

تأثير التلدين في الخواص التركيبية والبصرية لأغشية SnS الرقيقة

هند ضاري عواد المفرجي

دائرة بحوث المواد /وزارة العلوم والتكنولوجيا

عبد الحميد رحيم مهدي الصراف

قسم الفيزياء / كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم) / جامعة بغداد

رامز احمد محمد الانصاري

قسم الفيزياء / كلية العلوم للبنات / جامعة بغداد

نادر فاضل حبوبى

قسم الفيزياء / كلية التربية / الجامعة المستنصرية

استلم في: 2 حزيران 2014 قبل في: 1 ايلول 2014

الخلاصة

حضرت اغشية رقيقة من احادي كيريتيد القصدير SnS النقية وبسمك $0.85\mu\text{m}$ بتقنية الرش الكيميائي الحراري، وبعد ذلك عولجت الأغشية حراريا لمدة ساعتين بدرجة حرارة 673K و درس تأثير التلدين في الخصائص التركيبية والبصرية للأغشية المحضرة. اظهرت نتائج حيود الأشعة السينية ان الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع المعيني القائم (Orthorhombic). وان عملية التلدين ادت الى زيادة في شدة المستويات عن قيمتها قبل التلدين مما ادى الى زيادة في معدل الحجم الحبيبي، كما تم في هذا البحث دراسة الخواص البصرية للأغشية كافة من خلال تسجيل طيف الامتصاصية والنفاذية لمدى الأطوال الموجية $(300-900)\text{nm}$ ، اذ حسبت فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر الممنوع والانتقال غير المباشر المسموح ولوحظ نقصان قيم فجوة الطاقة للانتقالين المباشر الممنوع، وغير المباشر المسموح بعد التلدين. كما حسبت الثوابت البصرية (معامل الامتصاص، ومعامل الخمود، ومعامل الانكسار، و ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي) بوصفها دالة لطاقة الفوتون للأغشية المحضرة ودراسة تأثير التلدين فيها.

الكلمات المفتاحية: الأغشية الرقيقة، اغشية SnS، الرش الكيميائي الحراري، التلدين.

المقدمة

تعد تقنية الأغشية الرقيقة واحدة من أهم التقنيات التي ساهمت في تطور دراسة أشباه الموصلات واعطت فكرة واضحة عن العديد من خواصها الفيزيائية والكيميائية [1]، ولأحادي كبريتيد القصدير أهمية كبيرة، إذ يستعمل في كثير من التطبيقات الشمسية فهو يستخدم بوصفه نافذة للخلايا الشمسية لأن له معامل امتصاص عال في منطقة الطيف المرئي، ويستعمل مخففات للانعكاس لأن انعكاسيته قليلة في هذه المنطقة ويدخل في تصنيع الخلايا الشمسية ذات المفارق الهجينية [2،3].

الهدف من البحث الحالي هو تحضير غشاء احادي كبريتيد القصدير بسلك $0.85\mu\text{m}$ ودراسة اثر التلدين فيه وذلك لغرض دراسة :-

- 1- التركيب البلوري لـ SnS وحساب معدل الحجم الحبيبي قبل التلدين وبعده.
- 2- طبيعة الانتقالات الألكترونية للأغشية المحضرة كافة .
- 3- حساب بعض الثوابت البصرية للأغشية المحضرة كافة، مثل (معامل الأمتصاص ، ومعامل الأنكسار ، ومعامل الخمود ، وثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي . كل العوامل السابقة بوصفها دالة لطاقة الفوتون . لغرض تصنيع طبقة من SnS ذات استقرارية عالية تصلح في التطبيقات الألكتروبصرية ونوافذ الخلايا الشمسية.

الجانب النظري

ينتج طيف الأمتصاص من ظاهرة فقدان في الطاقة الناتجة من التفاعل الحاصل بين الضوء والشحنات التي تحويها المادة [4] عندما تسقط حزمة ضوئية على غشاء شدته (I_0) فالشعاع النافذ تكون شدته (I) حسب قانون Lambert [5,6]

$$I = I_0 e^{-\alpha t} \dots \dots \dots (1)$$

α : معامل الأمتصاص يعرف بانسه نسبة التناقص في فيض طاقة الأشعاع الساقط بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه أنتشار الموجة داخل الوسط، t سمك الغشاء الرقيق بوحدات (cm).
و يمكن كتابة العلاقة (1) بالصيغة الآتية :-

$$\text{Ln} \frac{I}{I_0} = -\alpha t \dots \dots \dots (2)$$

$$\alpha t = 2.303 \text{Log} \frac{I_0}{I} \dots \dots \dots (3)$$

وبما ان المقدار يمثل الأمتصاصية ($\text{Log} \frac{I_0}{I}$) (Absorbance A) لمادة الغشاء فيمكن كتابة المعادلة (3) بالصيغة الآتية:

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

ويعتمد معامل الأمتصاص على خواص شبه الموصل من حيث فجوة الطاقة البصرية، ونوع الانتقالات الألكترونية التي تحدث بين حزم طاقته.
وتحسب طاقة الفوتون الساقط ($h\nu$) من العلاقة الآتية:-

$$h\nu \text{ (eV)} = (1240/\lambda) \dots \dots \dots (5)$$

اذ λ : الطول الموجي مقاس ب (nm)
ان السمة المميزة المشتركة في مخطط الأمتصاص عندما تصبح طاقة الأشعاع الممتص مساوية تقريبا الى فجوة الطاقة الأساسية للأمتصاص للمادة وان دراسة موقع الحافة الأساسية وتركيبها يعطي معلومات عن فجوة الطاقة وعن خواص حزم الطاقة اعلاها واسفلها [7].
ففي حالة كون الأنتقال غير عمودي من اعلى نقطة في قمة حزمة التكافؤ الى اوطأ نقطة في قعر حزمة التوصيل فإن هذا النوع من الأنتقال يدعى بالأنتقال غير المباشر المسموح ومعامل الأمتصاص لهذا النوع من الأنتقالات يمكن الحصول عليه من المعادلة الآتية [8]:

$$\alpha h\nu = B_1 (h\nu - E_g^{\text{opt}} \pm E_{\text{ph}})^r \dots \dots \dots (6)$$

