm, 600 nm, 800 nm)، وتم قياس سماكة الأغشية المحضرة باستخدام بلورة من الكوارتز من النوع CT200 موجودة ضمن حجرة التبخير.

3-2 الأجهزة المستخدمة وطرق القياس:

جرى التحليل الطوري للعينات المحضرة باستخدام تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) من النوع (STOE STADI P, Diffractometer) ومجهر القوة الذرية (AFM) طراز (Easy Scan 2 Flex AFM) صنع سويسرا وفق طريقة النقر (Tapping - mode).

يبين الجدول (1) شروط قياس طيف XRD للعينات المدروسة.

الجدول (1) شروط قياس طيف XRD للعينات المدروسة

Diffractometer	Scan Mode	Scan Type	PSD Range [°]	PSD Step
STOE STADIP Transmission	Transmission	2θ:α (2θ-θ)	5.88	0.50 (Linear PSD)
Radiation (Cu Kα) λ [nm]	2θ [°]	Time/Step [sec]	Number of Steps	Data Collection Time - Total
0.154060	20 - 100	30	171	01:25 - 01:31 [hh:mm]
Generator / Monochromator	Step size Δ2θ [°]	Divergence Slit	Sample Spinner	Temperature - Humidity
40kV - 30 mA / Curved Ge(111)	0.02	6 mm	Yes	24.25 °C - 43.05 %

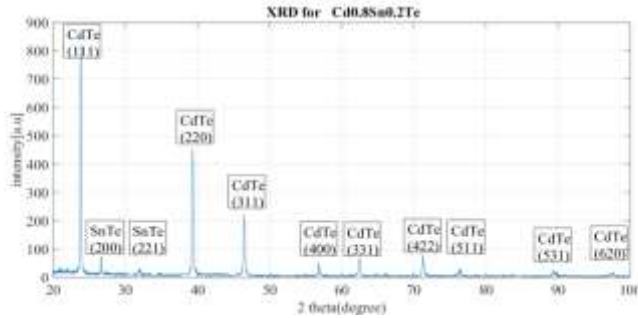
جرت قياسات النفوذية $T = f(\lambda)$ والانعكاسية $R = f(\lambda)$ الموافقة للأغشية المحضرة بواسطة جهاز مطيافية (UV-VIS spectrometer carry5000) مدعوم بحاسوب من نوع (optizen 2120uv plus). تمت هذه القياسات بشروط ورود الناظمي ودرجة حرارة الغرفة والمجال الطيفي [350 nm-800 nm] وبدقة قياس 0.004، فاصل مسح 1 nm، وقدرة فصل 0.3 nm.

3- النتائج والمناقشة:

3-1 نتائج الدراسة البنيوية:

3-1-1 نتائج التحليل الطوري بالأشعة السينية:

يبين الشكل (1) طيف انعراج الأشعة السينية XRD للمسحوق $Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te$ المحضّر.



الشكل (1) طيف XRD للمسحوق المحضّر

جرى التحليل الطوري للطف المبين في الشكل (1) من تقدير المسافات بين المستويات البلورية d_{hkl} باستخدام علاقة براغ ($d_{hkl} = \lambda / 2 \sin \theta$) وحُدث الأطوار المكونة للعينة المدروسة من مقارنة القيم التجريبية d_{hkl} وشداتها مع قيم معيارية متوفرة في مكتبة الجمعية الأمريكية لاختبار المواد ASTM وذلك باستخدام برنامج (search - match).

وتبين من التحليل أن العينات موضع البحث موافقة للكروت ذي الرقم (15-770) وتبدي سلوكاً متعدد التبلور. كما أظهر التحليل الطوري أن بنية العينة المدروسة تتكون من طورين بلوريين هما SnTe، dTe .

أيضاً دُرست المعاملات البنوية، كمقاس الحبيبات، والإجهاد وكثافة الانخلاعات في بنية المسحوق المحضر، وجرى تقدير متوسط مقاس الحبيبات D باستخدام علاقة شيرر [6]:

$$D = \frac{0.94 \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \quad (1)$$

حيث λ : طول موجة الأشعة السينية المستخدمة و β : العرض عند منتصف القمة العظمى و θ : زاوية براغ.

