

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبة سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$) الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبة سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

الجامعة المستنصرية / كلية التربية/قسم الفيزياء

الخلاصة

حضرت أغشية رقيقة من ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$) على قواعد من زجاج البوروسليكات بتقنية التحلل الكيميائي الحراري. درست الخواص البصرية بالاعتماد على تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية لهذه الأغشية المحضرة في مدى الطيف nm (300-900) لغرض دراسة الثوابت البصرية: كالانعكاسية (R)، معامل الخمود (k_0)، معامل الانكسار (n_0) وثابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي والتوصيلية الضوئية (σ). تم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقالات الالكترونية المباشرة، وقد وجد بأنها تقل بزيادة سمك الغشاء على العكس من طاقة اوريباخ التي تزداد بازدياد السمك.

Effect of thickness on optical properties for ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$) thin films prepared by chemical spray pyrolysis technique

Kameran Y. Qader, Hiba Sa'ad Rasheed, Nadir F.Habubi, Khodair A.Mishjal

Abstract

Thin transparent film of $\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$ have been prepared on aborosilicate glass by using chemical spray pyrolysis technique. Absorptance and transmittance spectra have been recorded in the wavelength range (300-900) nm, in order to study the optical constants as Reflectance(R), refractive index (n_0), extinction coefficient(k_0), real and imaginary parts of the dielectric constant and optical conductivity(σ) .

The forbidden energy gap for both direct transitions have been calculated it was found that the energy gap decrease as the film thickness increased, on contrary with Urbach energy which increase as the film thickness increase

الكلمات المفتاحية: اغشية رقيقة، ثنائي اوكسيد القصدير، الخواص البصرية، الامتصاصية، النفاذية، فجوة الطاقة.

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبة سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

المقدمة

إن أكاسيد التوصيل الشفافة والتي يطلق عليها اختصاراً (Transparent Conductive Oxides) (TCOs)، هي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأوكسجين مثل SnO₂, In₂O₃, ZnO.^[1]

وتجمع هذه المواد بين ميزتين، إذ تتميز بارتفاع توصيليتها ونفاذيتها البصرية العالية (شفافة) فيمتد طيف النفاذية فيها ما بين (400–1500 nm)، ويعتمد ذلك على ظروف تحضير المادة وعلى الرغم من كبر فجوة طاقة هذه الأغشية فهناك إمكانية تواجد الكثرونات حرة في حزمة التوصيل.^[3]

ونتيجة لذلك نجد الدراسات الحديثة قد اتجهت إلى الاهتمام بأغشية (SnO₂) نظراً لأهميتها التكنولوجية ولما لها من تطبيقات عدة إذ تستخدم في النبائط الكهرو بصرية وفي نبائط تحويل الطاقة المباشرة في (موصل-عازل-موصل) في المجمعات الشمسية^[5,4].

وبعد ثنائي اوكسيد القصدير مادة حساسة لمختلف الغازات مما أدى إلى إجراء الكثير من البحوث في مجال متحسسات الغاز (Gas Sensors)^[6]. وقد استخدم مؤخراً في تصميم الأجهزة الباعثة للضوء فوق البنفسجي (UV)، ودايود الليزر^[7]. وتوسعت تطبيقاته حتى شملت استخدامه كنوافذ موصلة في تكنولوجيا الخلية الضوئية، كما يمكن وضع طبقة من ثنائي اوكسيد القصدير كقطب معدني في تركيب (شبه موصل- معدن)، لذا يصبح من غير الضروري استخدام شبكة جامعة (Collector Grid)^[8]. كما تستخدم كمرشحات في المدى تحت الحمراء وتبقى شفافة في المدى المرئي^[9]. يهدف البحث الحالي إلى دراسة الخصائص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu) المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.

العمل التجريبي

١- تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية (SnO₂):

I. لتحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية (SnO₂) الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري فقد استخدمت مادة كلوريدات القصدير المائية (Stanic Chloride Hydrated) ورمزها الكيميائي (SnCl₄.5H₂O) وهي عبارة عن مسحوق أبيض اللون سريع الذوبان بالماء، وقد تم تحضير المحلول بتركيز مولاري (0.1 mol/L)، وذلك بإضافة (3.5058 g) منها في (100ml) من الماء المقطر، وللحصول على الوزن المطلوب المراد إذابته ضمن العيارية السابقة استعملت العلاقة الآتية^[10]:

$$M = (W_t / M_{wt}) \cdot (1000/V) \dots\dots\dots (1)$$

إذ أن:

M: التركيز المولاري.

W_t: الوزن المطلوب إذابته.

M_{wt}: الوزن الجزيئي للمادة. V : حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الإذابة.

ويخلط المحلول باستخدام خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) لمدة (15-20)min، وبعد إكمال عملية الإذابة يتم الحصول على محلول رائق عديم اللون.

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبى، خضير عباس مشجل

٢- تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية ($\text{SnO}_2:\text{Cu}$):

لتحضير أغشية (SnO_2) المشوبة بالنحاس (Cu)، فقد استخدمت مادة كلوريد النحاس (CuCl_2)، وهي عبارة عن مسحوق أحمر سريع الذوبان في الماء، وزنه الجزيئي (134.466g/mol)، وتم تحضير المحلول بتركيز مولاري (0.1 mol/L)، إذ تم إذابة (1.3446 g) من كلوريد النحاس في (100 ml) ماء مقطر. ويخلط المحلول باستخدام خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) لمدة ($5-10\text{ min}$)، وبعد إكمال عملية الإذابة تم الحصول على محلول رائق عديم اللون. ثم يضاف إلى محلول كلوريد القصدير ونسبة حجميه مقدارها 3% ، يهيا المسخن الكهربائي لغرض ترسيب الأغشية حتى يصل إلى درجة الحرارة المطلوبة للتحلل وهي (500°C). بعد ذلك يوضع جهاز التحلل بشكل عمودي باتجاه القواعد على بعد ($32\pm 1\text{ Cm}$). ثم يوضع المحلول المراد ترسيب الأغشية منه في خزان جهاز التحلل، وبمعدل ترسيب (10 ml/min) وتغلق المضخة الهوائية للتوقف لمدة (3 min) لضمان رجوع درجة حرارة القواعد التي انخفضت بسبب الرذاذ البارد إلى قيمتها الأولى. وأثناء عملية التحلل يدور المسخن بشكل دائري لضمان الترسيب المتجانس. وبعد فترة التوقف تعاد العملية عدة مرات لحين الوصول إلى السمك المطلوب. وعند الانتهاء يترك الغشاء فوق سخان لمدة (5 min) لكي تتم عملية الإنماء البلوري بشكل جيد.