اذ ان E_{ph} : طاقة الفونون ، B_1 : ثابت يعتمد على نوع المادة.
اما عندما يكون الأنتقال عموديا من النقاط المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ الى نقاط مجاورة لأوطأ نقطة في حزمة التوصيل فإن هذا النوع من الأنتقال يدعى بالأنتقال المباشر الممنوع ومعامل الأمتصاص لهذا النوع من الأنتقالات يمكن الحصول عليه من المعادلة الآتية:

$$\alpha h\nu = B_0 (h\nu - E_g^{\text{opt}})^r \dots \dots \dots (7)$$

اذ:-

r : معامل اسي، B_0 : ثابت يعتمد على نوع المادة، $h\nu$: طاقة الفوتون بوحدات eV
 E_g^{opt} :- فجوة الطاقة البصرية بوحدات eV

وان قيمة r تساوي (1/2) في حالة الأنتقال غير المباشر المسموح و (2/3) في حالة الأنتقال المباشر الممنوع.

يتم حساب الانعكاسية R_o من العلاقة الآتية [9] :-

$$R_o + A + T = 1 \dots \dots \dots (8)$$

التي تمثل النسبة بين الشعاع المنعكس والشعاع الساقط عند الحد الفاصل بين وسطين .

اذ ان A : الأمتصاصية ، T : النفاذية

يعد معامل الخمود الجزء الخيالي لمعامل الانكسار المعقد ، وهو الانحلال الأسي للموجة داخل المادة و يمكن حساب معامل الخمود من المعادلة :-

$$k = \frac{\alpha \lambda}{4 \pi} \dots \dots \dots (9)$$

اذ ان :-

λ :- الطول الموجي للأشعة الساقطة.

ويمكن التعبير عن معامل الانكسار بالمعادلة الآتية:-

$$n_o = \left[\left(\frac{1+R_o}{1-R_o} \right)^2 - (k^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R_o}{1-R_o} \dots \dots \dots (10)$$

وتحدث عملية فقدان الطاقة في المادة بسبب التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط وما ينتج عنه من استقطاب لشحنات الوسط

ويوصف هذا الاستقطاب عادة بثابت العزل الكهربائي المعقد للوسط والذي يعرف بالعلاقة الآتية:-

$$\epsilon = \epsilon_1 - i \epsilon_2 \dots \dots \dots (11)$$

اذ ان :-

ϵ :- ثابت العزل المعقد ، ϵ_1 :- الجزء الحقيقي من ثابت العزل ،

ϵ_2 :- الجزء الخيالي من ثابت العزل .

ويرتبط (ϵ) مع معامل الانكسار المعقد بالعلاقة :-

$$n^* = \sqrt{\epsilon} \dots \dots \dots (12)$$

ومن المعادلة (12) و (11) ينتج الآتي:

$$\epsilon_1 = n_o^2 - k^2 \dots \dots \dots (13)$$

$$\epsilon_2 = 2n_o k \dots \dots \dots (14)$$

الجانب العملي

حضرت اغشية SnS بأستخدام منظومة الرش الكيميائي الحراري التي تتكون من (مسخن حراري – اسطوانة غاز النتروجين – جهاز الرش – حامل حديدي)، جهاز الرش التقليدي مصنوع من الزجاج الأعتيادي يحتوي على خزان اسطواني، لكن خلال مدة البحث وجد أنه من المشاكل التي تواجهها في أثناء عملية الرش هو عدم ثبوت معدل الرش (الذي يعد من العوامل المؤثرة في تحضير الأغشية الرقيقة ، اذ يؤثر في عدد قطرات السائل المتدفقة من جهاز الرش ومن ثم على تجانس الغشاء وسمكه ، لذلك كلما تمكنا من جعل معدل الرش ثابتاً خلال مدة اجراء التجربة كان الغشاء المحضر ذا تجانس عال اي خال من الأنخلاعات والتشققات والجزر ولايحتوي على مناطق داكنة واخرى فاتحة) . ان سبب عدم ثبوت معدل الرش في الجهاز التقليدي هو تغير ارتفاع السائل في خزان جهاز الرش بمرور الوقت ويعد هذا من العوامل التي تؤثر في معدل الرش حسب المعادلة الآتية :

$$Q = A_o \sqrt{2gh}$$

حيث ان

Q :- معدل الرش ، A_o :- المساحة التي نتحكم بها من الصمام، g :- التعجيل الأرضي، h :- ارتفاع السائل في الخزان.