كما قُدر أيضاً معامل الإجهاد من العلاقة [6]:

$$\varepsilon = \frac{\beta \cdot \cos \theta}{4} \quad (2)$$

وكثافة الانخلاعات δ من العلاقة [6]:

$$\delta = \frac{1}{D^2} \quad (3)$$

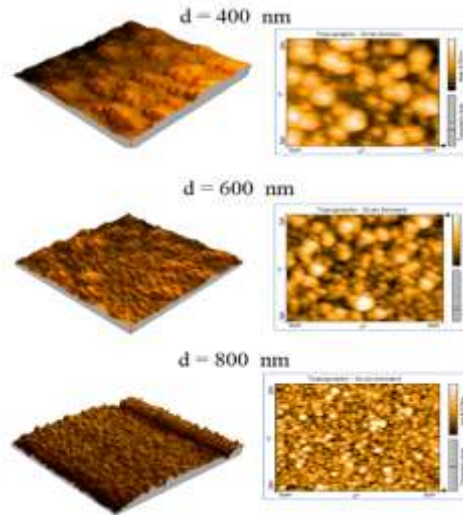
يُبين الجدول (2)، نتائج التحليل الطوري للأغشية المدروسة وحسابات معاملات بنيتها وهذا يتفق بشكل جيد مع [7].

الجدول (2) نتائج التحليل الطوري للأغشية المدروسة ومعاملات بنيتها

2θ (degree)	hkl	d_{hkl} (\AA)	FWHM (rad)	D (nm)	E	δ (lin/nm^2)
23.84	(111) CdTe	3.742	0.0029	50.2	72×10^{-5}	40×10^{-5}
26.68	(220) SnTe	3.342	0.0025	59.2	61×10^{-5}	29×10^{-5}
32.14	(221) SnTe	2.783	0.0054	28.0	129×10^{-5}	127×10^{-5}
39.36	(220) CdTe	2.290	0.0025	60.4	60×10^{-5}	27×10^{-5}
46.48	(311) CdTe	1.954	0.0040	39.3	92×10^{-5}	65×10^{-5}
56.82	(400) CdTe	1.619	0.0043	37.9	96×10^{-5}	70×10^{-5}
62.52	(331) CdTe	1.488	0.0050	34.2	106×10^{-5}	86×10^{-5}
71.27	(422) CdTe	1.323	0.0056	31.9	114×10^{-5}	98×10^{-5}
76.36	(511) CdTe	1.247	0.0060	31.1	116×10^{-5}	103×10^{-5}
84.66	(531) CdTe	1.095	0.0072	27.0	134×10^{-5}	137×10^{-5}
89.44	(620) CdTe	1.025	0.0084	24.3	149×10^{-5}	169×10^{-5}

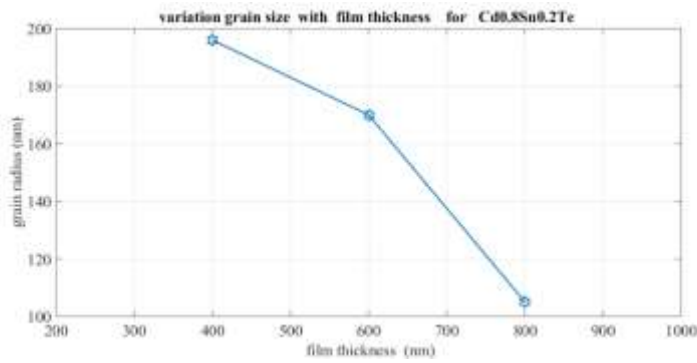
3-1-2 نتائج التصوير بمجهر القوة الذرية:

يبين الشكل (2) صور مجهرية ثنائية وثلاثية الأبعاد ($2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$) لبنية سطح الأغشية المحضرة بواسطة مجهر القوة الذرية (AFM) وبسماكات مختلفة.



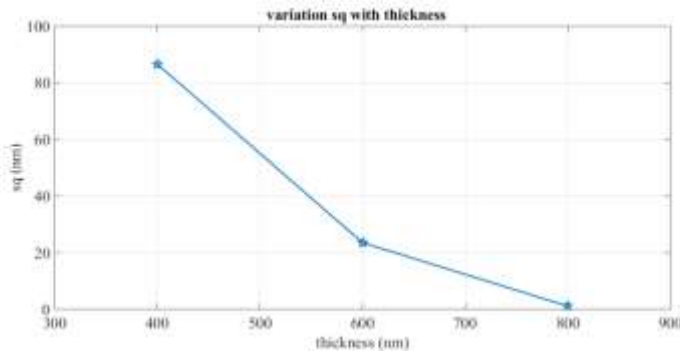
الشكل (2) صور مجهرية AFM ثنائية الأبعاد وثلاثية الأبعاد لبنية سطح الأغشية المحضرة بسماكات مختلفة

يبين الشكل (3) تغير أبعاد حبيبات الأغشية المقاسة بواسطة مجهر القوة الذرية بتغير سماكة الغشاء، واتضح بأن أبعاد الحبيبات تتناقص مع زيادة سماكة الغشاء. يلاحظ من الشكل (3) تناقص أبعاد الحبيبات مع زيادة سماكة الغشاء ويمكن أن يعزى ذلك بسبب زيادة العرض عند منتصف القمة العظمى (β) .



