

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر* جاسم حافظ محمد* زياد طارق خضير**

*الجامعة المستنصرية- كلية التربية / قسم الفيزياء

**جامعة ديالى- كلية العلوم/قسم الفيزياء

الخلاصة:

حُضرت أغشية (SnO_2) ذات السُمك (4100\AA) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد من زجاج البورسيليكات بدرجة حرارة (500°C) وتم تلدين الأغشية المحضرة بدرجة حرارة ($550, 600, 650^\circ\text{C}$) لمدة ساعتين. دُرست الخواص البصرية بالاعتماد على أطيايف الامتصاصية والنفاذية للأغشية المحضرة في مدى الاطوال الموجية ($320-900\text{nm}$)، اذ وجد ان الامتصاصية تقل بينما تزداد النفاذية بعد عملية التلدين. وقد حُسبت الثوابت البصرية الآتية: معامل الامتصاص يقل بعد التلدين، وقيمة فجوة الطاقة الممنوعة تزداد بعد التلدين، وان معامل الانكسار، ومعامل الخمود، وثابت العزل الحقيقي، وثابت العزل الخيالي، والتوصيلية الضوئية جميعها تقل بعد التلدين.

Abstract:

Thin films of (SnO_2) by suitable thickness (4100\AA) have been prepared on a borosilicate glass at a temperature of (500°C) using chemical spray pyrolysis technique and annealing at ($550, 600, 650^\circ\text{C}$) for two hours. The optical properties of the thin films of the prepared samples are calculated using the transmission and absorption spectra in the wavelength range of ($320-900\text{nm}$), were found that the absorbance decreases while the transmittance increases after annealing.

The optical properties are calculated: absorption coefficient decreases after annealing, energy gap increases after annealing. Refractive index, extinction coefficient, real part of dielectric constant, imaginary part of dielectric constant and photoconductivity decreases after annealing.

الكلمات المفتاحية: ثنائي اوكسيد القصدير، التلدين، الخواص البصرية، التحلل الكيميائي، فجوة الطاقة، النفاذية.

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

المقدمة:

نتيجة اتساع أفق التطبيقات الصناعية والبحثية للأغشية الرقيقة وبروز أهمية الأغشية الموصلة كهربائياً والشفافة ضوئياً [1]، كان الاهتمام بأغشية ثنائي اوكسيد القصدير (SnO_2) كونها تمتلك فجوة طاقة مباشرة ومن الأغشية الموصلة الشفافة ذات النوع المانح (n-type) [2].

يعد ثنائي اوكسيد القصدير مادة حساسة لمختلف الغازات مما أدى إلى استعماله في الكثير من بحوث الكواشف [3]. وقد أستخدم مؤخراً في تصميم الأجهزة الباعثة للضوء فوق البنفسجي ودايود الليزر [4]. وهناك طرائق عدة تستعمل في تحضير أغشية (SnO_2) منها الترذيز بالتردد الراديوي RF. Sputtering [5]، والترذيز بالتيار المستمر الماكيتروني DC. Magnetron Sputtering [6]، والترسيب بالحزمة الالكترونية Electron Beam Evaporation [7] والترسيب بالحزمة الأيونية [8]، والترسيب بالليزر النبضي [9]، والترسيب بالبخار الكيميائي Chemical Vapor Deposition [10]، والترسيب بالطبقات الأيونية المتعاقبة Modified Successive Ionic Layer Adsorption [11]، والتحلل الكيميائي الحراري Spray Pyrolysis [12]، والمحلل الغروي Sol-Gel [13].

تعد اليوم طريقة التحلل الكيميائي الحراري من أكثر الطرائق شيوعاً وذلك لأنها ذات كلفة تحضير واطئة وأجهزتها اقل تعقيداً، والأغشية المحضرة بهذه الطريقة تعد أغشية جيدة ولها تطبيقات مهمة في مجالات عدة منها الدراسات العلمية، وبعض التطبيقات التكنولوجية والصناعية [14]، وقد تم استخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري في دراستنا هذه لتحضير أغشية ثنائي اوكسيد القصدير.

I. يهدف البحث الحالي الى تحضير أغشية رقيقة من مادة ثنائي اوكسيد القصدير بسُمك (4100 \AA) بطريقة التحلل الكيميائي الحراري والمرسبة على قواعد من الزجاج بدرجة حرارة (500°C) وتلدينها بدرجات حرارة ($550, 600, 650^\circ\text{C}$) لمدة ساعتين، ودراسة الخواص البصرية المتمثلة بقياس النفاذية والامتصاصية للأغشية المحضرة وحساب كل من معامل الامتصاص، وفجوة الطاقة البصرية وحساب الثوابت البصرية كافة المتمثلة بمعامل الانكسار، ومعامل الخمود، وثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي، والانعكاسية، بالإضافة إلى التوصيلية الضوئية. وذلك للحصول على غشاء ذات مواصفات جيدة وتحسين صفاته في منطقة الطيف المرئي ومنطقة تحت الحمراء لما تتمتع به هاتان المنطقتان من تطبيقات عملية في تصنيع الخلايا الشمسية والكواشف.