وهذه المعادلة هي احدى تطبيقات معادلة برنولي ولقد اشتقت هذه المعادلة من معادلة برنولي كما ياتي [10] :

$$P_1 + \frac{\rho C_1^2}{2} + \rho g Z_1 = P_2 + \frac{\rho C_2^2}{2} + \rho g Z_2 \dots \dots \dots (15)$$

نلاحظ من الشكل (1) الذي يمثل جهاز الرش التقليدي الذي فيه المستويان 1 و 2 ، اذ يمثل المستوى 1 سطح السائل في الخزان الذي يبعد عن نقطة معلومة (datum) ب Z_1 والمستوى 2 يمثل فتحة الصمام التي تبعد عن النقطة المعلومة ب Z_2 وان المقدار ($Z_1 - Z_2$) يمثل ارتفاع السائل في الخزان h ، اما P_1 و P_2 فيمثلان الضغط عند المنطقتين 1 و 2 اللذان يساويان في هذا التطبيق الضغط الجوي. A_1 تمثل مساحة سطح السائل في الخزان، اما ρ فتمثل كثافة السائل.

$$P_1 = P_2$$

(المنطقتان معرضتان للضغط الجوي)

$$C_1 A_1 = C_2 A_o$$

معادلة الأستمرارية

سرعة انخفاض السائل في المستوي 1 و C_2 سرعة تدفق السائل في المستوي 2 ومن معادلة الأستمرارية نجد ان :

$$C_1 = C_2 \left(\frac{A_0}{A_1} \right) \dots \dots \dots (16)$$

$$A_1 \gg \gg A_0$$

لكن

$$\frac{A_0}{A_1} \approx 0$$

$$\therefore C_1 \approx 0$$

تعوض في (15)

$$\rho g (Z_1 - Z_2) = \frac{\rho C_2^2}{2}$$

$$\therefore C_2 = \sqrt{2gh}$$

$$Q = C_2 A_0$$

معادلة الأستمرارية

$$Q = A_0 \sqrt{2gh} \dots \dots \dots (17)$$

لذلك نستنتج من المعادلة (17) في اثناء اجراء التجربة فإن ارتفاع السائل في الخزان سوف يقل ومن ثم تتغير قيمة الـ Q اي يكون معدل الرش غير ثابت لذلك يجب أن نثبت معدل الرش خلال تغير المساحة A_0 عن طريق الصمام الموجود في جهاز الرش . وبما أن هذا الجهاز مصنوع من الزجاج الأعتيادي لذلك تعد عملية فتح الصمام وغلقه عملية صعبة جداً وذلك نتيجة للاحتكاك الذي يحدث فضلا عن أنه يجب أن تتم هذه العملية (لغرض تثبيت معدل الرش بعد أن يتغير) خلال دقيقة أو دقيقتين بوصفه الزمن الذي يجب أن يتوقف فيه جهاز الرش لغرض عودة درجة الحرارة الى القيمة المطلوبة بعد انخفاض درجة حرارة العينة بسبب رش المحلول وغالباً ما يؤدي ذلك الى كسر الجهاز من جهة الصمام وعليه لتجنب عملية فتح الصمام وغلقه وجدنا أنه لو تمكنا من المحافظة على قيمة الـ h ثابتة خلال التجربة تبقى قيمة الـ Q ثابتة ايضا ولا نحتاج الى تغير قيمة الـ A_0 ولذلك قمنا بالآتي:

أستبدل الخزان الأسطواني للجهاز التقليدي بخزان كروي ، في هذه الحالة اذا وضعنا كمية من المحلول مقدارها 50mL في الخزان الأسطواني (حتى نلاحظ الفرق في ارتفاع السائل في الخزائين) فإن الارتفاع الذي سوف يصل اليه السائل هو:-

اذ ان الـ r تمثل نصف القطر للخزان

$$Area = \pi r^2$$

$$= 3.14 \times (1.5)^2$$

$$= 7.065 \text{ cm}^2$$

$$h = \frac{50 \text{ mL}}{7.065 \text{ cm}^2} = \frac{50 \text{ cm}^3}{7.065 \text{ cm}^2} = 7.07 \text{ cm}$$

اما الارتفاع في الخزان الكروي الذي قطره فيساوي 8cm

$$Volume = \pi h^2 \left(r - \frac{h}{3} \right)$$

$$50 = \pi h^2 \left(4 - \frac{h}{3} \right)$$

$$h = 2.2 \text{ cm}$$

ارتفاع السائل في الخزان الكروي

وبعد مرور مدة زمنية على بداية عملية التحلل نلاحظ ان ارتفاع السائل في الخزائين يبدأ بالانخفاض بشكل تدريجي ، وعلى فرض انه تم استهلاك كمية من المحلول مقدارها 25mL اي ان كمية المحلول المنبثقة في الخزان هي 25mL ايضا نجد ان تغير ارتفاع السائل في الخزان الأسطواني :-

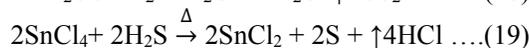
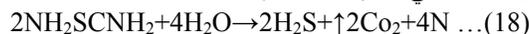
$$h = \frac{25 \text{ mL}}{7.065 \text{ cm}^2} = \frac{25 \text{ cm}^3}{7.065 \text{ cm}^2} = 3.5 \text{ cm} \rightarrow \Delta h = 3.5 \text{ cm}$$

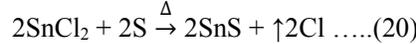
اما تغير ارتفاع السائل في الخزان الكروي فهو

$$25 = \pi h^2 \left(4 - \frac{h}{3} \right)$$

$$h = 1.5 \text{ cm} \rightarrow \Delta h = 0.7 \text{ cm}$$

الذي يحصل هو ان معدل تغير ارتفاع السائل في الخزان الكروي سوف يكون اقل من معدل تغير ارتفاع السائل في الخزان الأسطواني خلال مدة اجراء التجربة . وبذلك تمكنا من تثبيت ارتفاع السائل خلال التجربة ومن ثم ثبوت معدل الرش والحصول على نتائج افضل. والجهاز ذو الخزان الكروي مبين في الشكل (2) حضر المحلول بدرجة حرارة الغرفة بتركيز 0.3 M اذ يمزج 2.62957g من رابع كلوريد القصدير المائي $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ المذابة في (25mL) من الماء المقطر مع 0.5709g من الثايوريا NH_2SCNH_2 المذابة في كمية الماء نفسها اعلاه.