الشكل (3) تغير أبعاد الحبيبات مع تغير سماكة الغشاء

يبين الشكل (4) تغير خشونة الأغشية المحضرة مع تغير سماكتها. يلاحظ من هذا الشكل بأنها تتناقص مع زيادة سماكة الغشاء.

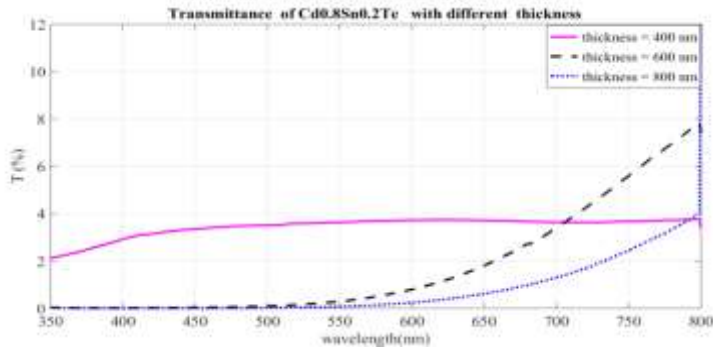


الشكل (4) تغير خشونة الأغشية المحضرة مع تغير سماكتها

2-3 دراسة الخواص الضوئية للأغشية المحضرة:

1-2-3 دراسة أطياف النفاذية:

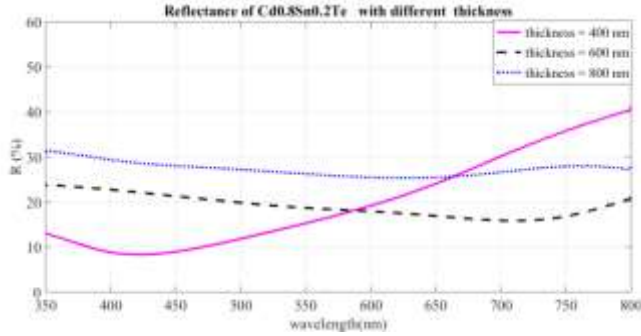
يُبين الشكل (5) أطياف النفاذية للأغشية المدروسة، ضمن شروط الورد الناظمي وفي مجال الأطوال الموجية [350nm-800nm]. يُشير هذا الشكل إلى أن النفاذية لهذه الأغشية تتناقص مع زيادة سماكتها ضمن المجال [350 - 700 nm]، وتزداد مع زيادة الطول الموجي.



الشكل (5) أطياف النفاذية للأغشية المدروسة

3-2-2 دراسة أطياف الانعكاسية:

يُبين الشكل (6) أطياف الانعكاسية للأغشية المدروسة باستخدام مقياس الطيف المزود بكرة تكاملية بحالة ورود النّاطمي، وذلك ضمن مجال الأطوال الموجية [350nm-800nm].



الشكل (6) أطياف الانعكاسية للأغشية المدروسة

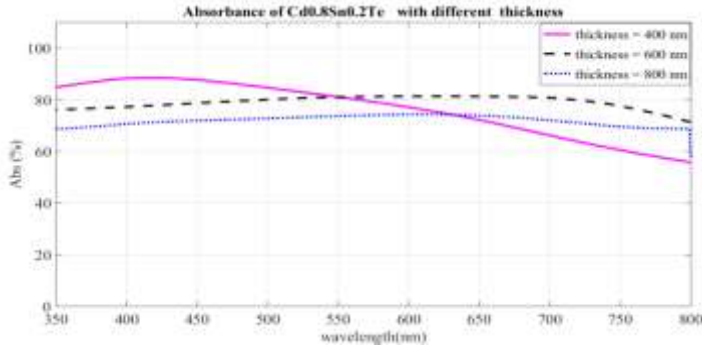
3-2-3 دراسة أطياف الامتصاصية:

بناءً على أطياف النفوذية والانعكاسية تم حساب أطياف الامتصاصية اعتماداً على علاقة انحفاظ الطاقة [8] ضمن المجال [350nm-800nm]:

$$A + T + R = 1 \quad (4)$$

حيث A: الامتصاصية و T: النفوذية و R: الانعكاسية.

