

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

الجامعة المستنصرية _ كلية التربية _ قسم الفيزياء

جامعة ديالى _ كلية العلوم _ قسم الفيزياء

جامعة ديالى _ كلية العلوم _ قسم الفيزياء

الخلاصة:

لقد تم دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب (١%، ٣%، ٥%، ٧%) والمرسبة على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (٤٥٠°C بتقنية التحلل الكيميائي الحراري من خلال تسجيل طيفي الامتصاص والنفاذية في مدى الطيف (٣٨٠ - ٩٠٠ nm) حيث تم حساب فجوة الطاقة الممنوعة في الانتقال الإلكتروني المباشر المسموح وقد وجد انها تزداد بزيادة نسبة التشويب على العكس من طاقة اوريخ التي تقل بزيادة نسبة التشويب وايضا تم حساب الثوابت البصرية (الامتصاصية، النفاذية، الانعكاسية، معامل الخمود، معامل الانكسار، ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي، التوصيلية البصرية) وقد أظهرت النتائج أن جميع العوامل البصرية المذكورة التي تم دراستها في هذا البحث قد تأثرت بعملية التشويب.

الكلمات المفتاحية: اغشية اوكسيد الخارصين، التشويب بالقصدير، الخواص البصرية، تقنية التحلل الكيميائي الحراري.

Study of optical properties of pure and Sn doped ZnO thin films prepared by chemical spray pyrolysis method

Astract:

Study of the optical properties of ZnO thin films Undoped and Sn-doped with doping percentage of (1%,3%,5%,7%) have been prepared on glass substrate at (450°C) using chemical spray pyrolysis method, from during absorption and transmission spectra has been recorded in the wavelength range (380-900 nm), we have calculated energy gap in the allowed direct electron transition, it was found that the energy gap increased as the doping percentage increased, on contrary with urbach energy which decrease as the doping percentage increase, and calculated optical constant (Absorption, Transmission, reflectance, extinction coefficient, refractive index and dielectric constant in its two parts, Optical conductivity). (The results shown that all these parameters in this research were affected by doping

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

المقدمة:

أكسيد الزنك النقي أحد مركبات الزنك الكيميائية ومادة شبه موصلة، ينتمي إلى مجموعة الأكاسيد الموصلة الشفافة (Transparent Conducting Oxides) (TCOs) والتي تمتاز بنفاذية عالية في المنطقة المرئية للطيف وانعكاسية في المنطقة تحت الحمراء، بالإضافة إلى امتلاكها توصيلية كهربائية قيمتها (٢٢.٦) (S.cm⁻¹) من النوع السالب (n-type) [١]. أكسيد الزنك (ZnO) مركب صلب أبيض يصفر عند التسخين بسبب تشوهات الشبكة، وهو مادة غير سامة بعكس مركبات الكاديوم، لا يذوب في الماء والكحول ويذوب في حامض الخليك والحوامض المعدنية وفي الأمونيا و كاربونات الأمونيوم والهيدروكسيدات القلوية، لذا فهو أكسيد أمفوتيري [٢]. التركيب البلوري لأكسيد الزنك يشبه التركيب البلوري للمجموعة (الثانية-السادسة) (II-VI) لأشباه الموصلات أي التركيب السداسي المتراس (wurtzite) [٣]. لأكسيد الزنك أهمية بالغة كمادة مضيئة في أغشية التوصيل الشفافة لأن أكسيد الزنك المشوب يظهر شفافية عالية فوق (٩٠%) في المنطقة المرئية ومقاوميه واطنة بحدود $10^{-1} \text{ cm} \cdot \Omega^{-1} \times 10^4$ [٤]. نظراً لخواص (ZnO) التي جعلته مناسباً للنبائط الكهروضوئية ومنها نبائط الفولتائية الضوئية، ودايودات بعث الضوء العضوية، وكطبقات نافذة في مفرق الخلايا الشمسية وكما إن خواص (ZnO) الكهروضوئية والبصريات جعلته مناسباً أيضاً في نبائط الموجة السميكية السطحية [٥].

الجانب العملي:

حضرت أغشية أكسيد الزنك بطريقة التحلل الكيميائي الحراري باستخدام مادة اسيتات الزنك المائية ذي اللون الأبيض والتي رمزها الكيميائي $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ووزنها الجزيئي (٢١٩.٤٩ g/mol) حضر محلول اسيتات الزنك المائية بتركيز (٠.١ M) وذلك بإذابة (٢.١٩٤٩ g) منها في (١٠٠ ml)، مع إضافة بعض القطرات من حامض الهيدروكلوريك المركز وذلك لكي نحصل على محلول رائق خال من العوالق ومتجانس، وقد استخدمت العلاقة التالية للحصول على الوزن المراد إذابته ضمن العيارية أدناه [٦].

$$M = \frac{W_t}{M_{wt}} \times \frac{1000}{V} \quad (١) \dots\dots\dots$$

إذ إن:

M : التركيز المولاري W_t : الوزن المطلوب إذابته M_{wt} : الوزن الجزيئي للمادة (gm/mol).

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

تم خلط المحلول باستخدام خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) لمدة (١٥-٢٠) min، وبعد إكمال عملية الإذابة يتم الحصول على محلول (ZnO) العديم اللون. وبعد رش المحلول وترسيبه على القواعد الزجاجية الساخنة بدرجة حرارة (٤٥٠°C) نحصل على غشاء (ZnO) وفقاً للمعادلة الكيميائية الآتية.