تم تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية باستخدام مطياف نوع ($\text{PU8800UV}\backslash\text{VIS}$) في مدى الطيف ($300-900\text{ nm}$)، لعدد من الأسماك وكانت الأغشية المستخدمة بسمك ($0.2, 0.4, 0.6\text{ }\mu\text{m}$).

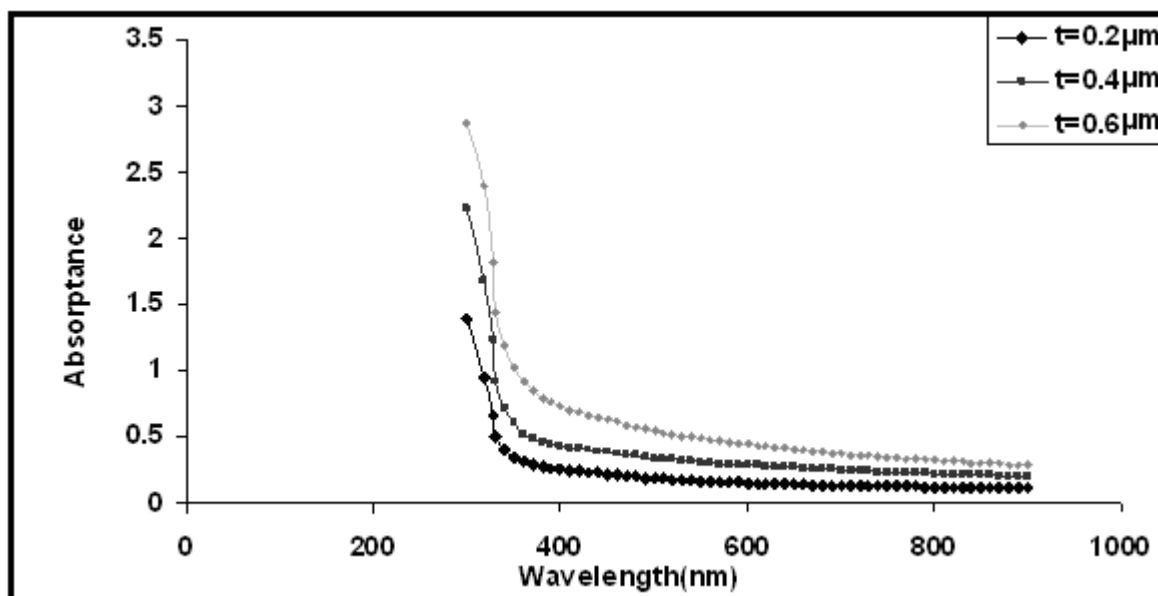
النتائج والمناقشة

شكل (1) يوضح تغير الامتصاصية (A) كدالة للطول الموجي لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$) بتغير السمك ولمدى طول موجي ($300-900\text{ nm}$) نلاحظ أن الامتصاصية تقل سريعا بزيادة الطول الموجي وان اختلاف السمك أدى إلى زيادة في قيم الامتصاصية.

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبى، خضير عباس مشجل



شكل (1) تغير الامتصاصية (A) كدالة للطول الموجي لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$)

بتغير السمك

و تم حساب معامل الامتصاص (α - Absorption Coefficient) في منطقة الامتصاص الاساسيه باستخدام العلاقة الاتيه: [11]

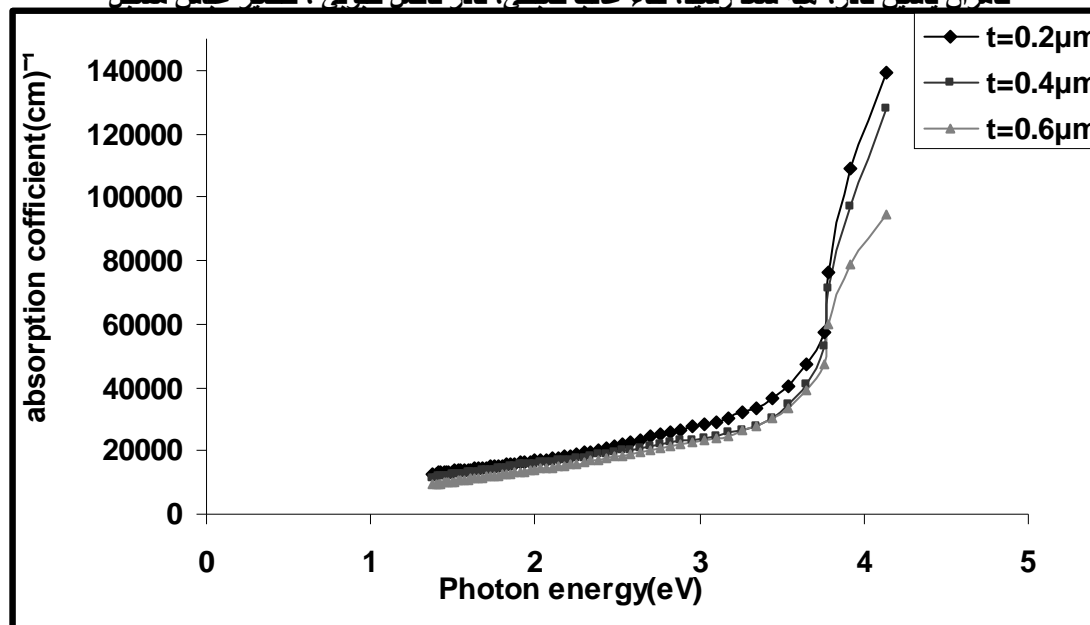
$$\alpha = 2.303 A / t \quad \dots\dots\dots(2)$$

إذ تمثل A: امتصاص الغشاء، t: سمك الغشاء، الشكل (2) تغير معامل الامتصاص (α) كدالة لطاقة الفوتون لجميع الاسماك، ان معامل الامتصاص يكون قليل عند الطاقات الفوتونية الواطئة وفيها تكون احتمالية الانتقالات الالكترونية قليلة وتزداد قيم معامل الامتصاص عند حافة الامتصاص باتجاه الطاقات العالية. تسمى أشباه الموصلات التي تحدث فيها هذه العملية بأشباه الموصلات المباشرة، وكذلك نلاحظ ان معامل الامتصاص لجميع الحالات يمتلك قيمة اكبر من (10^4 cm^{-1}) في مدى الطاقات العالية مما يرجح حدوث الانتقالات الالكترونية المسموحة [12] ونلاحظ في الشكل ان معامل الامتصاص يقل بزيادة السمك .