يُبين الشكل (7) أن الامتصاصية تمتلك أعلى قيمة لها في المجال المرئي، وهذا ما يعزز إمكانية استخدام هذه الأغشية كخلايا شمسية. كما يُلاحظ أن الامتصاصية تتناقص مع زيادة سماكة الغشاء ضمن المجال [350nm-800nm]، وتتنقص بزيادة الطول الموجي. وهي بذلك تسلك سلوكاً معاكساً لطيف النفوذية، وذلك لأنّ زيادة الطول الموجي يقابلها نقصان في طاقة الفوتون. وعندما تصبح طاقة الفوتون أقل من قيمة الفجوة الطاقية E_g يكون غير قادراً على إثارة الإلكترونات ونقلها من ذبول عصابة التكافؤ الى ذبول عصابة الناقلية، وهذا ما يتوافق مع [9].



الشكل (7) أطيف الامتصاصية للأغشية المدروسة

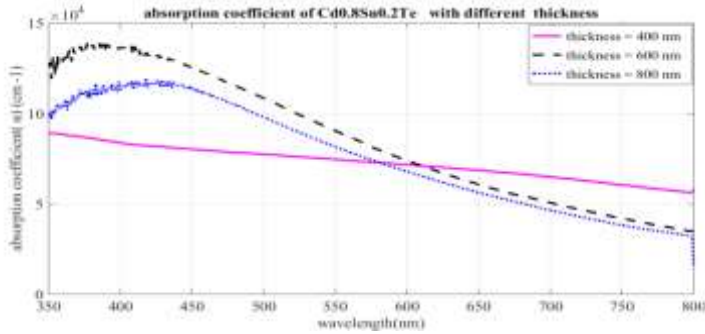
3-2-4 دراسة معامل الامتصاص:

جرى تقدير معامل الامتصاص α للأغشية المحضرة باستخدام العلاقة التالية [10]:

$$\alpha = -\frac{1}{d} \cdot \ln \frac{T}{(1-R)^2} \quad (5)$$

حيث d: سماكة الغشاء.

يُبين الشكل (8) تغيرات معامل الامتصاص المحسوب بدلالة الطول الموجي للأغشية المحضرة بسماكات مختلفة.



الشكل (8) تابعة معامل الامتصاص المحسوب بدلالة الطول الموجي للأغشية المحضرة بسماكات مختلفة

يلاحظ من الشكل (8) أن معامل الامتصاص يسلك سلوكاً مشابهاً لأطياف الامتصاصية، ويبلغ أعظم قيمة له في المجال المرئي، ويتناقص بزيادة الطول الموجي. إضافة إلى ذلك فإن معامل الامتصاص يزداد مع زيادة سماكة الغشاء، وذلك بسبب الانخفاض في العيوب البنوية والانخفاض في عيوب التراص (stacking faults) وهي نوع من العيوب المستوية [9].

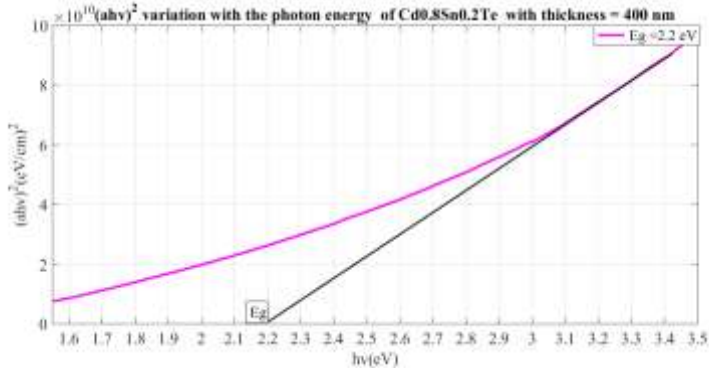
3-2-5 دراسة عرض الفجوة الطاقية للأغشية المحضرة:

جرى حساب عرض الفجوة الطاقية E_g : للانتقالات الضوئية المباشرة تبعاً لعلاقة تاك (Tauc)[10]:

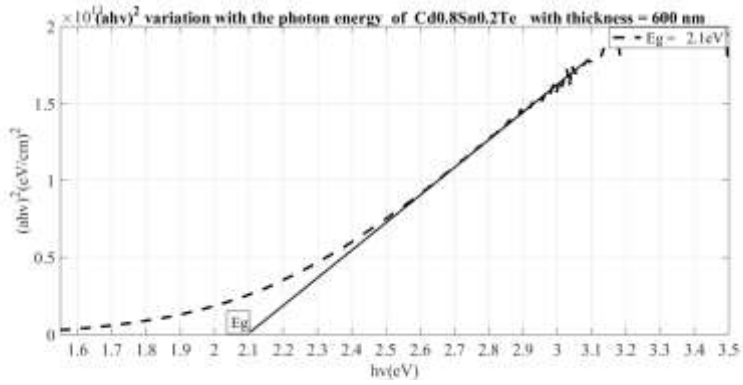
$$\alpha(h\nu) = A(h\nu - E_g)^m \quad (6)$$

ويأخذ المواعمة الخطية (fitting) للجزء الأكثر استقامة من المنحني $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$ ، وبمعامل مواعمة $R^2 \approx 0.99$ ، فتكون قيمة E_g هي نقطة تقاطع امتداد الجزء المستقيم لهذا المنحني مع المحور $h\nu$ ، والنتائج مبيّنة في الأشكال: (9)، (10)، (11)، (12).