لتحضير أغشية (ZnO) المشوبة بالقصدير (Sn)، باستخدام مادة كلوريدات القصدير المائية رمزها الكيميائي $(\text{O}_2\text{H}_4 \cdot \text{SnCl}_4)$ ، وهي عبارة عن مسحوق أبيض اللون سريع الذوبان بالماء، ووزنها الجزيئي (٣٥٠.٥٨ g/mol)، ولتحضير المحلول تم إذابة (٣.٥٠٥٨ g) من كلوريد القصدير في (١٠٠ ml) من الماء المقطر ومن ثم يضاف إلى محلول اسيتات الزنك

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

وينسب حجميه مختلفه (١%٣،٥،٥،٧) مستخدمين المعادلة رقم (١) للحصول على الوزن المراد إذابته ، حيث تم خلط المحلول باستخدام نفس التقنية السابقة وبعد ذلك يتم وضع القواعد الزجاجية على المسخن (Heater) في المنتصف تقريبا أسفل جهاز الرش الذي يحوي المحلول بعد التأكد من أن المحلول يسقط بصورة عمودية على جميع أجزاء هذه القواعد، مع مراعاة وضع بيكر مقاوم للحرارة أسفل جهاز الرش لجمع المحلول النازل ومنع سقوطه على القواعد بشكل قطرات كبيرة مما قد يؤدي إلى تكسر القاعدة أو تشوه الغشاء ثم يتم فتح الصمام في جهاز الرش والتحكم بكمية المحلول النازل منه وصولاً إلى الكمية المطلوبة والتي يحسب منها معدل الرش، بعد ذلك يتم فتح المضخة الهوائية وتحريك البيكر الموجود تحت جهاز الرش جانباً وعندها تبدأ عملية الترسيب ويرافقها ضبط لزمان الرش باستعمال ساعة توقيت، ومن الضروري أيضاً أن تترك القواعد الزجاجية على المسخن الكهربائي لمدة نصف ساعة بعد إكمال عملية الرش وذلك للسماح للأغشية المحضرة بإكمال عملية الأكسدة (Oxidation) والنماء البلوري .

وتضمنت عملية الحصول على غشاء ذو مواصفات جيدة إتباع ظروف التحضير التالية :-

- درجة حرارة القاعدة ٤٥٠ °C.
- معدل الرش ١٠ ml/min .
- ضغط الهواء ١٠ °N/m .
- المسافة العمودية بين جهاز الرش والقاعدة بحدود ٢٩ ± ١ cm.
- زمن الرش ٧ sec.
- فترة التوقف بعد كل رش ٢ min .

لقد تم قياس سمك الغشاء بالطريقة الوزنية باستخدام ميزان إلكتروني حساس نوع (Mettler AE-160) ذي حساسية (١٠^{-٤} g) وباستخدام العلاقة التالية [٧] . وقد وجد إن سمك الغشاء المحضر يبلغ (٤٠٠ nm)

$$t = (\dot{S} / w \Delta) \dots \dots \dots (٢)$$

إذ إن :

(Δw) : الفرق في الوزن. ρ : كثافة مادة غشاء أكسيد الخارصين غير المشوب (g/cm^3).

\dot{S} : مساحة الغشاء (cm^2).

وسجل طيفي النفاذية والامتصاصية باستخدام مطياف من النوع (UV-Visible Recording Spectrophotometer) المجهز من شركة (Shimadzu) اليابانية، لأجراء القياسات البصرية بمدى الأطوال الموجية (٣٨٠ - ٩٠٠) nm والجهاز من نوع ذي الحزمتين، إحداها تمر عبر الغشاء المراد إجراء القياس البصري له والأخرى تمر خلال الشريحة الزجاجية في شبك المرجع ، وباستخدام برنامج حاسوبي تم حساب قيم كافة الخصائص البصرية .

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

النتائج والمناقشة:

يمثل الشكل (١) تغيير الامتصاصية (A) كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب (١%، ٣%، ٥%، ٧%)، نلاحظ من الشكل ان الامتصاصية للأغشية غير المشوبة والمشوبة أعظم ما يمكن عند حافة الامتصاص الأساسية ثم تقل مع زيادة الطول الموجي ويزيادة نسبة التشويب فان الامتصاصية تقل مقارنة مع الأغشية غير المشوبة .

يبين الشكل (٢) تغير النفاذية (T) كدالة للطول الموجي لأغشية أكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب (١%، ٣%، ٥%، ٧%) ، ويتبين من الشكل ان النفاذية للأغشية غير المشوبة والمشوبة أقل مايمكن عند حافة الامتصاص الأساسية وتزداد مع زيادة الطول الموجي ، ونلاحظ ان النفاذية تزداد مع زيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة .

الشكل (٣) يبين تغير معامل الامتصاص (α) كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب (١%، ٣%، ٥%، ٧%)، نلاحظ من الشكل تشابه سلوك منحنى معامل الامتصاص لجميع الأغشية غير المشوبة والمشوبة حيث يزداد مع زيادة طاقة الفوتون الى ان يبلغ أعظم قيمة له في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية، وان معامل الامتصاص عند هذه الطاقات يمتلك قيمة اكبر من (10^4 cm^{-1}) وهذا يؤدي إلى حدوث انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة [٨] ونلاحظ من الشكل ان معامل الامتصاص يقل بزيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة .

وتم حساب معامل الامتصاص في منطقة الامتصاص الأساسية باستخدام العلاقة الآتية [٩].

$$\alpha = 2.303 A/t \quad (3)$$

إذ إن :

A: امتصاصية الغشاء. t: سمك الغشاء.

ويعطى معامل الامتصاص للانتقالات الالكترونية المباشرة بالعلاقة الآتية [١٠].

$$\alpha(E_g^{opt} - h\nu) = B \quad (4)$$

إذ إن:-

: معامل الامتصاص (cm^{-1}) .

r : معامل أسي يحدد نوع الانتقال .

B_0 : ثابت يعتمد على طبيعة المادة .

hν : طاقة الفوتون الممتص (eV).

E_g^{opt} : فجوة الطاقة البصرية (eV) .

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

للانتقال المباشر المسموح ، إذ يبين الشكل (٤) الانتقالات المباشرة المسموحة حيث إن زيادة نسبة التشويب أدت إلى زيادة فجوة الطاقة البصرية وذلك لأن المستويات القريبة من حزمة التوصيل تكون ممتلئة فان الإلكترونات تحتاج الى طاقة اكبر للانتقال فيبدو وكأن فجوة الطاقة تزداد .

والشكل (٥) يوضح دالة اورباخ إذ نلاحظ إن قيمتها تقل بزيادة نسبة التشويب وذلك لان عدد مستويات الطاقة الموضعية في فجوة الطاقة تقل وبذلك تقل عدد ذبول اورباخ وهذا يؤدي الى زيادة فجوة الطاقة وبالتالي تصبح المادة متبلورة بصورة جيدة ويمكن حسابها من العلاقة الآتية [١١]، ويبين الجدول اناه قيم فجوة الطاقة وقيم دالة اورباخ لجميع الأغشية المحضرة.

$$\alpha = \alpha_0 \exp\left(\frac{h\nu}{E_U}\right) \dots \dots \dots (5)$$

Eu : طاقة اورباخ (*) : التناسب hν : 7'B) 'DAH*HF

Sample	الانتقالات المباشرة المسموحة	دالة اورباخ
	(Eg(eV	(Eu(meV
Pure	٣.٢٥	٤٥٥
% ١	٣.٣٠	٤٤٤
% ٣	٣.٣٥	٣٧١
% ٥	٣.٤٠	٣١٦
% ٧	٣.٤٣	٢٩١

الشكل رقم (٦) يبين تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب ((١،٣،٥،٧) % ، إذ إن سلوك منحنى الانعكاسية للأغشية غير المشوبة والمشوبة يزداد تدريجياً مع زيادة طاقة الفوتون الى ان يهبط بشكل حاد في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية ، وتقل الانعكاسية مع زيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة ومن طيفي النفاذية والامتصاصية تم حساب الانعكاسية بموجب قانون حفظ الطاقة [١٢] .

$$1 = R + T + A \dots \dots \dots (٦)$$

R: انعكاسية الغشاء T: نفاذية الغشاء A: امتصاصية الغشاء

الشكل (٧) يبين تغير معامل الخمود (k_0) كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب ((١،٣،٥،٧) % ، من الشكل يتبين لنا ان سلوك منحنى معامل الخمود للأغشية غير المشوبة يقل بنسبة قليلة مع زيادة طاقة الفوتون ثم يزداد بشكل سريع ومفاجئ في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية ونلاحظ ان هناك تشابه في منحنى معامل الخمود مع منحنى معامل الامتصاص وذلك لان قيم معامل الخمود تعتمد على قيم معامل الامتصاص ويقل معامل الخمود بزيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة وتم حساب معامل الخمود من (K_0) من العلاقة الآتية [١٣].

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

$$k_o = \alpha\lambda/4\pi \dots\dots\dots(7)$$

يبين الشكل (٨) تغير معامل الانكسار (n_o) كدالة لطاقة الفوتون للأغشية غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب ((١،٣،٥،٧،٩)٪، الشكل يوضح ان سلوك منحنى معامل الانكسار للأغشية غير المشوبة يكون ثابت تقريباً مع زيادة طاقة الفوتون ثم يهبط بشكل حاد في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية ويقبل بزيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة ، اذ نلاحظ ان طبيعة منحنى معامل الانكسار مشابه تقريباً لطبيعة منحنى الانعكاسية نظراً لارتباط (R) مع (n_o) وفقاً للعلاقة الآتية [١٤].

$$n_o = \left[\left(\frac{1+R}{1-R} \right)^2 - (k_o^2 + 1) \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1+R}{1-R} \dots\dots\dots(٨)$$

الشكل (9) يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب مختلفة (١،٣،٥،٧،٩)٪، نلاحظ من الشكل ان ثابت العزل الحقيقي للأغشية غير المشوبة يزداد تدريجياً مع زيادة طاقة الفوتون ثم يهبط بشكل حاد في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية ويقبل مع زيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة وان سلوك المنحنى يشبه إلى حد ما سلوك منحنى معامل الانكسار ونرى ان تأثير معامل الخمود قليل جداً مقارنة بتأثير معامل الانكسار لذلك يمكن إهماله عند الطاقات الفوتونية الواطئة ويمكن حساب ثابت العزل الحقيقي من العلاقة الآتية. [15]

$$\varepsilon_1 = n_o^2 - k_o^2 \dots\dots\dots(٩)$$

والشكل (١٠) يبين تغير ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالقصدير بنسب تشويب ((١،٣،٥،٧،٩)٪، ونلاحظ ان ثابت العزل الخيالي للأغشية غير المشوبة ثابت مع زيادة طاقة الفوتون ثم يزداد في مدى الطاقات المقابلة لحافة الامتصاص الأساسية ويقبل بزيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة وان سلوك المنحنى مشابه إلى سلوك منحنى معامل الخمود وهنا يكون تأثير معامل الانكسار قليل جداً فيهمل وبحسب ثابت العزل الخيالي من العلاقة الآتية [١٥].