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبة سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حويبي، خضير عباس مشجل



الشكل (2) تغير معامل الامتصاص (α) كدالة لطاقة الفوتون لجميع الاسماك

وان معامل الامتصاص للانتقالات المباشرة يعطى بالعلاقة الآتية^[13]:

$$\alpha h\nu = A^* (h\nu - E_g)^r \quad \dots\dots\dots (3)$$

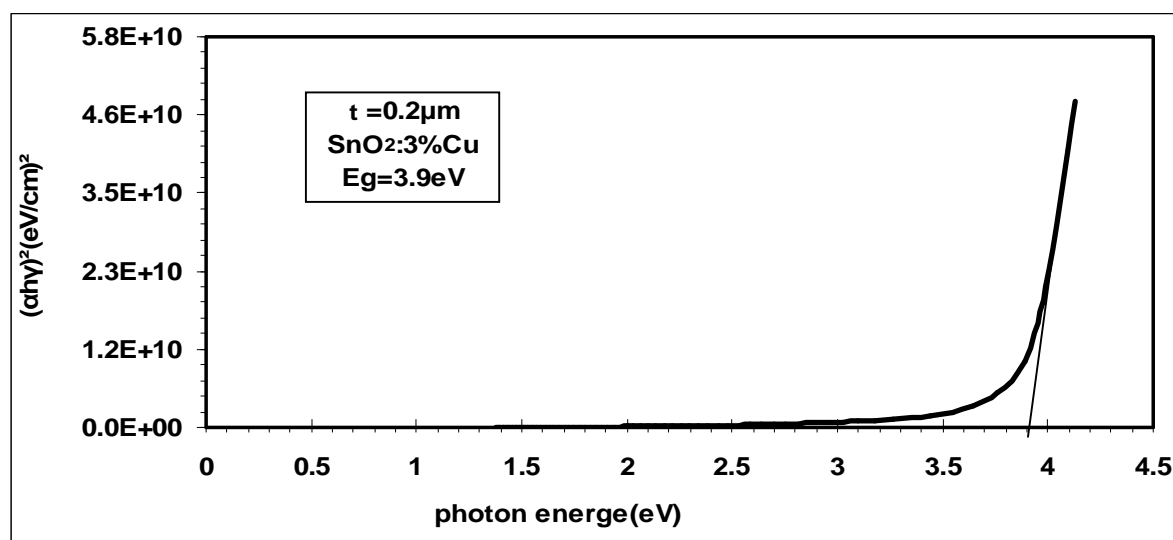
اذ ان α : معامل الامتصاص (cm^{-1}) : $h\nu$: طاقة الفوتون الممتص (eV) : A^* : ثابت يعتمد على خواص كل من حزمتي التكافؤ والتوصيل E_g : فجوة الطاقة الممنوعة (eV) ، r : معامل آسي مقداره يعتمد على طبيعة الانتقال اذ ان $r=1/2$ للانتقال المباشر المسموح كما يوضح الشكل (3) الانتقالات المباشرة المسموحة الشكل (4) يوضح داله اورباخ اذ نلاحظ ان قيمتها تزداد بزيادة السمك لعلاقتها مع فجوة الطاقة . وهذا جدول يبين قيم فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح وقيم دالة اورباخ

| سمك () | E_g (eV) مباشر مسموح | E_U (eV) دالة اورباخ |
|---------|---------------------------|---------------------------|
| 2000 | 3.90 | 0.588 |
| 4000 | 3.80 | 0.616 |
| 6000 | 3.70 | 0.694 |