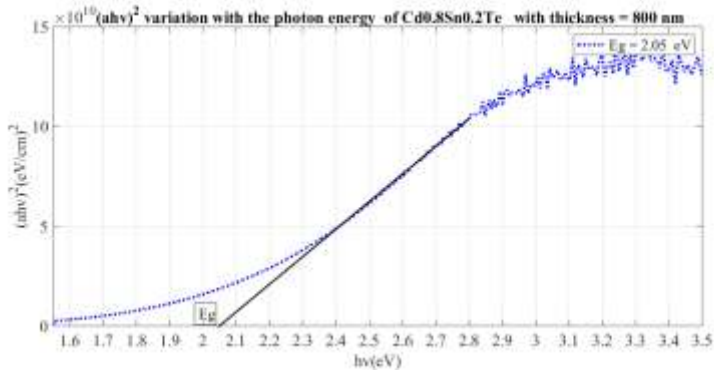
يلاحظ من الشكل (12) تناقص قيمة عرض الفجوة الطاقية E_g بزيادة سماكة الغشاء من القيمة 2.2 eV إلى القيمة 2.05 eV ويرتبط هذا التناقص في E_g بزيادة فرق الكهرسلبية بين عناصر التركيب المدروس Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te أو اعتماداً على مفعول الأثر الكمومي. فعندما تكون الحبيبات صغيرة المقاس تكون مستويات الطاقة منفصلة (مكمّاة)، وعند ازدياد مقاس الحبيبات تقترب مستويات الطاقة من بعضها لتصبح مستمرة [11] وهذه النتائج توافق النتائج الواردة في المرجع [9].



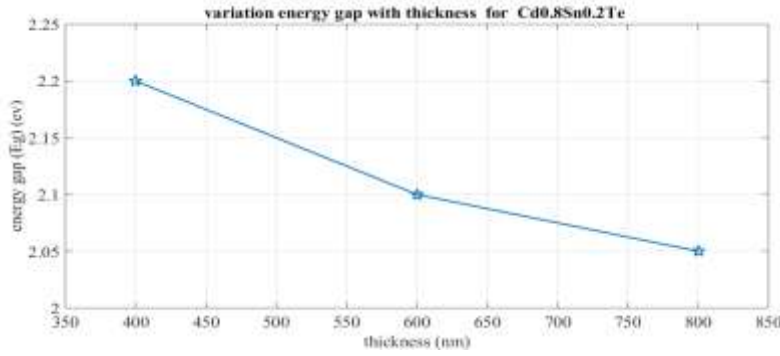
الشكل (9) حساب فجوة الطاقة من علاقة تاك للغشاء ذي السماكة 400 nm



الشكل (10) حساب فجوة الطاقة من علاقة تاك للغشاء ذي السماكة 600 nm



الشكل (11) حساب فجوة الطاقة من علاقة تاك للغشاء ذي السماكة 800 nm



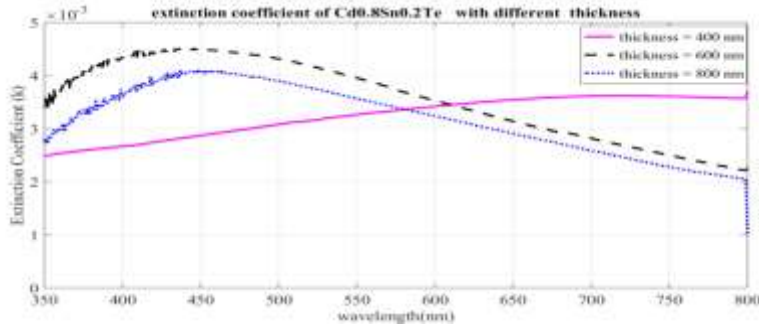
الشكل (12) تغير قيم فجوة الطاقة بتغير سماكة الغشاء

3-2-6 دراسة معامل التخميد للأغشية المحضرة:

يعرف معامل التخميد K بأنه كمية ما تمتصه إلكترونات المادة المدروسة من طاقة فوتونات الإشعاع الساقط عليها. ويرتبط معامل التخميد بمعامل الامتصاص بالعلاقة التالية [13]:

$$K = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \quad (7)$$

يبين الشكل (13) العلاقة بين معامل التخميد وطول موجة الضوء الوارد على أغشية التركيب المدروس (Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te)، وذلك ضمن المجال [350nm-800nm]. يتضح من الشكل (13) تناقص معامل التخميد بزيادة الطول الموجي حتى 800nm. ويمكن أن يُعزى ذلك للقيمة العالية لمعامل الامتصاص في هذا المجال من الأطوال الموجية. كما يوضح هذا الشكل تزايد معامل التخميد بزيادة سماكة الغشاء المدروس. يبدي معامل التخميد سلوكاً مماثلاً لسلوك معامل الامتصاص. وهذه النتائج على توافق مع نتائج أعمال سابقة [13,14].



