تأثير السمك والتلدين على المعلمات البصرية لاغشية اوكسيد الخارصين المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

آمال احمد خلف

الجامعة المستنصرية /كلية التربية

الخلاصة :

حضرت اغشية رقيقة من اوكسيد الخارصين على قواعد من زجاج البوروسليكات بتقنية التحلل الكيميائي الحراري .وتم دراسة الخواص البصرية باختلاف السمك وتم معاملتها بدرجات حرارة مختلفة .

ان الثوابت البصريه قد درست بالاعتماد على اطياف الامتصاصية والنفاذية لهذه الاغشيه في مدى الاطوال الموجيه (400-900 nm) وتم حساب الثوابت البصريه الاتيه : معامل الامتصاص ,الانعكاسية ,معامل الخمود , معامل الانكسار وثابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي والايصالية الضوئية.

المقدمة:

للاغشية الرقيقة اهمية واستعمالات كثيرة في العديد من انواع هندسة الانظمة وخطوات واسعة في تقدم تقنيات التطوير السريع المصغر مثل الدوائر الالكترونية الكامله وان الحاجة للاغشية الرقيقة من المستوى العالي جدا للانتاج متميز الخصائص قاد الى تطور سريع في فيزياء التراكيب المادية الذي يدخل في صناعة الطلاءات السطحية لحماية المواد الهيكلية في درجات حرارية عالية وتدخل في تقنيات هائلة تجارية مثل محركات الدفع الغازي . تعتبر الاغشية الرقيقة عنصر مكمل للعديد من الانظمة الكهروميكانيكية الدقيقة المصممه للعمل كمحسسات او مشغلات اومكتشفات الكترونيه , ودخلت في مكبرات الصوت في سماعات الاذن وكذلك تطورت بوضع رقائق الكترونية في مرايا على مساند انظمة بصرية ومسابر لاكتشاف درجة نضج الثمار . [1]

يعد اوكسيد الخارصين (ZnO) النقي مركب صلب أبيض اللون، يصفَر عند التسخين وهو مادة غير سامة ، لايذوب في الماء والكحول وانما يذوب في الحوامض ، لذا فهو اوكسيد أمفوتيري [2]

تعد اكاسيد التوصيل الشفافة Transparent Conducting Oxides (TCOs) من اهم اشباه الموصلات وهي عبارة عن اشباه موصلات مركبة مكونه من معدن متحد مع الاوكسجين مثلها , SnO_2 , ZnO وتتميز بارتفاع توصيليتها ونفاذيتها البصرية [4,3] مما جعلها تاخذ مكانا بارزا في البحوث النظرية والتطبيقية لفيزياء الحالة الصلبة فقد استعملت في طلاءات النوافذ والمرايا الحرارية واجهزة الموجات السمعية وغيرها . [6,5] يمتاز الغشاء الرقيق المحضر من مركب اوكسيد الخارصين بامتلاكه فجوة طاقة عالية تبلغ 3.2)eV)عند درجة حرارة $300^{o}K$ لذلك اتاحت دخوله في استعمالات عديدة منها [7]، الخلايا الشمسية SolarCells، محولات الطاقة الاجهادية، المرايا الحرارية (Heating Mirrors)، المقاومات المتغيرة، خطوط المايكروف واجهزة متحسسات الغازات (Gas. Sensors)وميزة اخرى لـ ZnO هي الاستقرار الكيميائي (Chemical Stability) في وجود بلازما الهيدروجين (Hydrogen Plasma) التي مكنته من الدخول في صناعة الخلايا السيليكونية العشوائية (Amorphous Silicon Solar Cells)التي تحضر باستخدام البلازما .[7]

يهدف البحث الحالي الى دراسة الخصائص البصرية لاغشية اوكسيد الخارصين مختلفة السمك وتحت تاثير المعاملة الحرارية (التلدين) المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري .

العمل التجريبي -:

تم تحضير أغشية ZnO حيث استخدمت محلول كلوريد الزنك اللامائي ($ZnCl_2$) وهي مادة صلبة ذات لون ابيض وزنها الجزيئي (136.299g) حيث يتم وزن (136.299g) من مادة كلوريد الزنك وبمولاريه (0.1) واذابتها في حجم (100 ml) من الماء المقطر .ولضمان الذوبان التام المحلول يستخدم خلاط مغناطيسي (Magnetic Stirrer) ثم يترك المحلول لفترة زمنية مناسبة للتأكد من عدم وجود أي رواسب مع ضمان تبريد المحلول قبل الترسيب كي نمنع التحلل السريع لمكوناته ، ثم يوضع المحلول الناتج في جهاز الترسيب ويرش المحلول على قواعد زجاجيه ساخنه بدرجه ($450^{o}C$)وبفعل الحرارة تتبخر الغازات ويترسب غشاء اوكسيد الخارصين على القاعدة، ذات لون اصفر اثناء التكوين يميل إلى اللون الابيض عند التبريد، والأغشية الناتجة شفافة ومستقرة وذات قوة التصاق عالية . تم تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية باستخدام (UV-Spectrophotometer) جهاز المطياف الضوئي نوع (1650-1700) من شركة شيمادزو اليابانية لمدى الاطوال الموجيه nm (400-900) ولقياس سمك الاغشية استخدمت الطريقه الوزنيه وقد كانت الاسماك (0.4,0.5 mμ)

المعاملة الحرارية – التلدين Annealing Process

ان عملية تعريض الغشاء لدرجة حراريه معينه ولفتره زمنيه محدده تدعى بالمعامله الحراريه وقد تجرى هذه العمليه بالفراغ او بوجود الغازات او الهواء وتؤثر عملية التلدين على التركيب البلوري

والانتقالات الالكترونيه وتؤدي الى تقليل المستويات الموضعيه في المواد اللابلوريه . اما في المواد البلوريه فانها تقلل من العيوب البلوريه حيث اما انها تمنح الذرات الطاقه الحركيه اللازمه لاعادة ترتيب نفسها في الشبيكه البلوريه ونحن استعملنا فرنا كهربائيا من نوع (L7C-Manfredi) ايطالي المنشأ وتصل درجة حرارته اكثر من $800^{O}C$ بوجود الهواء الجوي وقد تم تلدين الغشاء بدرجات حراريه ^{O}C (580,610) ولمدة ساعتين ثم يترك الغشاء داخل الفرن الى ان يبرد و تم تسجيل طيفي الامتصاصية والنفاذية باستخدام مطياف لمدى الطيف (900-400 nm) قبل التلدين وبعده .

النتائج والمناقشه-:

يتأثر طيف الاشعة السينيه كثيرا اعتمادا على الظروف التحضيرية وبالأخص درجة حرارة قاعدة الترسيب لما لها اثر في اكمال النمو البلوري ويتاثر بنوعيتها المستخدمه ، وبما ان تقنية البحث كانت التحلل الكيميائي الحراري فان سرعة تبريد القاعدة عند الترسيب يؤثر سلبيا في التبلور وكذلك نوع القاعدة المستخدمه للترسيب .وفي هذا البحث تم دراسة حيود الاشعة السينية لعينة حضرت بدرجة حرارة 450^{o} C وتبين ان جميع الاغشية ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع السداسي مع نمو جيد في الاتجاهية [002] وهذا يتفق مع [7,8] وكما موضح من الاشكال .(3) (2) (1)

يمكن ايجاد العديد من الثوابت البصرية من خلال دراسة طيف الامتصاصية لمديات واسعة من الاطوال الموجيه حيث تتأثر امتصاصية المواد بعدد من العوامل مثل السمك ، وطول موجة الاشعاع الساقط ولون المادة . والشكل (4) يمثل تغيير طيف الامتصاصية كدالة لطول الموجي باختلاف السمك وقد بينت الحسابات ان الامتصاصية تقل مع زيادة الطول الموجي للاغشية كافه ويعني هذا فيزيائياً ان الفوتون الساقط لم يستطع ان يهيج الإلكترون وينقله من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل لان طاقة الفوتون الساقط اقل من قيمة فجوة الطاقة لشبه الموصل ولهذا أصبحت الامتصاصية تقل حيث نلاحظ ان الغشاء المحضر يمتاز بامتصاصية في الاطوال الموجية القصيرة وان طيف الامتصاصية يقع ضمن المنطقة المرئية وبعدها نلاحظ نقصانه بزيادة الطول الموجي بعد هذه المنطقه اما الشكل يظهر ان الاغشية تزداد امتصاصيتها مع زيادة سمك الغشاء .والشكل (5) يمثل تغيير طيف الامتصاصية كدالة لطول الموجي باختلاف درجة حرارة التلدين حيث ان الامتصاصية تزداد بالتلدين ، يظهر منحنى النفاذية كمافي الشكل (6)حيث يبدي زيادة مفاجئة وقوية عند الطول الموجي (450 nm)ثم يميل الى التشبع بعد ذلك مما يدل على ان هذه الاغشية تصلح كنافذة بصرية (Window Gap) للخلايا الشمسية لان المنطقة الطيفية الفعالة في الخلايا الشمسية تقع في المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي ونلاحظ نقصان النفاذية بزيادة سمك الغشاء واما الشكل (7) يوضح النفاذية كدالة لطول الموجي قبل وبعد التلدين حيث تقل النفاذية بزيادة درجة