هناك عوامل عدة يجب مراعاتها في أثناء تحضير الأغشية الرقيقة تشمل، درجة حرارة القاعدة، اذ تتفق الكثير من الدراسات السابقة التي استعملت طريقة الرش الكيميائي الحراري على قيمة درجة حرارة القاعدة التي تحضر فيها الأغشية تقع ضمن المدى 373-648 K فكانت الدرجة الحرارية المناسبة التي حضرت بها الأغشية في بحثنا هي $(600 \pm 10) \text{ K}$ ، ومعدل التحلل اذ يؤثر معدل التحلل في سمك الغشاء وتجانسه، وفي دراستنا الحالية كانت قيمة معدل التحلل 7 mL/min وكان زمن التحلل 5sec ويعقب عملية التحلل توقف مدة 1min لضمان عودة درجة حرارة القاعدة الى قيمتها الأصلية ولاتمام عملية النمو البلوري.

قيس سمك الأغشية المحضرة بالطريقة الوزنية باستخدام ميزان الكتروني حساس نوع (Mettler AE- 160)، ذي حساسية 10^4 g وطريقة التداخل الضوئي التي تستند في عملها الى مبدأ التداخل الضوئي بين موجات الضوء المنعكس عن سطح الغشاء وتلك التي تنعكس عن القاعدة المرسب عليها الغشاء، اذ ان فرق الطور بين هذه الموجات يعتمد على سمك الغشاء وكان السمك $0.85 \mu\text{m}$. تم التشخيص والتعرف على التركيب البلوري لأغشية SnS النقية المرسبة على قواعد زجاجية بوساطة تقنية حيود الأشعة السينية قيست اطياف الأمتصاصية والنفاذية لأغشية SnS النقية وذلك باستخدام جهاز (UV-Visible Recording Spectrophotometer).

النتائج والمناقشة

1 - نتائج الفحوصات التركيبية

الفحص بحيود الأشعة السينية: أظهرت نتائج التشخيص بتقنية حيود الأشعة السينية أن الأغشية المحضرة كافة ذو تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع المعيني القائم (Orthorhombic). يمثل الشكل (3) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء SnS قبل التلدين، ويلاحظ وجود قمة حيود تناظر المستوى (012) الذي يمثل الاتجاه السائد، وعند مقارنة هذه النتائج مع بطاقات (ASTM - American Standard of Testing Materials) جاءت النتائج متوافقة الى حد ما، لكن هناك أراحة صغيرة لقمة حيود الأشعة السينية للأغشية المستعملة نسبة الى قمم المسحوق، وقد يعزى ذلك الى الأجهاد المجهري الميكانيكي الناتج من المصادر المختلفة مثل الشوائب، العيوب، الفراغات الكامنة في الغشاء حتى بعد المعالجة الحرارية اذ الاتجاه السائد للغشاء يعتمد على الطريقة المستعملة [11].

اما القمة الثانية في المخطط التي تظهر عند زاوية الحيود $(2\theta = 33.33^\circ)$ فهي تمثل مركب ثاني اوكسيد القصدير (SnO_2) اذ ان الكبريتات من المركبات التي تتأكسد بوجود الهواء ويزداد تركيز هذا المركب بارتفاع درجات الحرارة [12,13].

أما عند اجراء المعاملة الحرارية لغشاء SnS بدرجة حرارة 673K مدة ساعتين في الهواء تبين أن هذه العملية ادت الى زيادة ارتفاع القمة التي تناظر المستوى (012) وزيادة حدتها وأزاحة القمة نحو اليمين الى قيم 2θ اكبر، اذ تراج القمة التي تعود للمستوى (012) من $(2\theta = 26.44^\circ)$ قبل التلدين الى $(2\theta = 26.46^\circ)$ بعد التلدين، ويرافق زيادة قيم 2θ نقصان المسافات البينية من $d = 3.367 \text{ \AA}$ قبل التلدين الى $d = 3.365 \text{ \AA}$ بعد التلدين، اي أن التلدين ادى الى زيادة تبلور مادة الغشاء وهذا يعني انه تسبب في تقليل العيوب البلورية وذلك بمنح ذرات المادة الطاقة الكافية لإعادة ترتيب نفسها في الشبكة البلورية ويوضح الشكل (4) مخطط حيود الأشعة السينية لغشاء SnS بعد التلدين.

2- نتائج القياسات البصرية

أجريت دراسة الخواص البصرية لأغشية أحادي كبريتيد القصدير قبل التلدين وبعده بعد اجراء قياسات الأمتصاصية والنفاذية لجميع العينات ضمن مدى الأطوال الموجية (300-900nm).

الأمتصاصية: لقد اجريت قياسات الأمتصاصية والنفاذية لغشاء SnS قبل التلدين وبعده اذ يبين الشكل (5) تغير الأمتصاصية بوصفها دالة للطول الموجي لغشاء SnS بسمك $0.8 \mu\text{m}$ قبل التلدين وبعده اذ نلاحظ أن التلدين تسبب في زيادة الأمتصاصية فتزداد تبعاً لذلك حدة حافة الأمتصاص، وأن سبب ذلك هو لزيادة الحجم الحبيبي للأغشية المرسبة فضلاً عن ظهور ثاني اوكسيد القصدير (SnO_2) في أثناء تحضير غشاء (SnS) الذي يعد شائبة مما تسبب في زيادة الأمتصاصية.