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

تحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية (SnO₂)

II. لتحضير المحلول المستخدم في تحضير أغشية ثنائي اوكسيد القصدير (SnO₂) الرقيقة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري استخدم محلول مادة كلوريدات القصدير المائية (Stannic Chloride) (Hydrated) ورمزها الكيميائي (SnCl₄.5H₂O) بنقاوة (97.5%) وهي عبارة عن مسحوق أبيض سريعة الذوبان بالماء، وزنها الجزيئي (350.58g/mol) مجهزة من شركة (Limited Poole-England-General Purpose Reagent BDH).

III. 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.

$$M = (W_t / M_{wt}) \cdot (1000/V) \quad \text{IV}$$

إذ إن: M: التركيز المولاري (mol/L).

W_t: الوزن المطلوب إذابته (g).

M_{wt}: الوزن الجزيئي للمادة (g/mol).

V: حجم الماء المقطر الذي تمت فيه الإذابة (ml).

ويخلط المحلول باستخدام خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) لمدة (30)min ، وبعد إكمال عملية الإذابة تم الحصول على محلول رائق عديم اللون ، بعدها وضع المحلول في جهاز الرش الذي يتكون من خزان اسطواني الشكل ينتهي بأنبوبة شعرية ينزل منها المحلول تدريجياً وتحاط نهاية الأنبوبة الشعرية بانتفاخ زجاجي يخرج منه تيار هوائي بضغط عالي يتسبب بنزول المحلول من نهاية الأنبوبة الشعرية بشكل رذاذ على قواعد من الزجاج المسخن بدرجة (500 °C) ، إذ يتبخر الماء ويبقى غشاء (SnO₂) ، والمعادلة الكيميائية الآتية توضح عملية التحلل لمركب المحلول المستخدم:

يتم التحكم بظروف الرش للحصول على أغشية رقيقة بنوعية جيدة، ومن ضمن هذه الظروف ارتفاع جهاز الرش عن القاعدة الزجاجية (29±1)cm ، ضغط الهواء (10⁵ N/m²) ، معدل انسياب المحلول (10 cm³/min) ، درجة حرارة القاعدة (500 °C). وقد استخدمت الطريقة الوزنية لقياس سُمْك الأغشية الرقيقة ، وذلك بقياس وزن القواعد الزجاجية قبل وبعد عملية الترسيب وكانت الأغشية الرقيقة

يوضع في فرن كهربائي من نوع (Tanfredi) 500°C

$$\text{SnCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \text{SnO}_2 + 4\text{HCl}$$
 الهواء الجوي وعند وصول الفرن إلى هذه الـ تدريجياً حتى يصبح بدرجة حرارة الغرفة ثم يـ (550°C)، يكرر نفس العمل السابق على الغشائين الآخرين، مرة بدرجة حرارة (600°C) ومرة بدرجة حرارة (650°C) للحصول على غشاء رقيق تم تلدينه بدرجتين حراريتين مختلفتين.

سُجل طيفي النفاذية والامتصاصية لجميع الأغشية في مدى الأطوال الموجية (320-900nm) باستخدام مطياف من نوع (UV-1700-1650).

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

النتائج والمناقشة:

(1) قياس الامتصاصية

أجريت قياسات الامتصاصية (A) ضمن مدى الأطوال الموجية (320-900)nm لجميع أغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده، وقد بينت النتائج إن الامتصاصية تقل بصورة تدريجية تبعاً لزيادة الطول الموجي ولجميع أغشية (SnO₂) قبل التلدين وبعده، وإن الامتصاصية تقل بعد التلدين ولجميع أغشية (SnO₂) وكما موضح في الشكل (١).

(2) قياس النفاذية

تعرف النفاذية (T) بأنها النسبة بين شدة الشعاع النافذ وشدة الشعاع الساقط على السطح، أجريت قياسات النفاذية ضمن مدى الأطوال الموجية (320-900)nm لجميع أغشية (SnO₂) قبل التلدين وبعده، وقد بينت النتائج إن النفاذية تزداد بصورة تدريجية تبعاً لزيادة الطول الموجي ولجميع أغشية (SnO₂) قبل التلدين وبعده، وإن النفاذية تزداد بعد التلدين ولجميع أغشية (SnO₂) وكما موضح في الشكل (١).

(3) معامل الامتصاص

حُسبت قيم معامل الامتصاص لجميع أغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده باستخدام العلاقة الآتية [15]:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t}$$

إذ إن: t سُمك الغشاء، A الامتصاصية

رُسمت علاقة بيانية لمعامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون، وقد بينت النتائج إن معامل الامتصاص يتغير تبعاً لتغير التردد، فهو يعتمد على طاقة الفوتونات الساقطة، ومن الملاحظ من خلال الشكل (3) إن قيم معامل الامتصاص أكبر من (10⁴ cm⁻¹) عند الطاقات الفوتونية العالية مما يرجح حدوث الانتقالات الالكترونية المباشرة [16]، تقل قيمة معامل الامتصاص بزيادة طاقة الفوتون ولجميع أغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده، تقل قيمة معامل الامتصاص بعد التلدين.