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

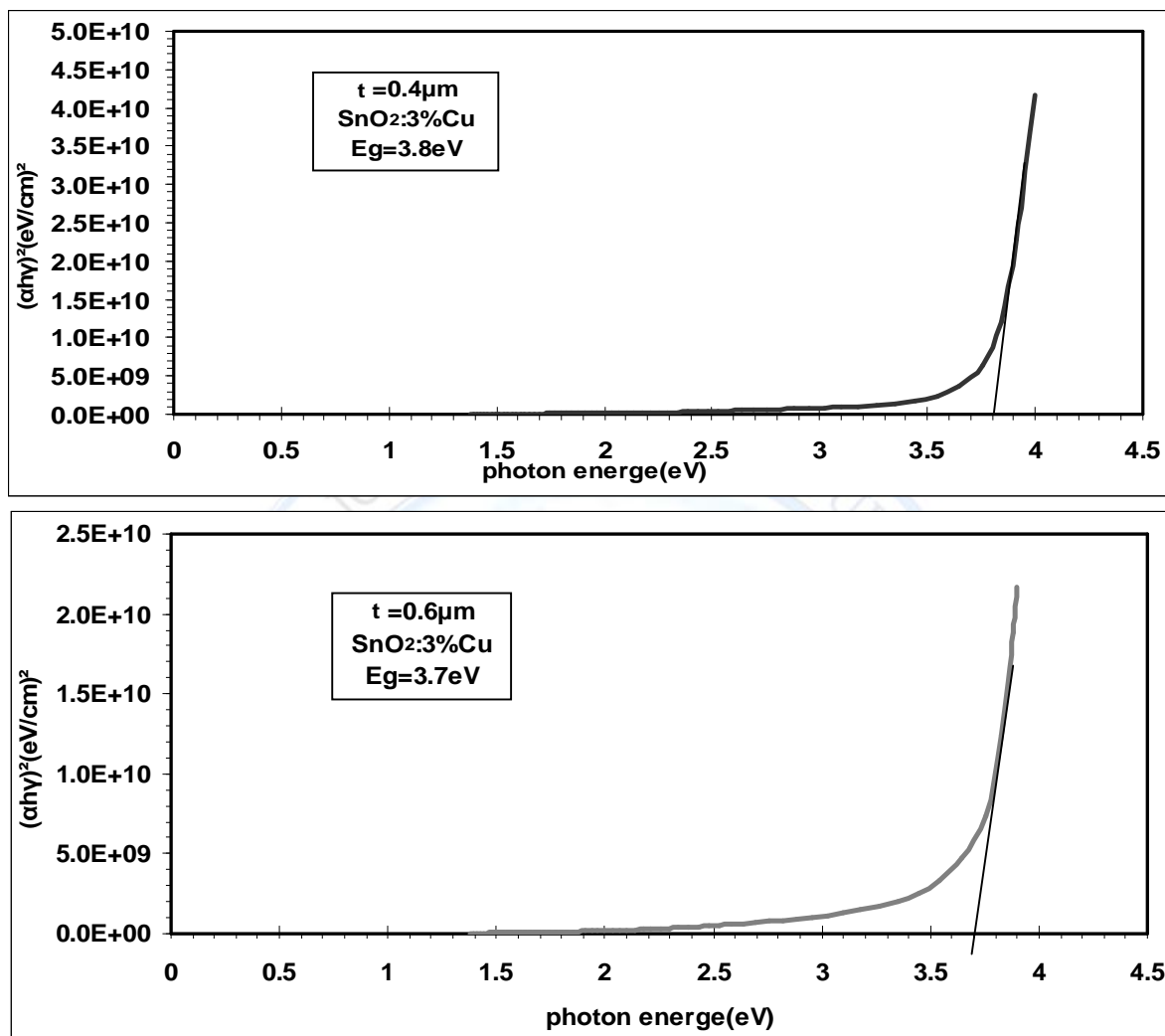
كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل



تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

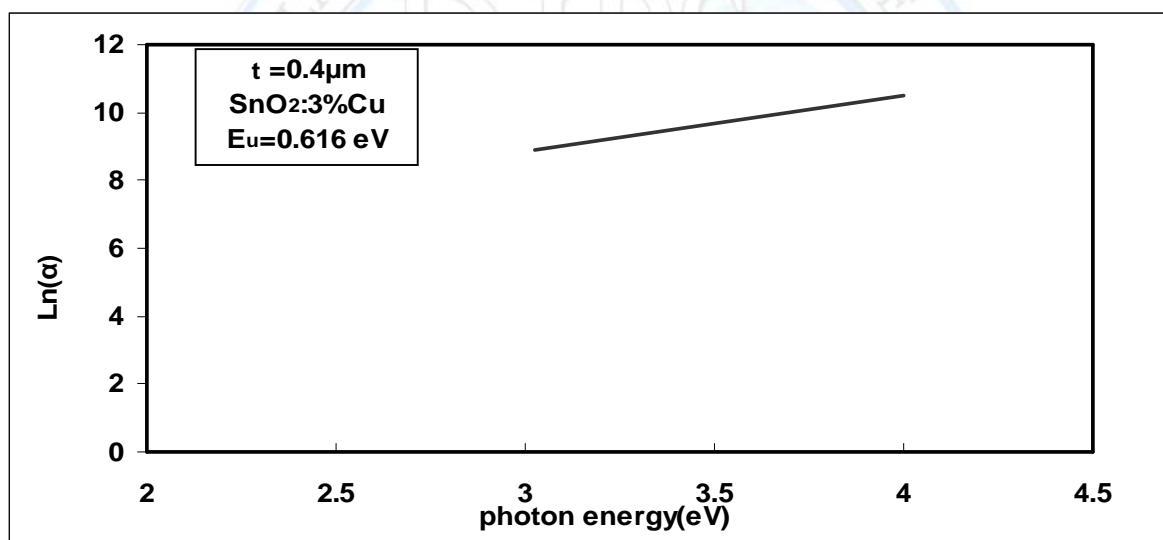
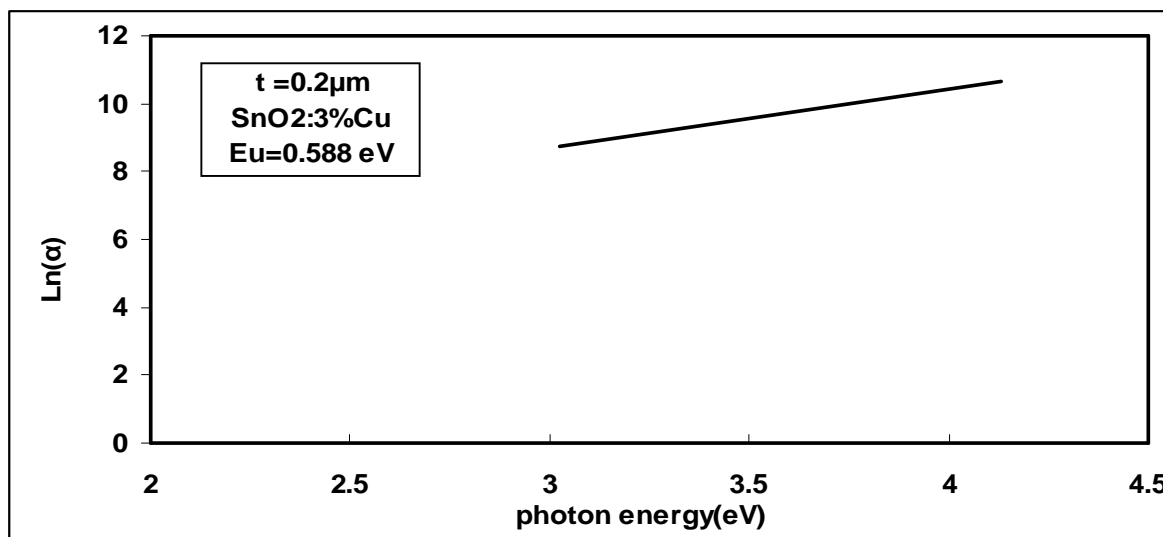