معامل الأمتصاص: استناداً الى المعادلة (4) حسب معامل الأمتصاص من طيف الأمتصاصية لغشاء SnS ويلاحظ من الشكل (6) تغير معامل الأمتصاص بوصفه دالة لطاقة الفوتون لغشاء SnS بسمك $0.8 \mu\text{m}$ قبل التلدين وبعده اذ نلاحظ ان التلدين تسبب في زيادة معامل الأمتصاص عما كانت عليه قبل التلدين اذ ان اقصى قيمة لمعامل الأمتصاص لأغشية SnS كانت $(3.85 \times 10^4) \text{ cm}^{-1}$ قبل التلدين. اما بعد التلدين بدرجة حرارة 673K بلغت قيمته $(5.71 \times 10^4) \text{ cm}^{-1}$ ويعزى سبب ذلك الى زيادة في كثافة الحالات في حزمة التوصيل.

حساب فجوة الطاقة البصرية E_g^{opt}

1- فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر الممنوع

حسبت فجوة الطاقة البصرية للأنتقال المباشر الممنوع بأستعمال المعادلة (7) لذلك نرسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^{2/3}$ وطاقة الفوتون عند $[(\alpha h\nu)^{2/3} = 0]$ فنحصل على قيمة فجوة الطاقة البصرية للأنتقال المباشر الممنوع، الشكل (7) علاقة تغير $(\alpha h\nu)^{2/3}$ بوصفها دالة لطاقة الفوتون لغشاء SnS قبل التلدين وبعده اذ نلاحظ ان قيم فجوة الطاقة البصرية للأنتقال المباشر الممنوع تقل بعد التلدين، ويعزى السبب في ذلك الى ان التلدين ادى الى ازاحة حافة الأمتصاص نحو الطاقات الفوتونية الواطئة وذلك لأنه ادى الى زيادة درجة التبلور. أن قيم فجوة الطاقة لأغشية SnS قبل التلدين التي حصلنا عليها تقارب نتيجة الدراسة السابقة التي توصل اليها الباحث EL-Nahass [14] وآخرون (2.33)eV ويعزى هذا التباين الى اختلاف طريقة تحضير الأغشية وظروف التحضير.

2- حساب فجوة الطاقة البصرية للأنتقال غير المباشر المسموح

حسبت فجوة الطاقة البصرية للأنتقال غير المباشر المسموح بأستعمال المعادلة (6) ، لذلك نرسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^{1/2}$ وطاقة الفوتون عند $[(\alpha h\nu)^{1/2} = 0]$ فنحصل على قيمة الطاقة البصرية للأنتقال غير المباشر المسموح . يبين لنا الشكل (6) علاقة تغير $(\alpha h\nu)^{1/2}$ بوصفها دالة لطاقة الفوتون لغشاء SnS قبل التلدين وبعده حيث نلاحظ نقصان قيم فجوة الطاقة بعد التلدين)، ويعزى ذلك الى أن التلدين أدى الى ازاحة حافة الأمتصاص نحو الطاقات الفوتونية الواطئة وذلك لأنه ادى الى زيادة درجة التبلور.

الانعكاسية

حسبت انعكاسية اغشية SnS من المعادلة (8) ، يبين الشكل (9) تغير الانعكاسية لأغشية SnS بوصفها دالة للطول الموجي، اذ نلاحظ ان التلدين تسبب في ازاحة قمم منحنيات الانعكاسية نحو الأطوال الموجية القصيرة (الطاقات الفوتونية العالية) وكذلك تزايد قليل في قيم الانعكاسية، وقد يعزى ذلك الى التحسن في التركيب البلوري

معامل الخمود

حسبت معامل الخمود بأستخدام المعادلة (9) ، ويوضح الشكل (10) تأثير التلدين في قيم معامل الخمود، ومن خلال الشكل نستطيع ملاحظة التشابه في طبيعة منحنى معامل الخمود مع منحنى معامل الأمتصاص وتغيرهما مع طاقة الفوتون ،أذ ان هذا التشابه ناتج من أعتداد حساب قيم معامل الخمود على قيم معامل الأمتصاص كما هو واضح من المعادلة (9) ونلاحظ ان معامل الخمود يزداد بعد التلدين ، وتعزى هذه الزيادة الى ان التلدين عمل على زيادة معامل الأمتصاص وان معامل الخمود يسلك سلوك معامل الأمتصاص .

معامل الأتكسار

حسب معامل الأتكسار من المعادلة (10) ، يبين الشكل (11) تغير معامل الأتكسار بوصفه دالة لطاقة الفوتون لأغشية SnS قبل التلدين وبعده اذ نلاحظ ان منحنيات معامل الأتكسار تسلك سلوك منحنيات الانعكاسية نفسه، لأرتباط معامل الأتكسار مع الانعكاسية وفق المعادلة (10)، ونلاحظ ايضا ان التلدين تسبب في ازاحة قمم منحنيات معامل الأتكسار نحو الطاقات الفوتونية العالية (الأطوال الموجية القصيرة) وكذلك تزايد قليل في قيم معامل الأتكسار، ويعزى ذلك الى التحسن في التركيب البلوري .

ثابت العزل الكهربائي

يوضح الشكل (12) تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي بوصفه دالة لطاقة الفوتون لأغشية SnS قبل التلدين وبعده ، اذ يلاحظ تشابه طبيعة تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي مع معامل الأتكسار وهذا يتفق مع العلاقة (13)، اذ يكون تأثير معامل الخمود قليلا جدا مقارنة بتأثير معامل الأتكسار .

ونلاحظ ايضا ان التلدين ادى الى ازاحة قمم منحنيات الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي باتجاه الطاقات الفوتونية العالية (الأطوال الموجية القصيرة) مع تزايد في قيمته ، وهذا يعزى الى التحسن في التركيب البلوري .