(4) الانتقالات الالكترونية

بينت الدراسة الحالية، حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة، إذ أمكن من خلالها حساب قيمة فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح لجميع أغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده باستخدام المعادلة:

$$(\alpha h\nu)^2 = (\alpha E)^2 = P^2 (h\nu - E_g)$$

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

ولذلك ترسم علاقة بيانية بين $(\alpha h\nu)^2$ كدالة لطاقة الفوتون $(h\nu)$ ، ويرسم مماس للجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $[(\alpha h\nu)^2 = 0]$ ، الذي يمثل قيمة فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح [17]، وكما موضح في الأشكال (3,4,5,6)، وجد إن قيم فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح تزداد بعد عملية التلدين وكما هو واضح في الجدول (1)، ويعزى سبب زيادة فجوة الطاقة الممنوعة بعد عملية التلدين إلى زيادة تبلور المادة نتيجة عملية التلدين مما يؤدي إلى زيادة الحجم الحبيبي ومن المعلوم إن علاقة الحجم الحبيبي بفجوة الطاقة الممنوعة هي علاقة طردية.

الجدول (١) قيم فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح لأغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده

درجة حرارة التلدين ($^{\circ}\text{C}$)	قبل التلدين E_g (eV)	بعد التلدين E_g (eV)
٥٥٠	٣.١	3.15
٦٠٠	٣.١	3.20
٦٥٠	٣.١	3.25

(5) حساب معامل الانكسار

يعرف معامل الانكسار انه النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته داخل المادة [18] ويرتبط معامل الانكسار مع انعكاسية الغشاء وفق المعادلة الآتية [19]:

$$n = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (K^2 + 1) \right]^{1/2} + \frac{1+R}{1-R} \quad \dots\dots\dots (1)$$

إذ إن: K معامل الخمود

حُسبت قيم معامل الانكسار لجميع أغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده باستخدام المعادلة (1) رُسمت علاقة بيانية لمعامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون وكما موضح في الشكل (٧)، وقد بينت النتائج إن معامل الانكسار لأغشية (SnO_2) الرقيقة يزداد بصورة تدريجية تبعاً لزيادة طاقة الفوتون ويقل بعد التلدين.

(6) حساب معامل الخمود

حُسبت قيم معامل الخمود لجميع أغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده باستخدام المعادلة الآتية [20]:

$$k = \alpha \lambda / 4\pi \quad \dots\dots\dots (2)$$

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

إذ إن: α : معامل الامتصاص.

λ : الطول الموجي للضوء الساقط.

رُسمت علاقة بيانية لمعامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون كما في الشكل (8) ، إذ وجد إن معامل الخمود يزداد بزيادة طاقة الفوتون ويقل بعد التلدين وان هنالك تشابه في طبيعة منحنى معامل الخمود مع منحنى معامل الامتصاص وتغيرهما مع طاقة الفوتون ، إذ إن هذا التشابه ناتج عن اعتماد حساب قيم معامل الخمود على قيم معامل الامتصاص.

(7) حساب ثابت العزل الكهربائي

ان التفاعل بين الضوء وشحنات الوسط يكون بسبب عملية امتصاص الطاقة في المادة ومن ثم حصول عملية استقطاب لشحنات ذلك الوسط . ان هذا الاستقطاب يوصف عادة بثابت العزل الكهربائي المعقد لذلك الوسط [19] . حُسبت قيم ثابت العزل الحقيقي لجميع أغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده باستخدام العلاقة الآتية [21]:

$$\varepsilon_1 = n^2 - k^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

رُسمت علاقة بيانية لثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون ، وقد بينت النتائج إن قيمة ثابت العزل الحقيقي تزداد بصورة تدريجية بزيادة طاقة الفوتون وتقل بعد التلدين كما هو واضح في الشكل (٩) ونلاحظ مدى التشابه بين منحنيات الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي ومنحنيات معامل الانكسار وهذا التشابه ناتج عن اعتماد حساب قيم الجزء الحقيقي من ثابت العزل على قيم (n^2) أكثر من قيم (k^2) بحسب المعادلة (3) ، وذلك لأن قيم (k^2) قليلة جداً مقارنة بقيم (n^2) .

حُسبت قيم ثابت العزل الخيالي لجميع أغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده باستخدام العلاقة الآتية [21]:

$$\varepsilon_2 = 2nk$$

رُسمت علاقة بيانية لثابت العزل الخيالي لجميع أغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده كدالة لطاقة الفوتون كما في الشكل (10) ، وقد بينت النتائج إن قيمة ثابت العزل الخيالي تزداد بصورة تدريجية تبعاً لزيادة طاقة الفوتون وتقل بعد التلدين ، ونلاحظ مدى التشابه بين منحنيات الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي ومنحنيات معامل الخمود.

(8) حساب التوصيلية الضوئية

حُسبت قيم التوصيلية الضوئية لجميع أغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده باستخدام المعادلة الآتية [22]:

$$\sigma = \alpha nc / 4\pi$$

رُسمت علاقة بيانية لقيم التوصيلية الضوئية لجميع أغشية (SnO_2) الرقيقة قبل التلدين وبعده كدالة لقيم طاقة الفوتون ، ويلاحظ من الشكل (9) إن قيمة التوصيلية الضوئية تقل تدريجياً بزيادة طاقة الفوتون وتزداد بعد التلدين لارتباط التوصيلية الضوئية بمعامل الامتصاص .

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

الاستنتاجات

- ١/ أدى التلدين إلى زيادة نفاذية المادة وتقليل امتصاصيتها.
- ٢/ أدى التلدين إلى زيادة قيمة فجوة الطاقة الممنوعة.
- ٣/ أدى التلدين إلى تقليل قيمة كل من معامل الامتصاص، ومعامل الانكسار، ومعامل الخمود، وثابت العزل الكهربائي بجزأيه الحقيقي والخيالي، وبالإضافة إلى التوصيلية الضوئية.