شكل (3) الانتقالات المباشرة المسموحة بتغير السمك

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\% \text{Cu}$)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

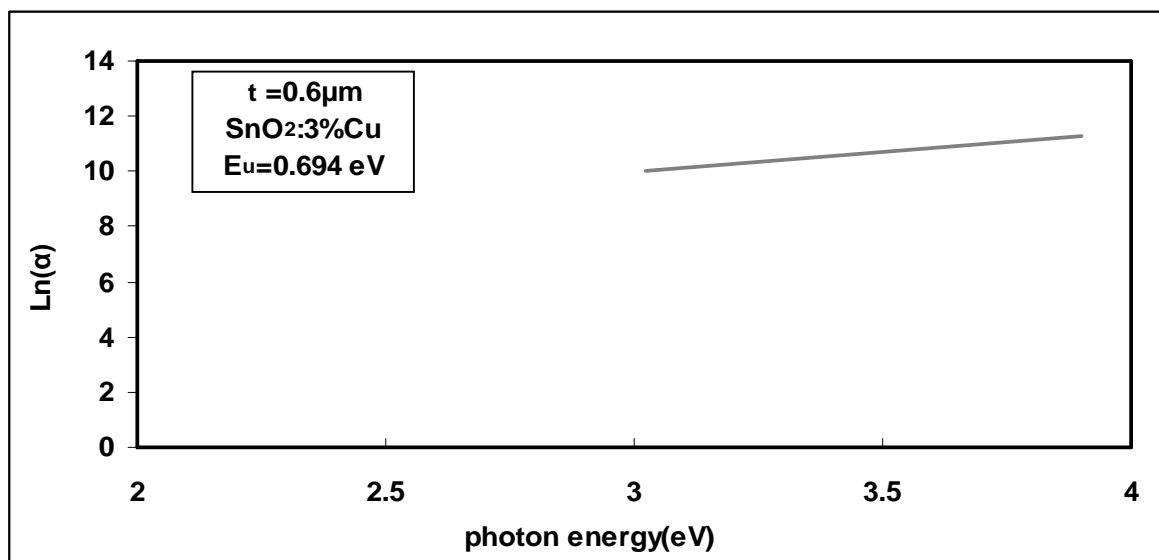
كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل



تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\%\text{Cu}$)

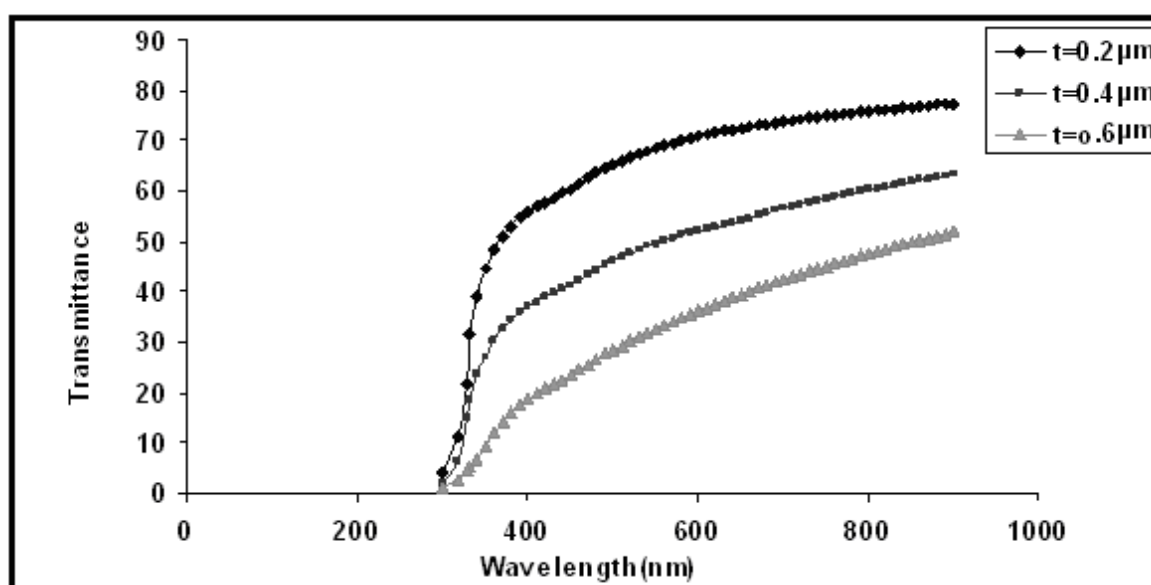
الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل



شكل (4) دالة أورباخ لمختلف الأسماك

الشكل (5) يوضح تغير النفاذية (T) كدالة للطول الموجي وقد اثبتت النتائج ان النفاذية تزداد بصورة تدريجية تبعا لزيادة الطول الموجي ، بينما تقل النفاذية بصورة تدريجية بزيادة سمك الغشاء.



الشكل (5) تغير النفاذية (T) كدالة للطول الموجي بتغير السمك

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

النتائج البصرية

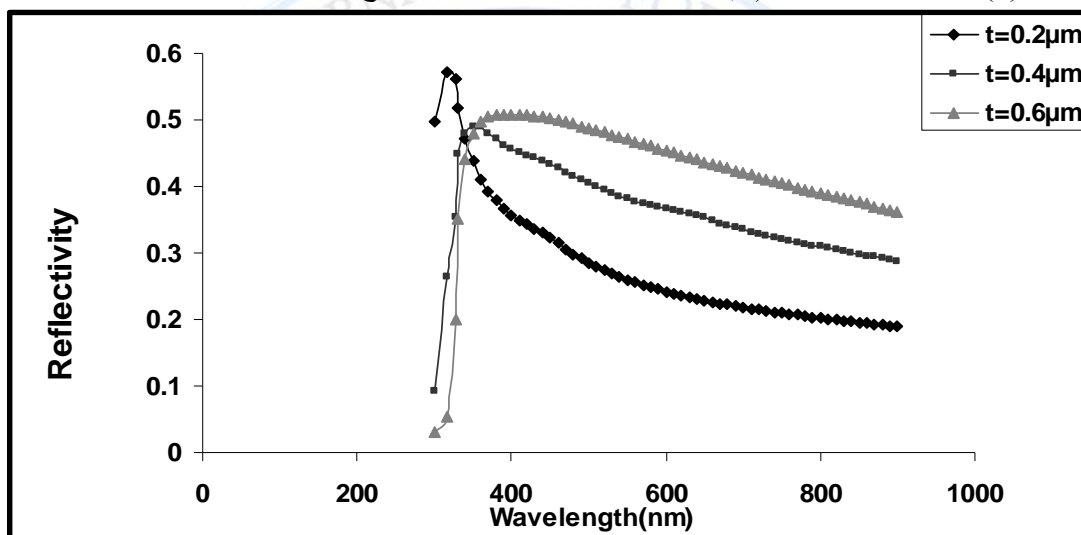
تم حساب الانعكاسية (R) من العلاقة [13]:

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

وتم حساب معامل الخمود (K₀) للأغشية المحضرة من المعادلة الآتية [14]:

$$K_0 = \alpha\lambda/4\pi \quad \dots\dots\dots(5)$$

والشكل (6) يبين تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون وقد بينت النتائج ان الانعكاسية تزداد بزيادة سمك الغشاء.



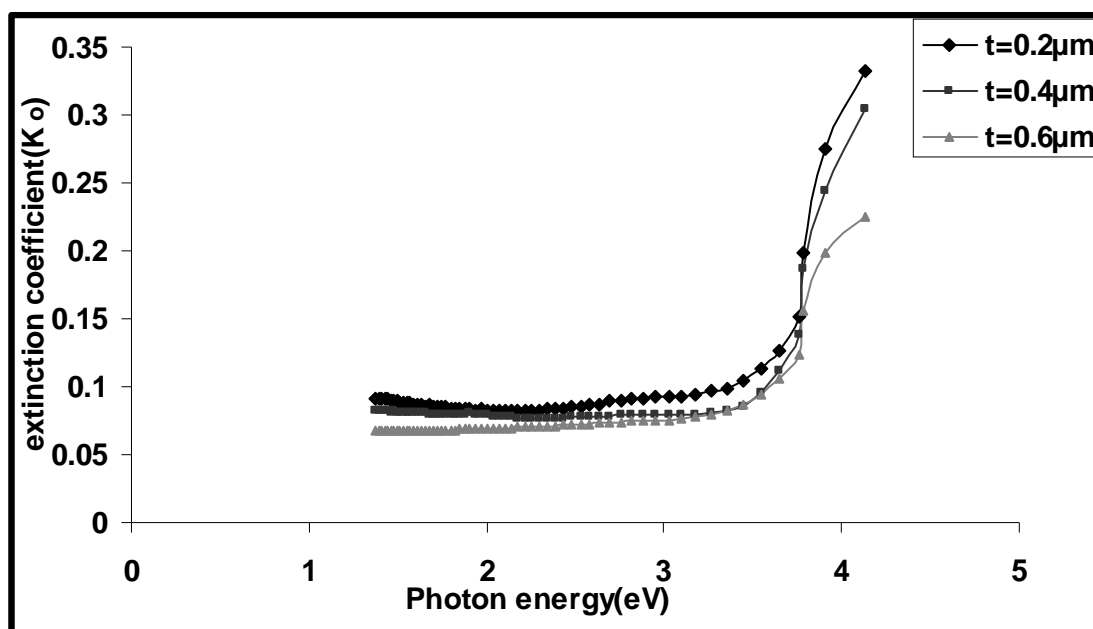
الشكل (6) يبين تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون بتغيير السمك

الشكل (7) يبين تغير معامل الخمود مع طاقة الفوتون لجميع الأسماك وجد أن معامل الخمود يزداد بزيادة طاقة الفوتون ونستطيع ملاحظ التشابه في طبيعة منحنى معامل الخمود مع منحنى معامل الامتصاص إذ أن التشابه ناتج عن اعتماد قيم معامل الخمود على قيم معامل الامتصاص ويقل معامل الخمود بزيادة سمك الغشاء .

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل



الشكل

(7) يبين تغير معامل الخمود مع طاقة الفوتون بتغير السمك

تم حساب معامل الانكسار (n_0) وفق المعادلة [14]

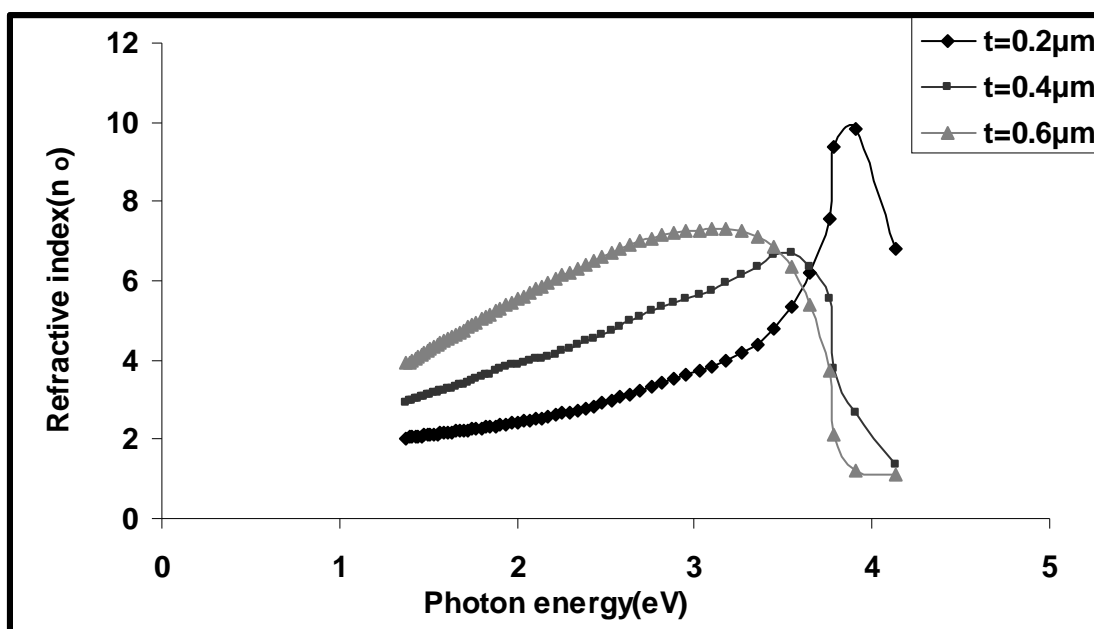
$$n_0 = \left\{ \frac{(1+R)^2}{(1-R)^2 - (K_0^2 + 1)} \right\}^{1/2} + (1+R)/(1-R) \dots (6)$$