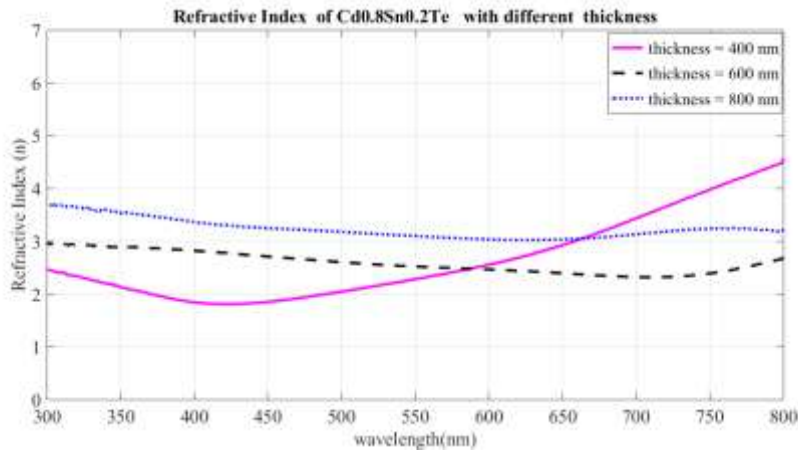
الشكل (13) تغيرات معامل التخميد بتغير طول موجة الضوء الوارد لمختلف الأغشية المدروسة

3-2-7 دراسة قرينة انكسار الأغشية المحضرة:

جرت دراسة تابعة قرينة الانكسار n للأغشية المحضرة بدلالة الطول الموجي وضمن المجال الضوئي [350nm-800nm]، اعتماداً على العلاقة التالية [15]:

$$n = \sqrt{\frac{4R}{(R-1)^2} - K^2} - \frac{(R+1)}{(R-1)} \quad (8)$$

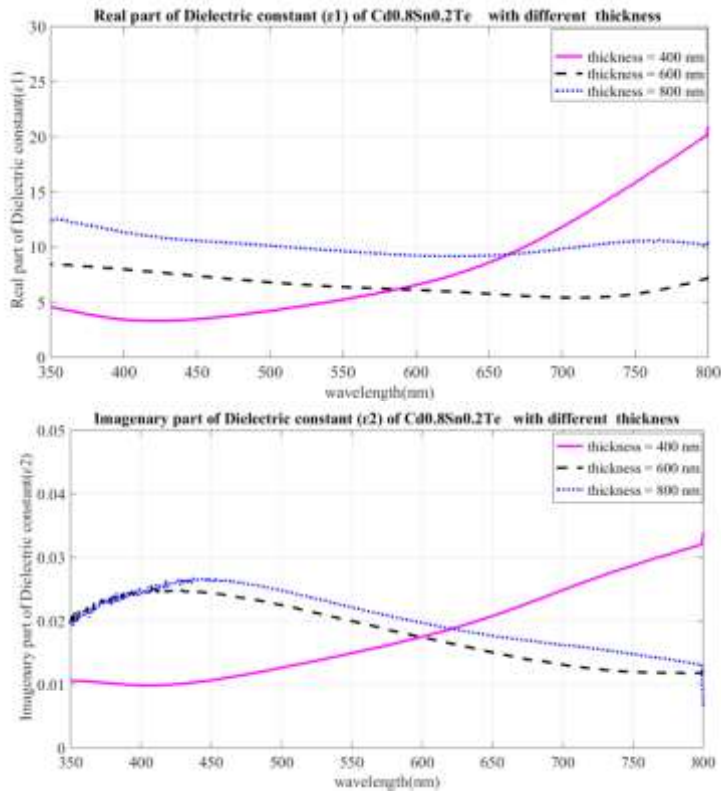
يُبين الشكل (14) تابعة قرينة الانكسار كتابع للطول الموجي $n = f(\lambda)$ لمختلف الأغشية المدروسة. يتضح من هذا الشكل تزايد قرينة الانكسار بزيادة الطول الموجي للفوتون الوارد، ويعزى مثل هذا السلوك الى زيادة النفوذية وتناقص معامل الامتصاص بزيادة الطول الموجي، والذي يعكس التشتت المعتاد للضوء على المادة. يمكننا أيضاً من هذا الشكل ملاحظة زيادة قرينة الانكسار بزيادة سماكة الغشاء المدروس. يفسر مثل هذا السلوك بناءً على مفهوم الاستقطابية، الذي يؤكد بأن الذرة ذات نصف القطر الأكبر يكون لها استقطابية أعلى.