يوضح الشكل (13) تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي بوصفه دالة لطاقة الفوتون لأغشية SnS قبل و التلدين وبعده ، اذ يلاحظ تشابه طبيعة تغير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي مع معامل الخمود حسب العلاقة (14) نلاحظ ان التلدين ادى الى زيادة قيمة ثابت العزل الكهربائي الخيالي وتفسير ذلك هو ان الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي يعتمد على معامل الخمود الذي يعتمد بدوره على معامل الأمتصاص.

الاستنتاجات

تبين من نتائج الفحوصات التركيبية لأغشية SnS قبل التلدين وبعده المحضرة بطريقة الرش الكيميائي الحراري انها ذو تركيب متعدد التبلور . وتمتلك الاغشية انتقالات الكترونية مباشرة ممنوعة وغير مباشرة مسموحة . و ان زيادة قيمة معامل الخمود بعد التلدين تعني ان للغشاء قابلية توهين او اخماد الأطوال الموجية الساقطة عليه اكبر و

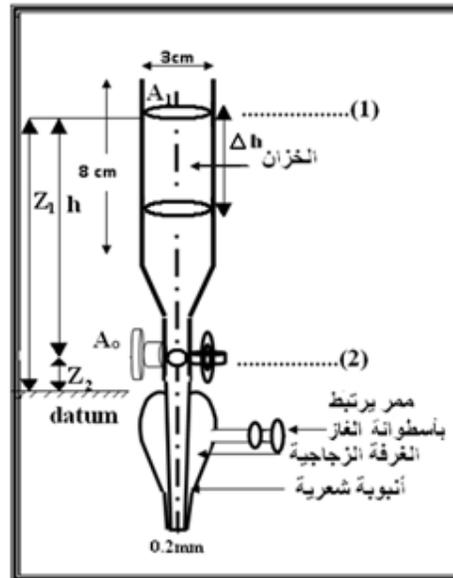
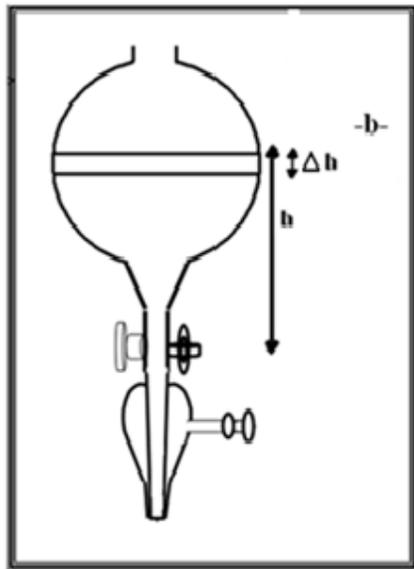
اظهرت النتائج ان للأغشية المحضرة كافة انعكاسية قليلة ضمن المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي لذلك فهي تستعمل بوصفها مخففات للانعكاس في الخلايا الشمسية ، من العوامل التي تؤثر على تجانس الغشاء ثبوت معدل الرش طوال مدة اجراء التجربة وفي التصميم المقترح في هذا البحث تمكنا من تقليل تغير ارتفاع المحلول المستعمل للرش ومن ثم ثبوت معدل الرش للمدة الزمنية المطلوبة لأجراء عملية الرش .

المصادر

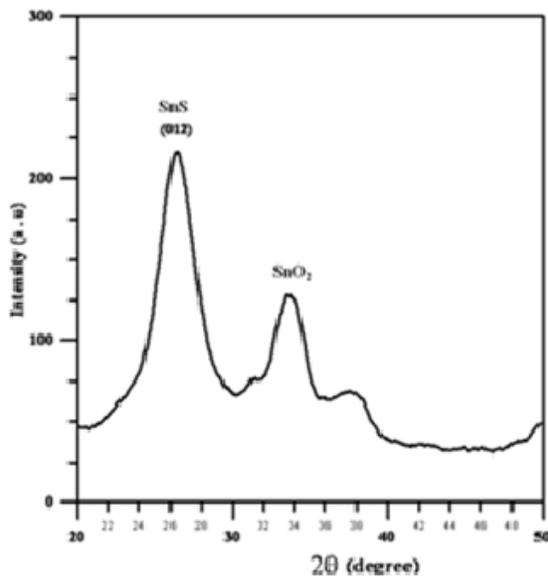
- 1- Jeyaprakash, B.G.; Ashok kumar, R.; Kesavan ,K. and Amalarani, A. ,(2010) , Structural and Optical Characterization of Spray Deposited SnS Thin Film, Journal of American Science (3) 6: 22-26.
- 2- Guneri ,E.; Gode, F. and Ulutas, C. (2010) Properties of P-Type SnS Thin Films Prepared by Chemical Bath Deposition, Chalcogenide Letters (12)7: 685-694.
- 3- Calixto-Rodriguez a, M., Martinez, H.,and Sanchez-Juarez ,A.,(2009), Structural, optical, and electrical properties of tin sulfide thin films grown by spray pyrolysis , Thin Solid Films , 517 :2497–2499.
- 4- Fadavieslam, M.; Shahtahmasebi, N. and Rezaee-Roknabadi, M. (2011), Effect of deposition conditions on the physical properties of SnxSy thin films prepared by the spray pyrolysis technique , Journal of Semiconductors, (32)11: 1-8.
- 5- Ahmed ,S.M. , Latif, L.A. ,and Salim, A.KH., (2011),The Effect Of Substrate Temperature On The Optical and Structural Properties Of Tin Sulfide Thin Films, Journal of Basrah Researches ((Sciences)),(3A/ 15) 37:1-7.
- 6 - علي محمود،نضال (2007) دراسة الخواص التركيبية والبصرية لأغشية SnS₂:Cu الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ، رسالة ماجستير ، جامعة بغداد .
- 7- Jain, P. and Arun P. ,(2013), Parameters Influencing the Optical Properties Of SnS Thin Films, Journal of Semiconductors,(9)34.
- 8- Smith ,R. (1978) , Semiconductors, 2nd edition , Cambridge University.
- 9- Callister ,W. (2003) Materials Science and engineering An introduction ,6th edition .
- 10- Zemansky, M. ; Young, H. and Sears, F. (1982) University Physics, Science-Addison-Wesley Longman , Incorporated.
- 11- Dakhel, A. ; Henari F., thin (2003),(Optical Charectrazation of thermally evaporated CdO films),Cryst.Res.Technol.,38:979-985.
- 12- Ristov, M. and Mitreski, M. (1989), (chemical deposition of TIN(II) thin film) Thin Solid Films, 173 : 53-58.
- 13- Abou Shama, A. and Zeyada, H. (2003) ,(study of Sb doped SnS thin films by chemical bath depostion Optical Materials, 24:555-561.
- 14 - EL-Nahass, M. M. ;Zeyada ,H. M. ; Aziz ,M. S. and A. EL-Ghamaz, N. (2002), Optical Materials, 20, 159-170.