المصادر

- [1] E. Elangovan and K. Ramamurthi, "studies on optical properties of polycrystalline SnO_2 : Sb thin films prepared using SnCl_2 precursor "Cryst Res. Technol, Vol. 38, No. 9, (2003), P. (779-784).
- [2] J. Joseph, V. Mathew, and K. E. Abraham "Physical properties of Dy and La doped SnO_2 thin films prepared by a cost effective vapour deposition technique" Cryst. Res. Technol, Vol.41, No. 10, (2006), P. (1020 – 1026).
- [3] E. Elangovan, M. P. Singh, M. S. Dharaprakah, "Some physical properties of spray deposited SnO_2 Thin Films", J.of Optoelectronics and Advanced Material, Vol. 6, No. 1, (2004),p.p (197-203).
- [4] M. Gaidi, A. Hajjaji, My Ali El Khakani. B. Chenevier, M. Labeau, and B. Bessai" Optical Properties Tuning of SnO_2 Films by Metal Incorporation (Pt,Pd): Correlation with Microstructure Change" Japanese Journal of Applied Physics, Vol.48, (2009) ,P.(1-5).
- [5] A. F. Khan, M. Mehmooda, A.M. Rana, M.T. Bhatti" Effect of annealing on electrical resistivity of rf-magnetron sputtered nanostructured SnO_2 thin films" Applied Surface Science, Vol. 255, (2009) ,P.(8562–8565).



دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

- [6] A. Galdikas, V. Jasutis, S. Kaciulis, G. Mattogno, A. Mironas, V. Olevano, D. Senuliene, A. S&etkus” Peculiarities of surface doping with Cu in SnO₂ thin film gas sensors” Sensors and Actuators ,Vol. 43 (1997),P(140–146).
- [7] Sardar and A. Durrni “Biasng Voltage Dependence of Sensitivity of Electron Beam Evaporated SnO₂ Thin Film Co Sensor” Sensors ,Vol.6,(2006),P.(1153-1160).
- [8] B. Ki and S.Don “SnO₂ thin film gas sensor fabricated by ion beam deposition” sensor and Actuators B;Chemical ,Vol .98,(2004),P.(239-246).
- [9] R. Khandelwal, A. P. Singh, A. Kapoor, S. Grigorescu b, P. Miglietta, N. E. Stankova, A. Perrone” Effects of deposition temperature on the structural and morphological properties of SnO₂ films fabricated by pulsed laser deposition”Optics & Laser Technology,Vol. 41, (2009),P.(89– 93).
- [10] P. Rajaram , Y. C. Goswami , S. Rajagopalan, V.K. Gupta” Optical and structural properties of SnO₂ films grown by a low-cost CVD technique” Materials Letters,Vol. 54, (2002),P.(158–163).
- [11] N. G. Deshpande ,J.C.Vyas, R.harma ” Preparation and characterization of nanocrystalline tin oxide thin films deposited at room temperature” Thin Solid Films,Vol.516, (2008),P.(8587–8593).
- [12] F. Paraguay - Delgado,M.Miki - Yoshida,W. Antunez,J. Gonzalaz Hernadez, Y. V. Vorobiev ,E. Prokhorov ” Morphology and microstructure of textured SnO₂ thin films obtained by spray pyrolysis and their effect on electrical and optical properties” Thin Solid Films,Vol. 516, (2008), p.p (1104–1111).



دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير

[13]Novinrooz,Abdoljavad,Sarabadani,Parvin,Garousi,Javad,"Characterization of Pure and Antimony Doped SnO_2 Thin Films Prepared by the Sol-Gel Technique" Iran. J. Chem. Chem. Eng, Vol. 25, No.2, (2006), P. (31-38).

[14] H. A. Macleod, "Thin Film Optical Fillers", 3rd Ed, (2001).

[15] Willian C. Dickinson , Paul N. Cheremisionoff , "Solar Energy Technology" , Handbook Part A , (1980) 498.

[16] C. Mwolfe , N. Holouyak , G. B. Stillman , "Physical Properties of Semiconductor" , Prentice Hall , New York , (1989).

[17] A. K. Abass, Sol. "Energy Mater",Vol. 17, (1988) PP. 375 – 378.

[18] S. O. Kasap , "Principles of Electronic Materials and Devices" , 2nd Ed. , Mc Graw-Hill , New York (2002).

[19] K. L. Chopra , "Thin Films Phenomena" , Mc. Graw-Hill , New York , (1985).

[20] J. R. Son, ' Thin Films Technologies' , 2nd Ed , (1986).