الشكل (8) يبين تغير معامل الانكسار مع طاقة الفوتون يزداد معامل الانكسار بصورة تدريجية تبعا لزيادة طاقة الفوتون ، كما يزداد معامل الانكسار بصورة تدريجية بزيادة سمك الغشاء.

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل



الشكل (8) تغير معامل الانكسار مع طاقة الفوتون بتغير السمك

تم حساب ثابت العزل الحقيقي (ϵ_1) من المعادلة [15]

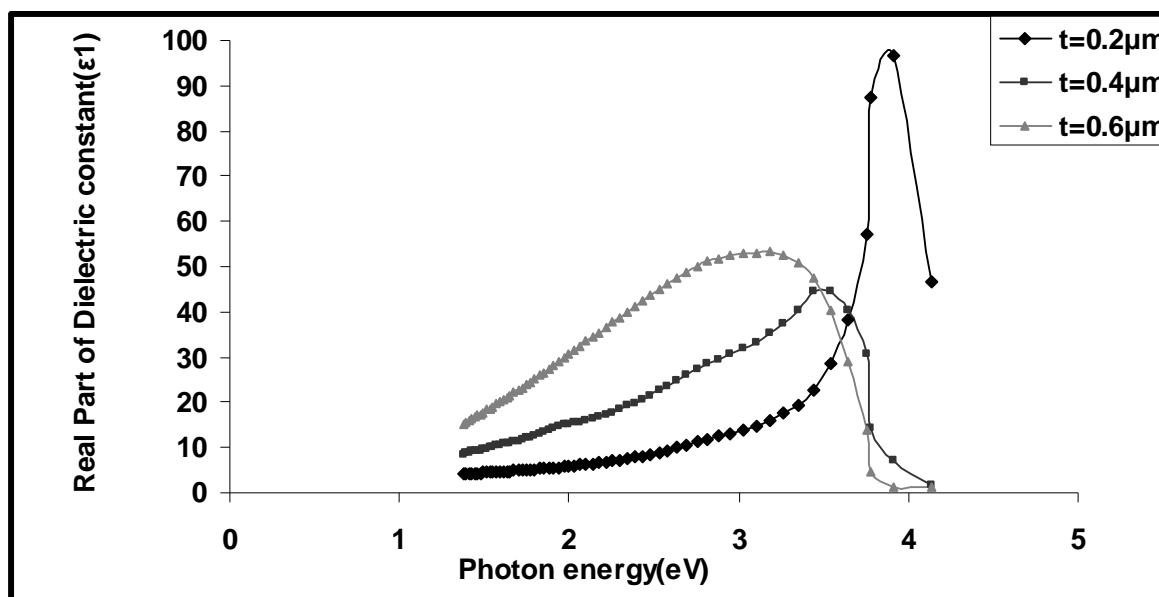
$$\epsilon_1 = n_o^2 - k_o^2 \quad \dots \dots \dots (7)$$

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

الشكل (9) يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الحقيقي مع طاقة الفوتون نلاحظ ان ثابت العزل الحقيقي يزداد بزيادة سمك الغشاء .



الشكل (9) يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الحقيقي مع طاقة الفوتون بتغير السمك

تم حساب ثابت العزل الكهربائي الخيالي من المعادله [16]

$$\epsilon_2 = 2 n_o k_o \quad \dots \dots \dots (8)$$

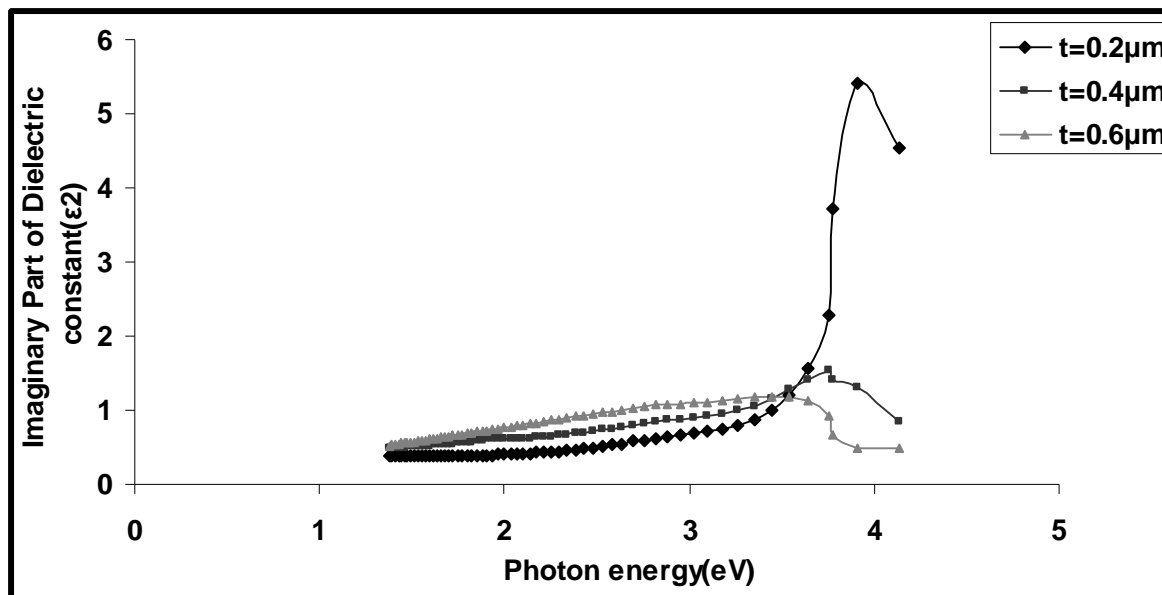
فيوضح الشكل (10) يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الخيالي مع طاقة الفوتون

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

نلاحظ ان ثابت العزل الخيالي يزداد سريعا بزيادة طاقة الفوتون، ويتاثر ثابت العزل الخيالي بزيادة سمك الغشاء.