جدول رقم(1):نتائج الفحص بحيود الأشعة السينية

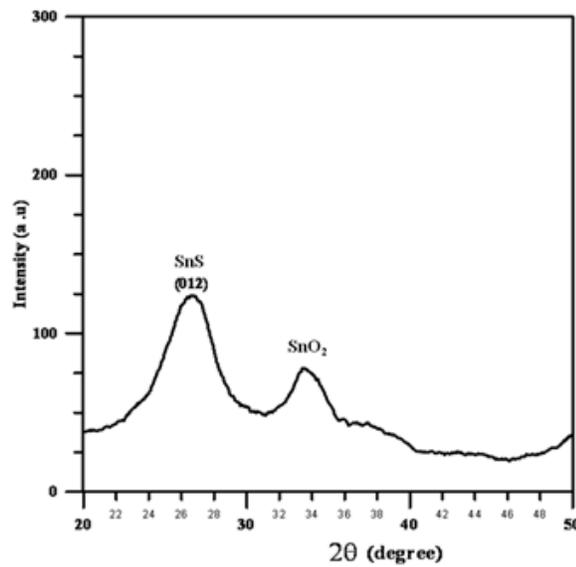
The Case	2θdegree	d exp(Å)	hkl
Befor annealing	26.44	3.367	(012)
	33.33	2.685	(102)
After annealing	26.46	3.365	(012)
	33.78	3.212	(102)



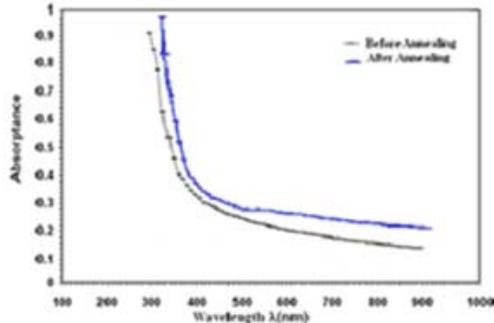
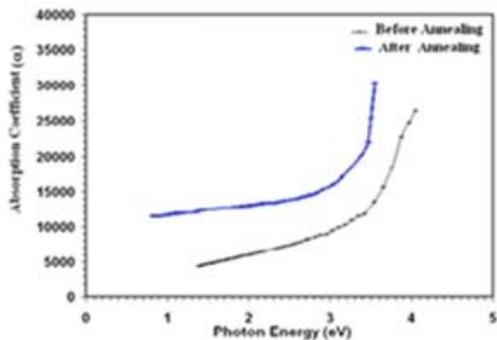
شكل رقم (1) يوضح جهاز الرش التقليدي ذا الخزان الأسطواني شكل رقم (2) يوضح الاقتراح الأول لجهاز الرش



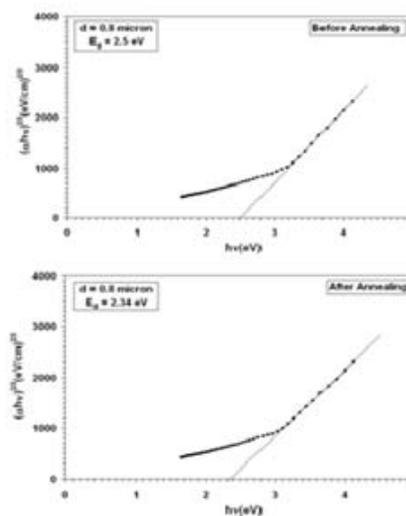
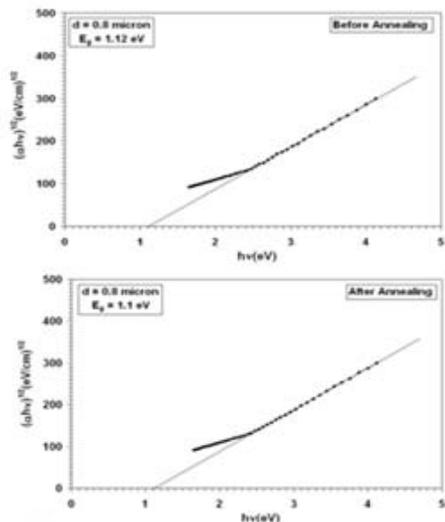
شكل (4) مخطط حيود الأشعة السينية لخشاء SnS بعد التلدين