الشكل (14) تابعة قرينة الانكسار كتابع لطول الموجة $n = f(\lambda)$ لأغشية التركيب المدروس

3-2-8 دراسة ثابت عازلية الأغشية المحضرة:

يُظهر الشكل (15) تغير كل من القسم الحقيقي (ϵ_1) الذي تم حسابه من العلاقة $(\epsilon_1 = n^2 - k^2)$ والقسم التخيلي (ϵ_2) الذي تم حسابه من العلاقة $(\epsilon_2 = 2nk)$ [17] لثابت العازلية بتغير طول موجة الضوء الوارد. يُلاحظ من الشكل المذكور أن ϵ_1 و ϵ_2 لهما نفس سلوك كل من n و k على التوالي بتغير سماكة الغشاء المدروس.



الشكل (15) تغير كل من القسم الحقيقي ϵ_1 والقسم التخيلي ϵ_2 لثابت العازلية بتغير طول موجة الضوء الوارد

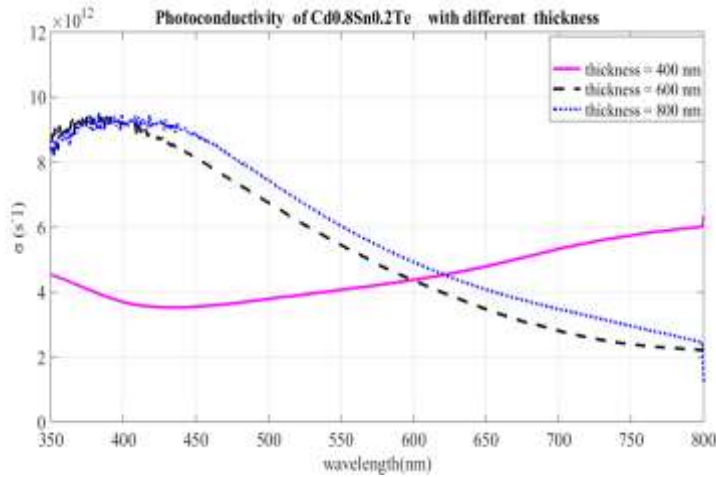
3-2-9 دراسة الناقلية الضوئية للأغشية المحضرة:

تم حساب الناقلية الضوئية σ من العلاقة التالية [18]:

$$\sigma = \frac{\alpha \cdot n \cdot c}{4\pi} \quad (9)$$

حيث c سرعة الضوء في الخلاء. تعتمد الناقلية الضوئية اعتماداً مباشراً على معامل الامتصاص وقرينة الانكسار. يظهر الشكل (16) أن الناقلية الضوئية تنقص عند

القيم العالية للطول الموجي، ويعود ذلك للقيم المنخفضة لكل من معامل الامتصاص وقرينة الانكسار في هذا المجال للطول الموجي. كما يتضح أيضاً من الشكل (16) أن الناقلية الضوئية تنقص بزيادة سماكة الغشاء المدروس. كما تبين فإن التناقص في عرض الفجوة الطاقية يؤثر أيضاً في الناقلية الضوئية للتركيب المدروس Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te والتي وجد أنها تزداد بتناقص سماكة الغشاء [19].



الشكل (16) تغيرات الناقلية الضوئية كتابع للطول الموجي بتغير سماكة الغشاء

4- الخلاصة:

أبدت الأغشية الرقيقة للمركب المدروس (Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te) والمحضرة بتقنية التبخير الحراري، تجانساً جيداً من حيث التحضير والترسيب. كما أظهر طيف الـ XRD الطبيعة البلورية المتعددة لمسحوق المركب المدروس (Cd_{0.8}Sn_{0.2}Te). تم التوصيف الضوئي للأغشية المدروسة بتحليل طيف النفاذية $T(\lambda)$ في المجال [350nm-800nm]. وحساب الخواص الضوئية ($\epsilon_1, \epsilon_2, n, \sigma, E_g$). والنتائج تلخصت بالنقاط التالية:

- انزياح حافة الامتصاص الذاتي باتجاه الطاقات المنخفضة، وذلك مع زيادة سماكة الغشاء المدروس.
- تزايدت قيمة قرينة الانكسار n بتزايد سماكة الغشاء المدروس.
- تناقص قيم كل من قرينة الانكسار n ومعامل التخميد k بزيادة الطول الموجي بسبب التشتت المعتاد للضوء على المادة المدروسة.
- الامتصاص الضوئي لهذه الأغشية بسببه الانتقالات المباشرة، وتم حساب E_g في منطقة الامتصاص العالي وفقاً لاستقراء Tau_k والتي أظهرت تناقصاً مع زيادة سماكة الغشاء المدروس.
- أبدت مركبتي تابع ثابت العازلية للأغشية المحضرة (ϵ_1, ϵ_1) والناقلية الضوئية σ سلوكاً مماثلاً لسلوك قرينة الانكسار n .

References:

- [1] J.Sanghera, I. Aggarwal,(1999). "Active and passive chalcogenide glass optical fibers for IR applications: a review." *Journal of Non-Crystalline Solids* 256: 6-16.
- [2] A.Zakery, S. Elliot,(2003). "Applications of Chalcogenide Glasses in Electronics and Optoelectronics: A Review." *Journal of Non-Crystalline Solids* 330: 1-12.
- [3] J.Quiñones-Galván, et al. (2016). "Structural properties of Sn-doped CdTe thin films grown by pulsed laser deposition using powder as target." *Journal of Laser Applications* 28(3):1-5.
- [4] I.Aggarwal, J.Sanghera,(2002). "Development and applications of chalcogenide glass optical fibers at NRL." *J. Optoelectron. Adv. Mater* 4(3): 665-678.
- [5] F.A .Abdel-Wahab., H.M .Maksoud., M.F.Kotkata. (2006). Investigations of the conduction mechanism and relaxation properties of semiconductor Sm doped a-Se films. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 39: 190
- [6] K. Baranbo, et al. (2013). "Analytical and Experimental Study of Structural and optical properties of thermally evaporated CdTe thin films." Damascus University. *Journal for the Basic Sciences* 29(1): 137-147.
- [7] Li Jin, Yang Linyu, et al. (2009) Effects of Sn-doping on morphology and optical properties of CdTe polycrystalline films. *Xinjiang University. Journal of Semiconductors*.30(11):1-4.
- [8]Schardt, Craig. Russel, (2000). Photodarkening of Germanium-Selenium Glasses Induced by Below-Bandgap Light, State University System of Florida.
- [9]N.Makori, et al, (2014). "Optical and electrical properties of SnSe thin films for solar cell applications." *American Journal of Condensed Matter Physics* 4(5): 87-90.
- [10] H.S. Nalwa,.(2000).Handbook of Thin Film Materials.(USA),(2000)
- [11] S.Wemple, and M. DiDomenicoJr (1971). "Behavior of the electronic dielectric constant in covalent and ionic materials." *Physical Review B* 3(4): 1338.

- [12] Ariswan, (2014, 19, February). "Structural, Chemical Composition and Optical Properties of CdTe Fabricated by Vacuum Evaporation Technique." *Advanced Materials Research*: 896, 497-501.
- [13] R.K. Pan, H.Z. Tao, H.C. Zang, X.J. Zhao, T.J. Zhang, (2010). "Optical properties of pulsed laser deposited amorphous (GeSe)₂ 100- x-Bix films." *Applied Physics A*, 99, 889.
- [14] K. Sakthivel, et al. (2009). Structural and optical studies of hot wall vacuum evaporated CdTeSn thin films. *Advanced Materials Research*, 76-86.
- [15] I. Sharma, S.K. Tripathi, P.B. Barman. (2008). "Effect of Bi addition on the optical behavior of a-Ge-Se-In-Bi thin films" *Applied Surface Science*. Volume 255: 2791-2795.
- [16] J. Gonzalez-Leal, et al. (2003). "Optical properties of thermally evaporated amorphous As₄₀S_{60-x}Se_x films." *Journal of Non-Crystalline Solids* 315(1-2): 134-143.
- [17] A. E. B Alwany, et al. (2015). "Investigation of the Effect of Film Thickness and Heat Treatment on the Optical Properties of TeSeSn Thin Films." *World Journal of Condensed Matter Physics* 5(03): 220.
- [18] S. H. Wemple, M. DiDomenico. (1971). "Behavior of the electronic dielectric constant in covalent and ionic materials." *Physical Review B*, 3, 1338.
- [19] R. Tintu, K. Sulakhna, K. Saurav, V. P.N. Nampoory, P. Radhakrishnan, S. Thomas. (2010). "Ge₂₈Se₆₀Sb₁₂/PVA composite films for photonic applications." *Journal of Non-Oxide Glasses*, 2, 174.