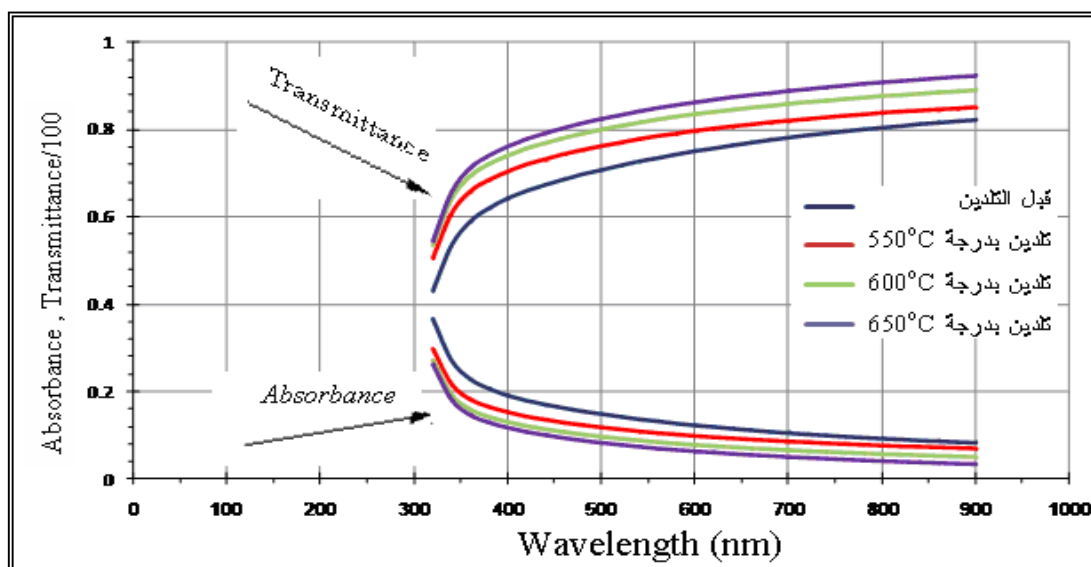
[21] T. Minami , H. Nanto , S. Takata , J. Appl. Phys. Lett. 14 (1982) 958

[22] J. I. Pankove , "Optical Processes in Semiconductors" ,Prentice-Hall , N. J, (1971).

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

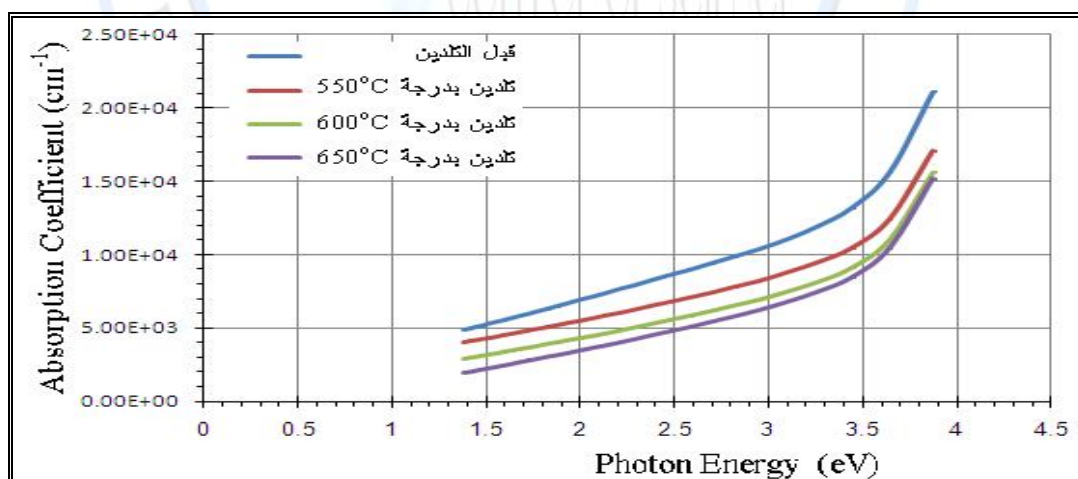
الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير



الشكل (1) الامتصاصية ، النفاذية كدالة للطول الموجي

لأغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده

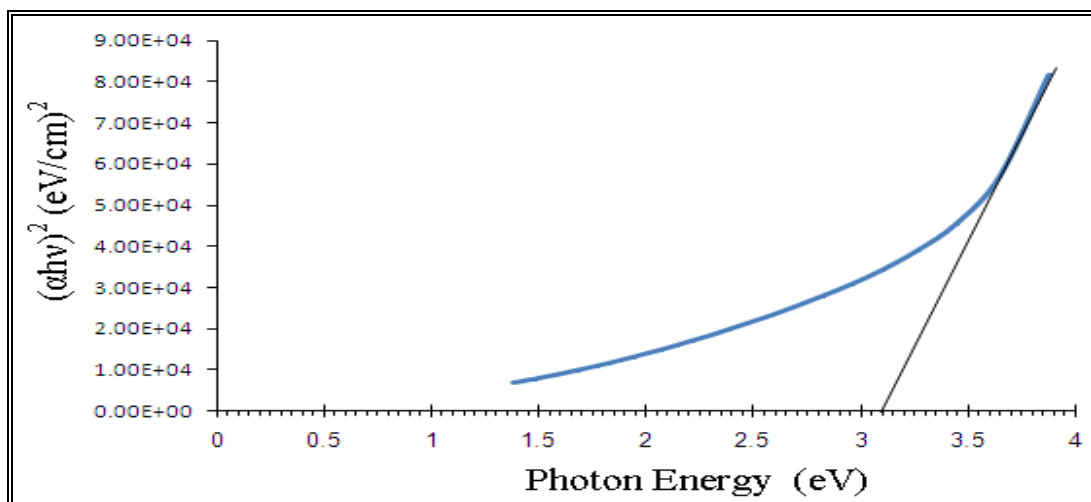


الشكل (2) معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده

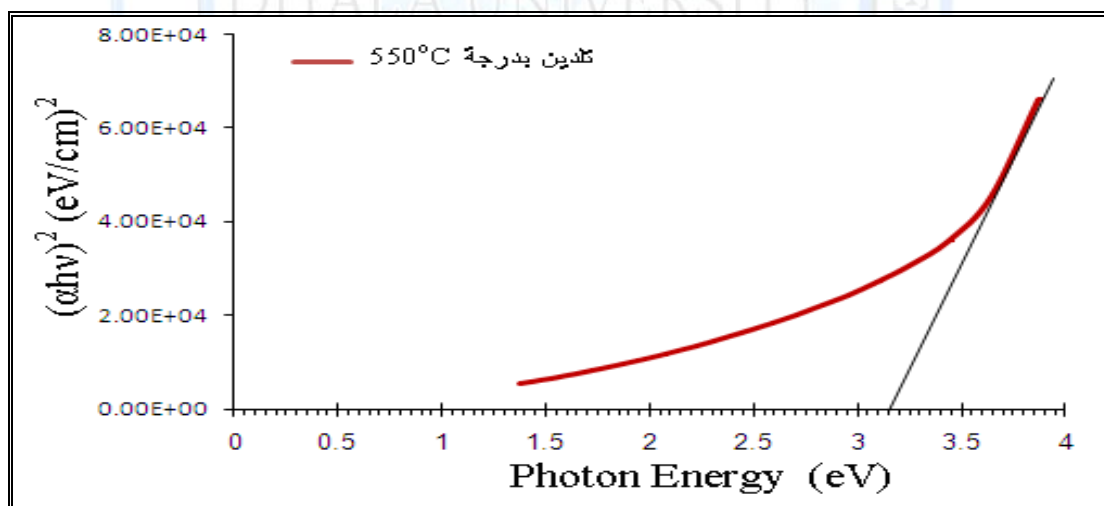
دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير



الشكل (3) الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لغشاء (SnO₂) قبل التلدين

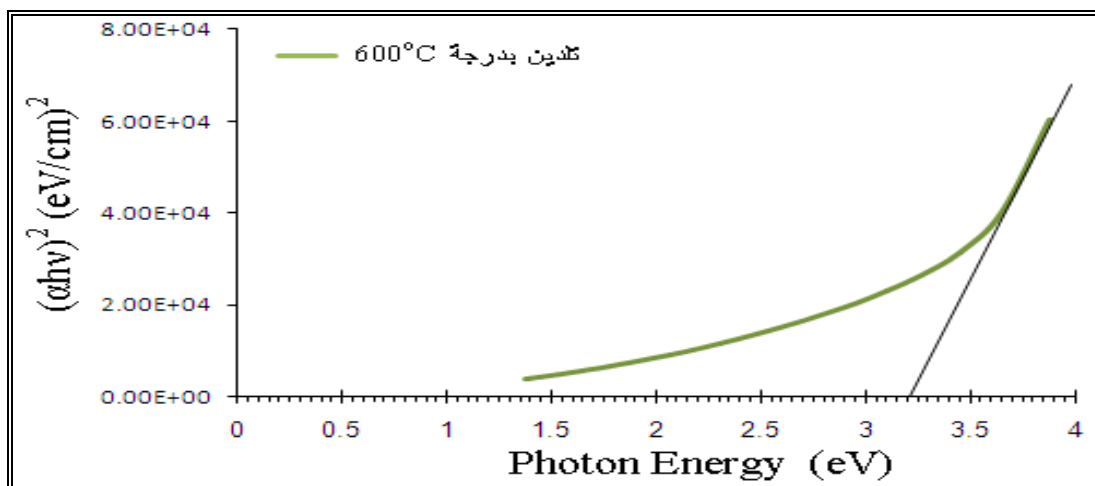


الشكل (4) الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لغشاء (SnO₂) بعد التلدين بدرجة (550°C)

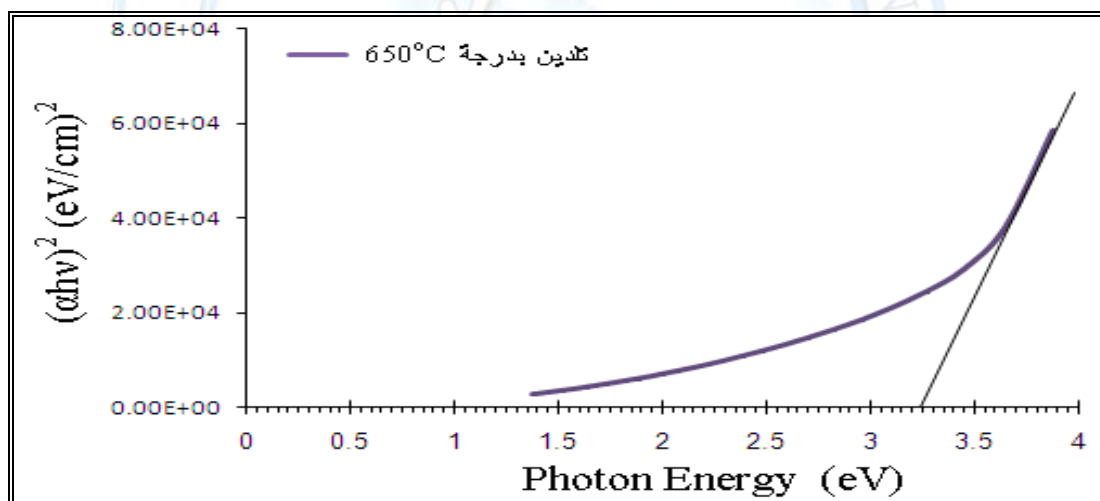
دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير



الشكل (5) الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لغشاء (SnO₂) بعد التلدين بدرجة (600°C)

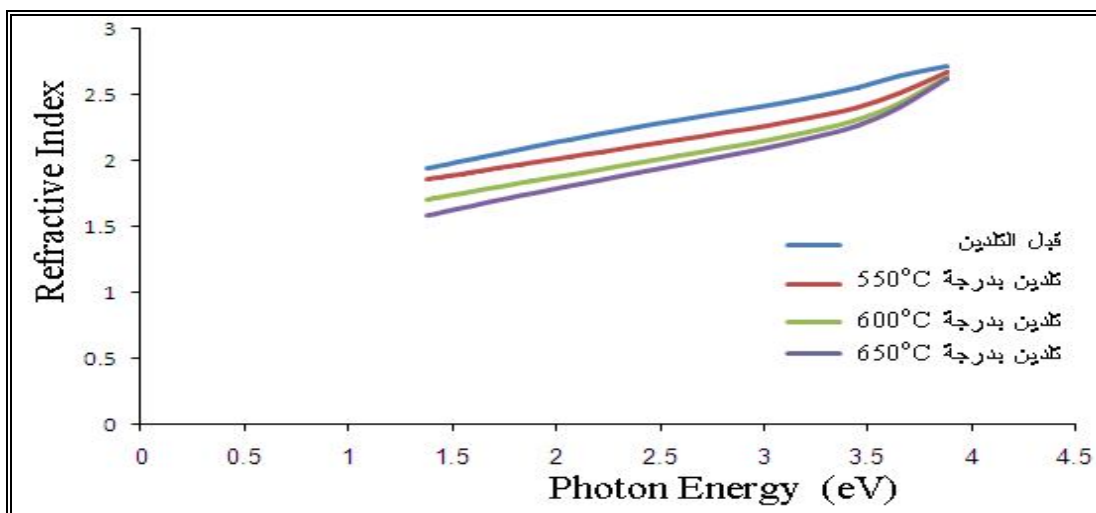


الشكل (6) الانتقالات الالكترونية المباشرة المسموحة لغشاء (SnO₂) بعد التلدين بدرجة (650°C)

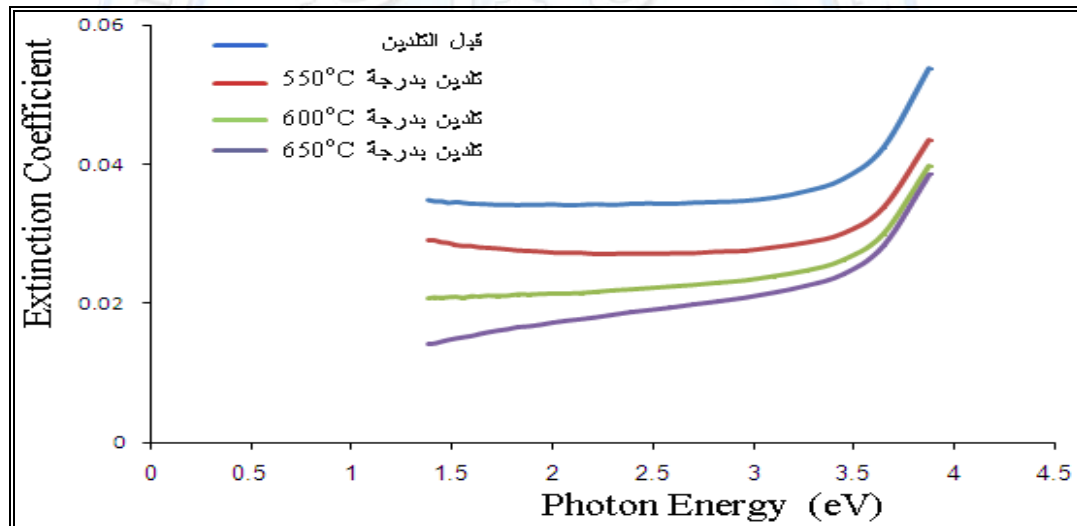
دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير



الشكل (7) معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده

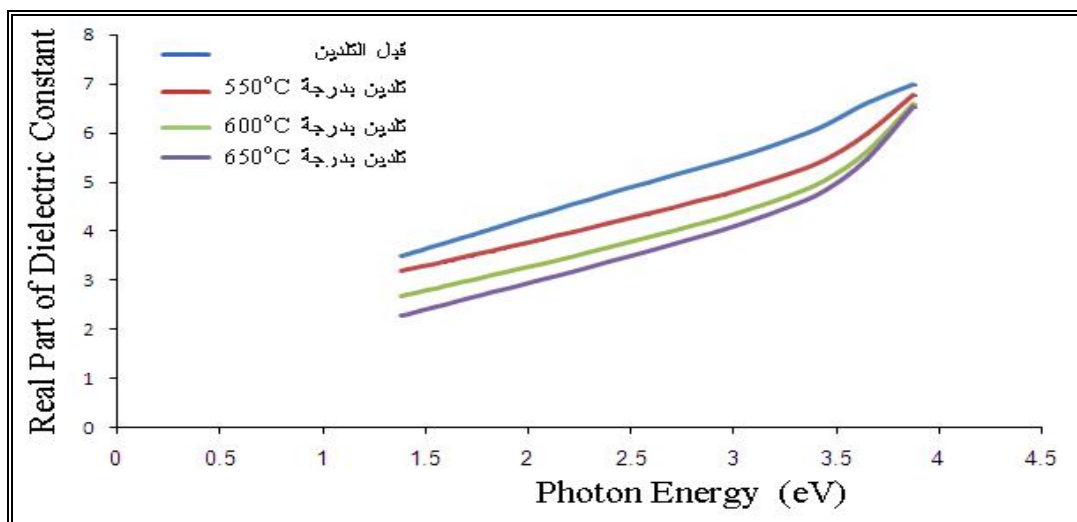


الشكل (8) معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده

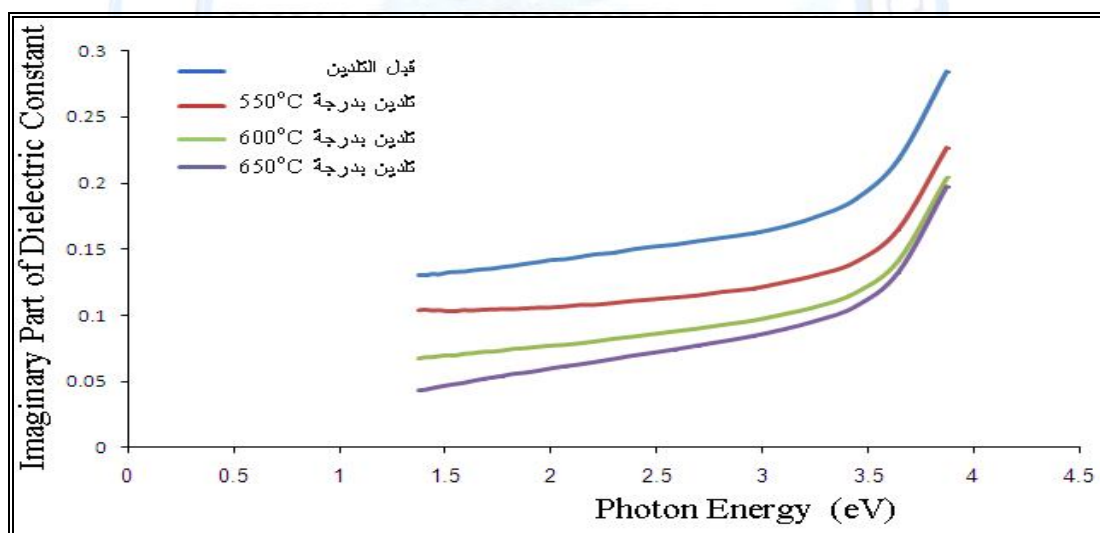
دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير



الشكل (9) الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده

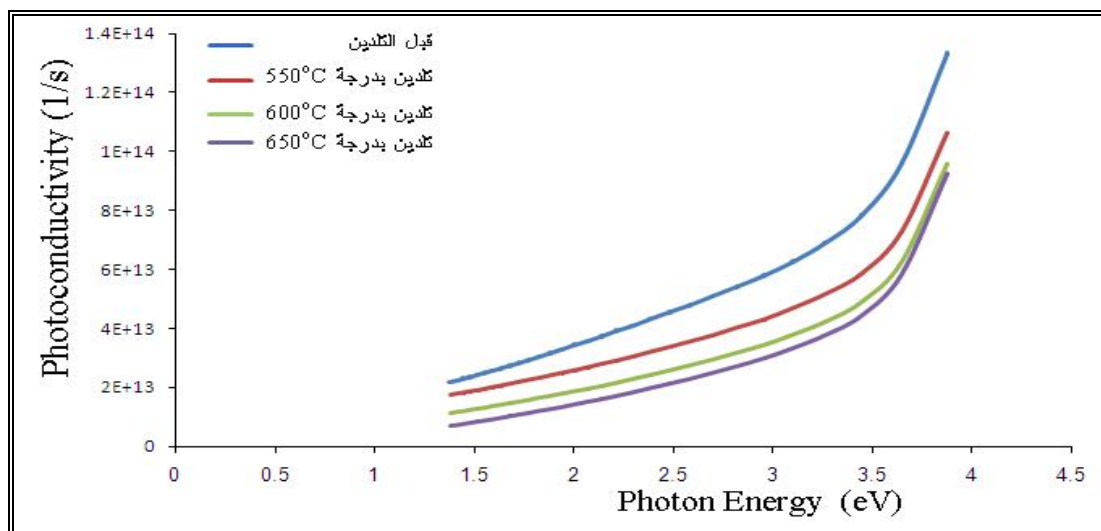


الشكل (10) الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده

دراسة تأثير التلدين على بعض الخواص البصرية لأغشية ثنائي اوكسيد القصدير

الرقيقة المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

كامران ياسين قادر، جاسم حافظ محمد، زياد طارق خضير



الشكل (11) التوصيلية الضوئية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية (SnO₂) الرقيقة قبل التلدين وبعده