الشكل (10) يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الخيالي مع طاقة الفوتون بتغير السمك

و تم حساب التوصيلية الضوئية وفقا للعلاقة [17]

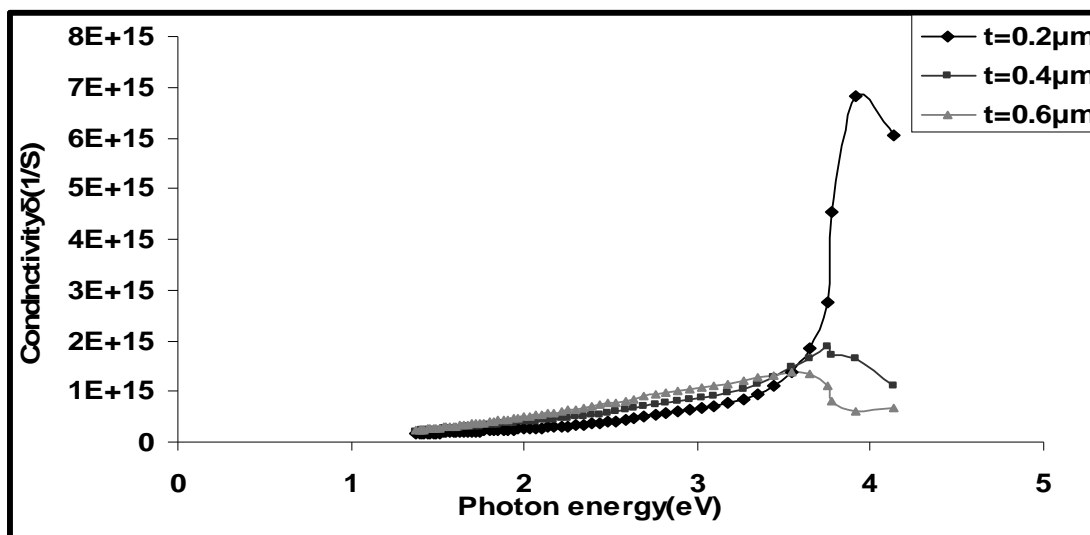
$$\delta = \alpha n_0 c / 4\pi \quad \dots (7)$$

الشكل (11) يبين تغير التوصيلية الضوئية مع طاقة الفوتون اذ نلاحظ ان التوصيلية تزداد تدريجيا بزيادة طاقة الفوتون. ونلاحظ تاثر التوصيلية الضوئية بزيادة سمك الغشاء.

تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية (SnO₂:3% Cu)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل



الشكل (11) يبين تغير التوصيلية الضوئية مع طاقة الفوتون بتغير السمك

الاستنتاجات

- تمتلك الاغشية المحضرة ضمن الظروف المنتخبة انتقالات الكترونيه مباشره مسموحه وان فجوة الطاقة البصرية تقل بزيادة السمك.
- ان زيادة السمك ادى الى زيادة في قيم الانعكاسيه (R) ومعامل الانكسار (n_o) وتأثير الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي (ε₁)، أذ يزداد بزيادة السمك.
- زيادة السمك ادى الى نقصان في قيم معامل الخمود (k_o) والتوصيليه الضوئية (σ) وتأثير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي (ε₂)



تأثير السمك على الخواص البصرية لأغشية ($\text{SnO}_2:3\% \text{Cu}$)

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، هبه سعد رشيد، لقاء غالب صبحي، نادر فاضل حبوبي، خضير عباس مشجل

المصادر

- [1] K. L. Chopra, "Thin Films phenomena", Mc Graw-Hill New York, (1969).
- [2] H. A. Macleod, "Thin Film Optical Filters", 3rd Ed. (2001).
- [3] Tribble "Electrical Engineering materials And Devices" university of Iowa (2002).
- [4] S. Shanthi, C. Subramanian, P. Ramasmy, Cryst. Res., Technol., Vol. 34, (1999), P.(1037-1046).
- [5] K. Von Rottkay, M. Rubin, Mater., Res. Soc. Proc., Vol. 426, (1996), P.(449).
- [6] E. Elangovan, M. Singh, M. Dharaprakah, K. Ramamurthi, J. of Optoelectronics and Advanced Material, Vol. 6, No. 1, (2004), P. (197-203).
- [7] M. Gaidi, A. Hajjaji, A. El Khakani. B. Chenevier, M. Labeau, and B. Bessai, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.48, (2009), P.(1-5).
- [8] J. C. Manifacier, M. DeMurcia and J. Fillard, Thin Solid Films, vol. 41, (1977), P.(127).
- [9] A. Mohammed, M. Bagheri, D. Mohagheghi, M. Shokooh, Saremi, J. Phys. D. Appl. Phys., Vol. 37, (2004), P.(1248-1253).
- [10] F. Khan, M. Mehmood, A. Rana, M. Bhatti, Applied Surface Science, Vol. 255, (2009), P.(8562-8565).
- [11] Willian C. Dickinson, Paul N. Cheremissionoff, Handbook Part A, p. 498, (1980).
- [12] M.M.Hafiz, A.H.Moharram, M.A.Abdel-Rahim, A.A.Abu-Sehiy, Thin solid films, vol.292 (1997) 7.
- [13] N.F.Mott and E.A.Davis, "Electronic processes in noncrystalline materials" clarendon press Oxford,(1971).
- [14] J.I.Pankove, Prentice-Hall, N. J, (1971).
- [15] S. O. Kasap, 2nd Ed, McGraw-Hill, New York, (2002).
- [16] M.A. Khashau. A.M. EL-Nagger, optics communications, vol174, p.445(2000).
- [17] N.Hamdadou, A.Khelil, J.C.Bernede, Mater. Chem. phys., vol.78(2003).