$$\varepsilon_2 = 2n_o k_o \dots\dots\dots(١٠)$$

الشكل (١١) يبين تغير التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون للأغشية غير المشوبة تزداد مع زيادة طاقة الفوتون وتقل مع زيادة نسبة التشويب للأغشية المشوبة بالمقارنة مع الأغشية غير المشوبة وتحسب وفق العلاقة الآتية [١٦].

$$\sigma = \alpha n_o c / 4\pi \dots\dots\dots(١١)$$



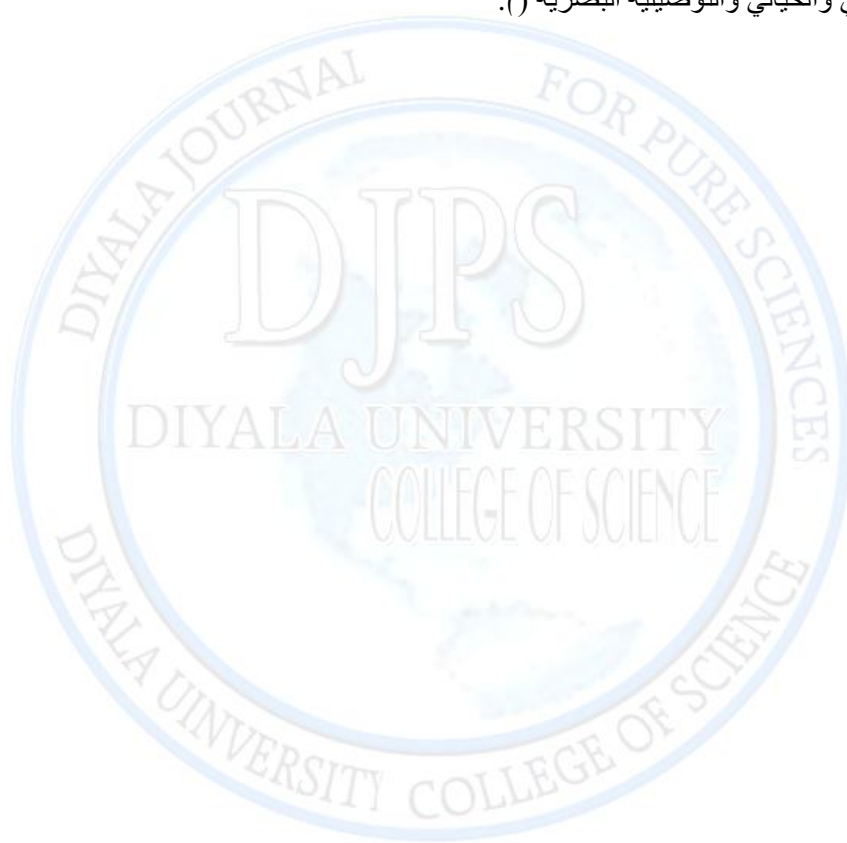
دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

الاستنتاجات:

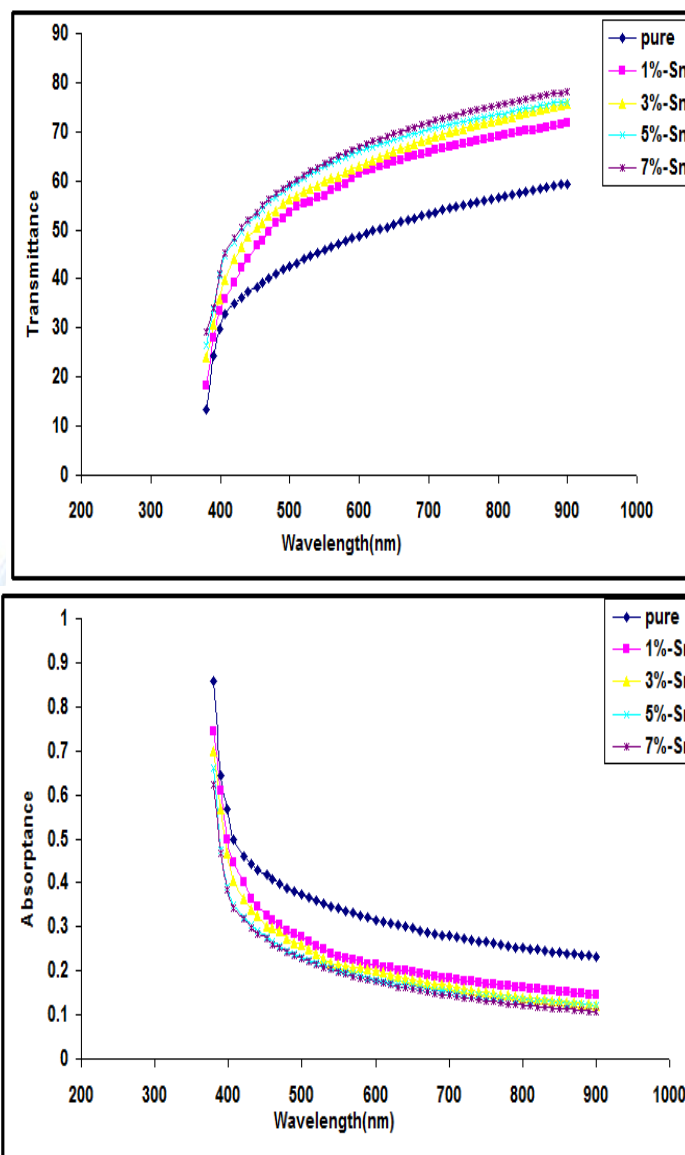
- ١- تمتلك الأغشية المحضرة انتقالات الكترونية مباشرة مسموحة لان معامل الامتصاص اكبر من (10^4 cm^{-1}) .
- ٢- فجوة الطاقة البصرية تزداد بزيادة نسبة التشويب.
- ٣- زيادة نسبة التشويب أدت الى الزيادة في قيم النفاذية (T).
- ٤- زيادة نسبة التشويب أدت الى نقصان كل من الانعكاسية (R) معامل الانكسار (n_0) معامل الخمود (K_0) ثابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي والتوصيلية البصرية (σ).



دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي



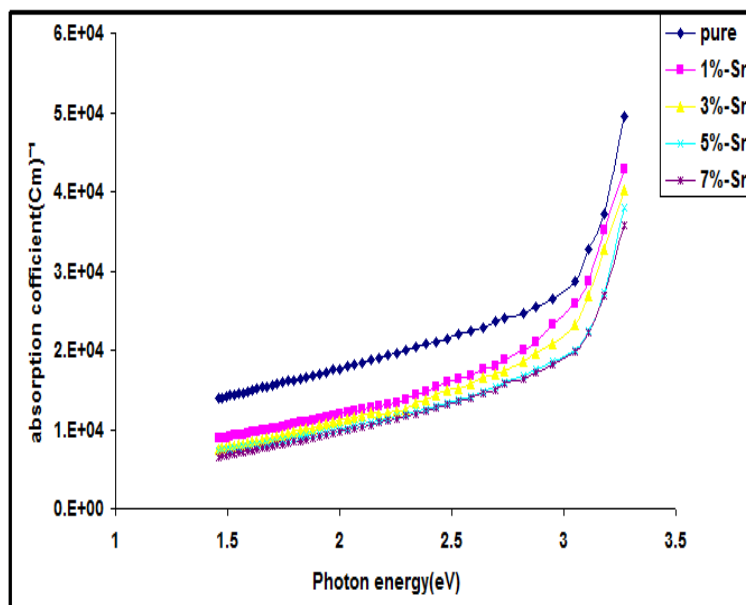
الشكل (١) الامتصاصية كدالة للطول الموجي

الشكل (٢) النفاذية كدالة للطول الموجي

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

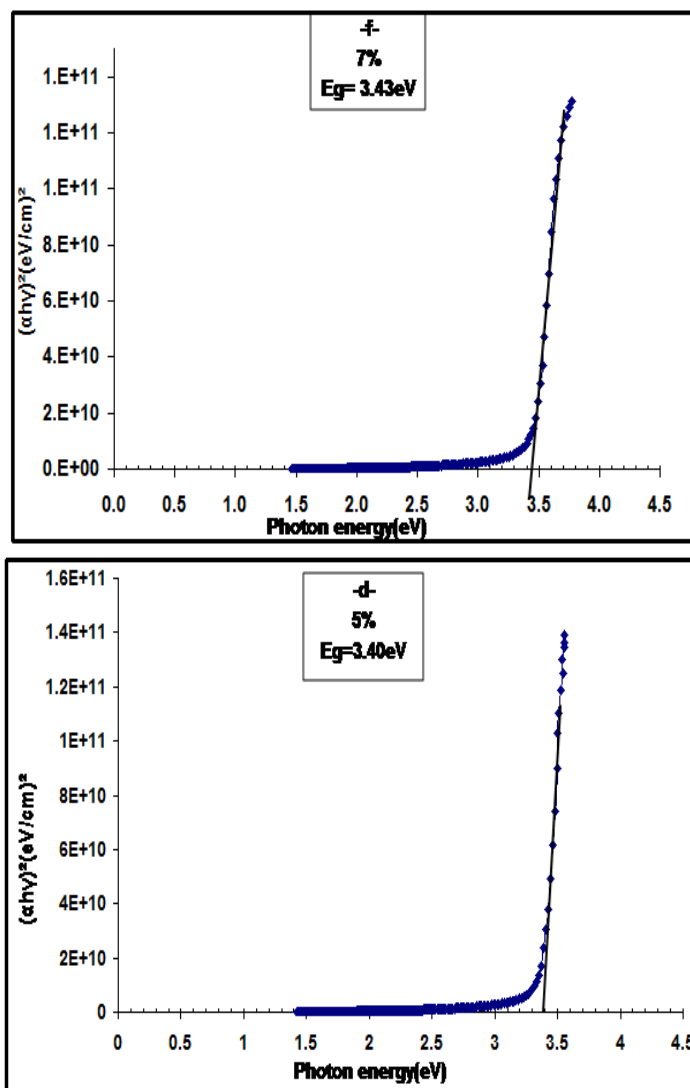