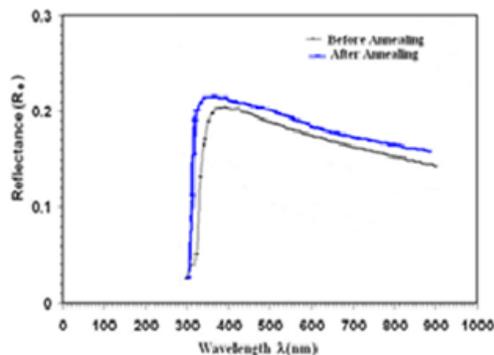
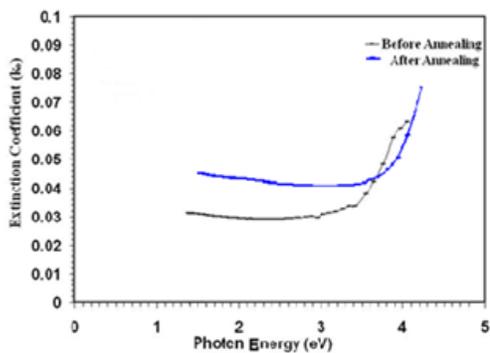
شكل (3) مخطط حيود الأشعة السينية لخشاء SnS قبل التلدين



الشكل (5) الأمتصاصية دالة للطول الموجي لسناء SnS قبل التلدين وبعده الشكل (6) معامل الأمتصاص دالة لطاقة الفوتون لسناء SnS قبل التلدين وبعده

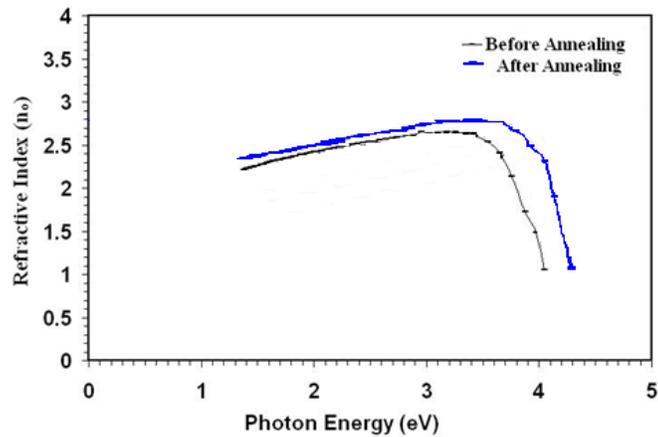


الشكل (7) نمبر $(\alpha hv)^2$ دالة لطاقة الفوتون لسناء SnS قبل التلدين وبعده في حالة الأنتقال الممتدوع الشكل (8) نمبر $(\alpha hv)^{1/2}$ دالة لطاقة الفوتون لسناء SnS قبل التلدين وبعده في حالة الأنتقال عبر المبدئ المسموح

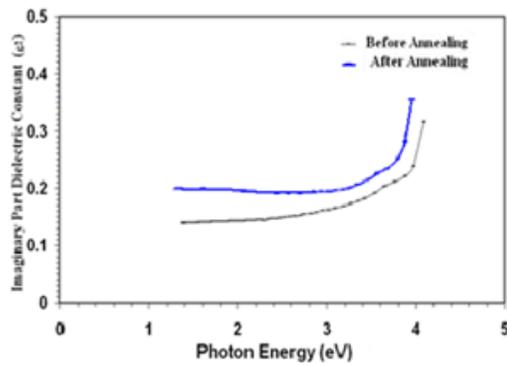


الشكل (10) معامل الامتداد دالة لطاقة الفوتون لسناء SnS قبل التلدين وبعده

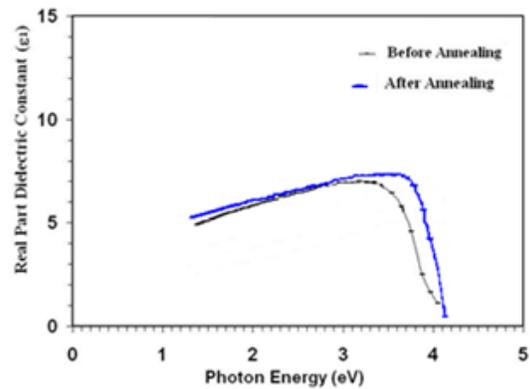
الشكل (9) الأمتصاصية لأغشية SnS دالة للطول الموجي قبل التلدين وبعده



شكل رقم (11) معامل الانكسار دالة لطاقة الفوتون لأغشية SnS قبل التلدين وبعده



الشكل (13) ثابت الجزء الخيالي دالة لطاقة الفوتون لأغشية SnS قبل التلدين وبعده.



الشكل (12) ثابت الجزء الحقيقي دالة لطاقة الفوتون لأغشية SnS قبل التلدين وبعده



The Effect of Annealing on The Structural and Optical Properties of SnS Thin Films

Hind D.A. Mfarej

Ministry of Science and Technology/ Materials Research Directorate

Abdul Hameed R. M.Al-Sarraf

Dept. of Physics/ College of education For Pure Science

Ibn Al- Haitham/University of Baghdad

Ramiz A. Mohammd Al Anssari

Dept. of Physics/College of Science for Women/University of Baghdad

Nadir F. Habubi

Dept. of Physics/College of Education /University of AL Mustansuria

Received in:2June2014 , Accepted in:1 September 2014

Abstract

Thin films of pure tin mono-sulfide SnS with thicknesses of (0.85) μm were prepared by chemical spray pyrolysis technique and annealed for two hours with 673K. The effect of annealing on structural and optical properties for films prepared was studied. X-Ray diffraction analysis showed the polycrystalline with orthorhombic structure. It was found that annealing process increased the intensity of diffraction peaks. Optical properties of all samples were studied by recording the absorption and transmission spectrum in the range of wave lengths (300-900) nm. The optical energy gap for direct forbidden transition and indirect allowed transition were evaluated .

Keyword: Thin films, SnS film, chemical spray pyrolysis technique, Annealing.