الشكل (٣) معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

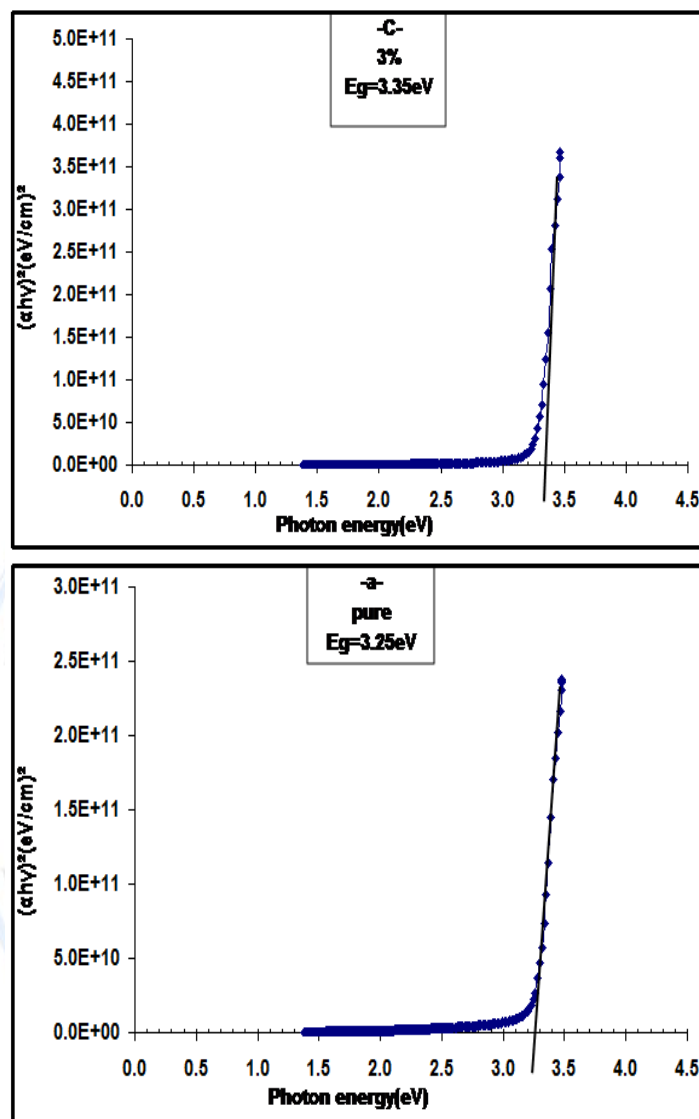
أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي



دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

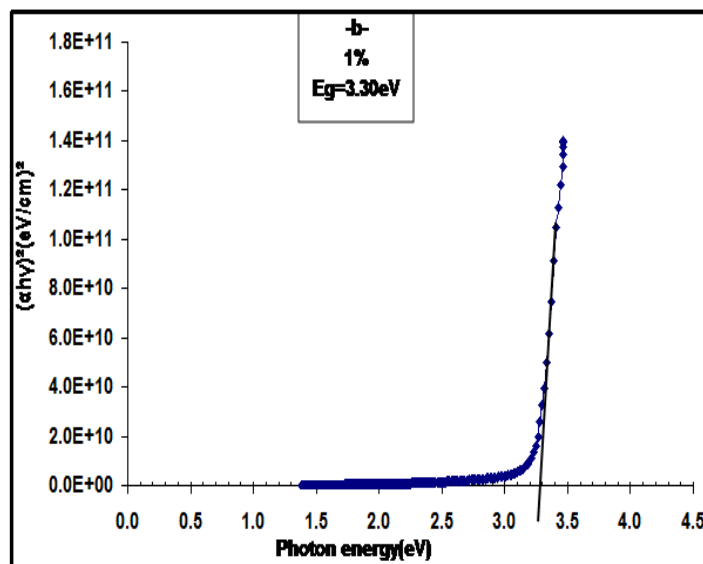
أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي



دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

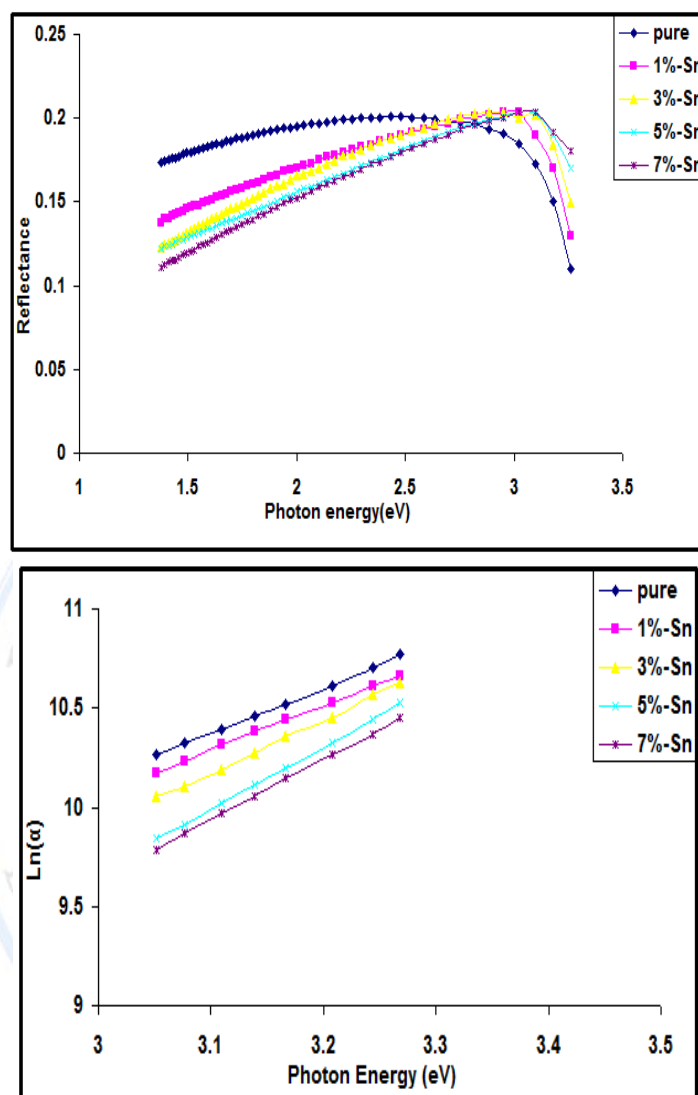


الشكل (٤) فجوة الطاقة البصرية كدالة لطاقة الفوتون

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

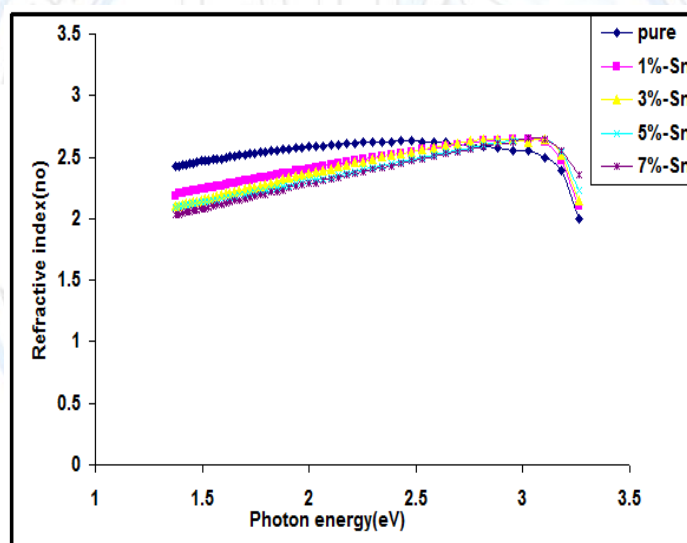
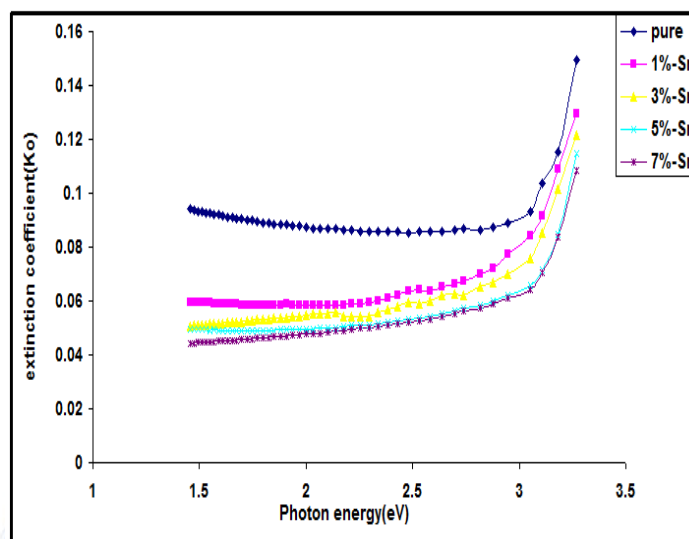


الشكل (٦) الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون الشكل (٥) طاقة اورياباخ كدالة لطاقة الفوتون

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي



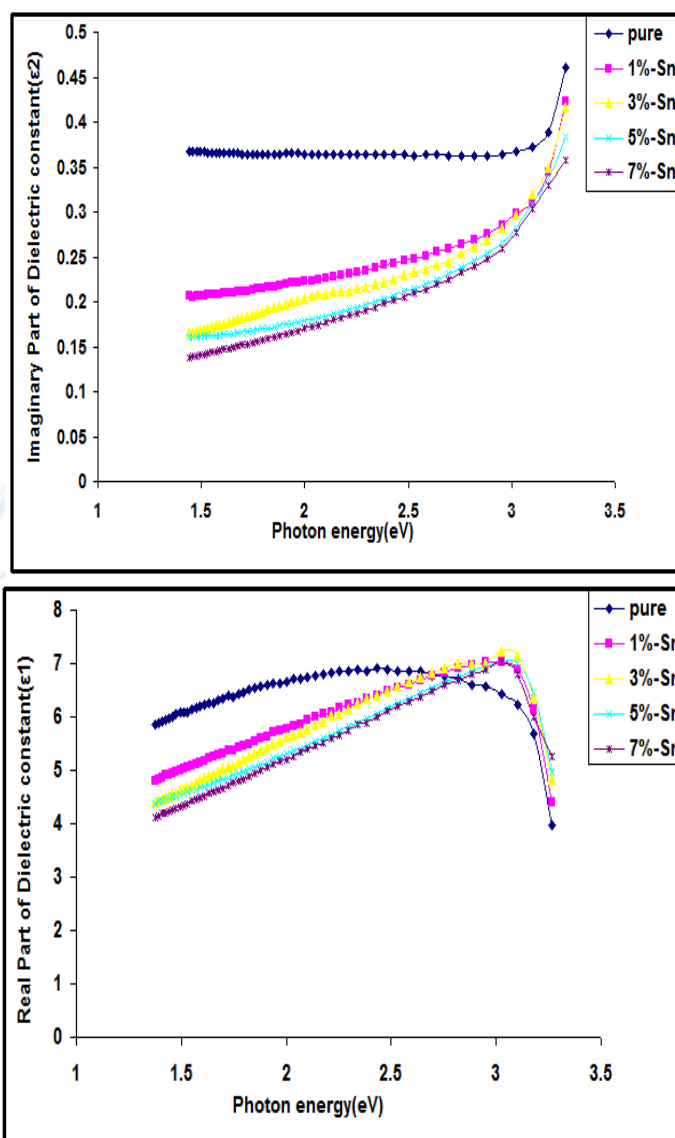
الشكل (٧) معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون

الشكل (٨) معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

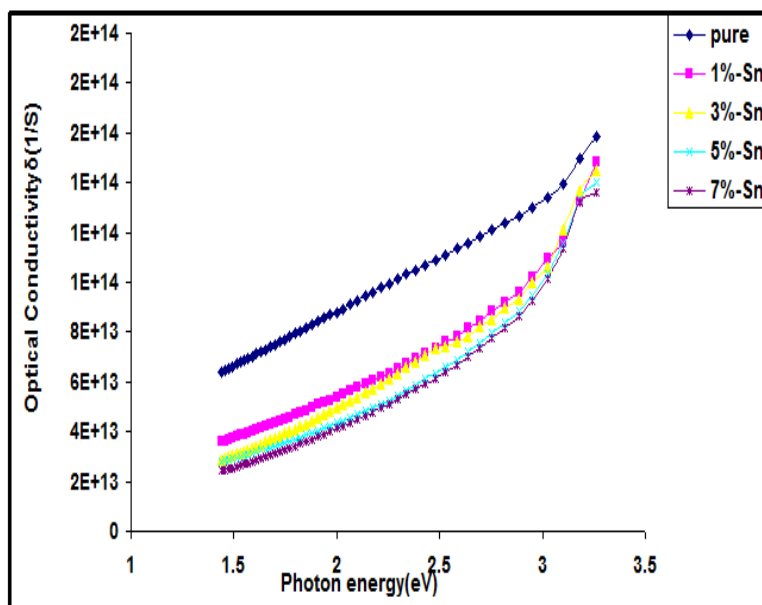


الشكل (٩) ثابت العزل الحقيقي كدالة لطاقة الفوتون الشكل (١٠) ثابت العزل الخيالي كدالة لطاقة الفوتون

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الزنك (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي



الشكل (١١) التوصيلية البصرية كدالة لطاقة الفوتون

دراسة الخواص البصرية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) النقية والمشوبة

بالقصدير (Sn) المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

أ.خضير عباس مشجل _ أ.م. د صباح أنور سلمان _ نور محمد علي

المصادر:

- ١- "T. J. Coutts and D. L. Young and X.Li" Infrared Physics- ٢٢ (١٩٨٢) ٨١.
- مهدي ناجي الزكوم، "الكيمياء اللاعضوية"، كتاب مترجم، ج ٢ - (1988)
- اف جي هايت "التكنولوجيا وفيزياء اجهزة اشباه الموصلات" تمت الترجمة في جامعة الموصل ٣-(١٩٩٠)
- ٤- (K. Emilar , R. Schieck , S. Fiechter , Appl. Surf. Sci. 70 (1993
- ٥- T.K.Subramanyam,B.Srinivasulu S.Uthanna,J,Cryst.Res,Technol., V.35, No.10- (P.119(2000،
- جي. أي. دي، "الكيمياء اللاعضوية العامة" ترجمة د. حبيب عبد الاحد، مطبعة الموصل (١٩٨٦) ٦-
- أمين سليمان، احمد فؤاد باشا وشريف أحمد خيرى، "فيزياء الجوامد" مطبعة دار الفكر العربي (٢٠٠٠) ٧-
- ٨- M.M.Hafiz, A.H.Moharram, M.A.Abdel-Rahim, A.A.Abu-Sehiy, Thin solid films, Vol.292(1997) 7
- ٩- (Irwin,USA, (1992، "Semiconductor Physics and Devices"، A.n.Donald
- ١٠- Wiley- Interscience publication, "Deep unparity in Semiconductors" ، A. G. Nilens ((1973.
- ١١- ، S. W. Xue, Y. T. Zu, W. L. Zhou, H. X. Dang, X. Xiang. L. Zhang and H. Deng Journal of "Film Effects of Post Thermal Annealing on The Optical Constants of ZnO Thin" pp. 21 ، (٢٠٠٨) Alloys and Compounds, Vol. 448
- ١٢- A.Bhadwaj, B.L.Gubta, A.Raza, A.K.sharma and O.P.Agnihotr, Solar Cells, 5, 39 (١٩٨١).
- ١٣- (Physics of Thin Films", Plenum Press ,(1977" ، Ludmlia Ecjertova
- ١٤- (K. L. Chopra , " Thin Film Devices Applications " , Plenum press , New York (1983
- ١٥- (٠٠ M.A Khashau.A.M. EL-Nagger, optics communications, vol174, p.445(20-
- ١٦- I.C Ndukwe "solution growth characterization and applications of zinc sulphide thin films", solar Energy Materials and solor cells ١٢٣ (١٩٩٦)