الحرارة ..وقد تم حساب معامل الامتصاص (Absorption Coefficient -α-) في منطقه الامتصاص الاساسيه باستخدام العلاقه الاتيه [8]:

$$\alpha = 2.303\ A/t \qquad \ldots(1)$$

اذ تمثل A:امتصاصيه الغشاء t : سمك الغشاء

يبين الشكل (8) تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون الساقط لأغشية ZnOبأختلاف السمك وكانت قيم معامل الامتصاص ($\alpha > 10^4 Cm^{-1}$) كما يدل على احتمالية كبيرة للانتقالات الالكترونيه وان الطاقات العالية التي حسبت عندها هذه القيم هي فجوة الطاقة ,ان معامل الامتصاص يكون قليل عند الطاقات الفوتونية الواطئة وفيها تكون احتمالية الانتقالات الالكترونية قليلة وتزداد قيم معامل الامتصاص عند حافة الامتصاص بأتجاه الطاقات العالية ويتاثر معامل الامتصاص بزيادة السمك وذلك لعلاقتهم العكسية.اما بعد اجراء التلدين لاحظنا ان معامل الامتصاص يزداد بزيادة درجات الحراره مما يدل على زيادة التبلور وتقليل العيوب البلورية وهذا مايوضحه الشكل (9) وتم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقالات المباشره المسموحه اي فجوة الطاقه الواقعه بين قمة حزمه التكافؤ وقعر حزمة التوصيل عند المتجه الموجي (K=0) باستخدام المعادلة الآتيه [9]

$$(\alpha h\upsilon)^2 = A^2 (h\upsilon - E_g) \qquad \ldots (2)$$

الشكل (10) يمثل المنحني المرسوم بين $(\alpha h\upsilon)^2$وطاقه الفوتون لاغشيه ZnO المختلفة السمك وبمد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقه الفوتون عند النقطة ($(\alpha h\upsilon)^2 = 0$)نحصل على قيمه فجوه الطاقه الممنوعه للانتقال المباشر المسموح ونلاحظ ان قيم (Eg) تقل بزيادة سمك الغشاء.وهذا النقصان يمكن تفسيره بان زيادة سمك الغشاء ادت الى زيادة عدد التصادمات الفوتون مع المادة وبذلك سوف تمتص المادة بشكل اكبر مما يؤدي الى نقصان فجوة الطاقة .اما شكل (11) يوضح فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح بعد التلدين حيث يبين ان فجوة الطاقة سوف تقل بازدياد درجات الحرارة ويعزى سبب ذلك الى تكوين المستويات الموضعية بالقرب من حزمة التوصيل وتكون مهيأه لاستقبال الالكترونات وتوليد ذيول في فجوة الطاقة والتي تعمل بدورها الى تقليل فجوة الطاقة وتم حساب فجوة الطاقة الممنوعة للانتقالات المباشره الممنوعه باستخدام العلاقه :

$$(\alpha h\upsilon)^{2/3} = A^{2/3} (h\upsilon - E_g) \qquad \ldots (3)$$

برسم العلاقة بين $(\alpha h\upsilon)^{2/3}$ وطاقة الفوتون $(h\upsilon)$ومد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $[(\alpha h\upsilon)^{2/3} = 0]$ نحصل على قيمة فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر الممنوع لاغشية(ZnO)

الشكل (12) يمثل المنحني المرسوم بين $(\alpha hf)^{2/3}$ وطاقة الفوتون لاغشيه ZnOالمختلفة السمك .

الشكل (13) يمثل فجوة الطاقة للانتقال المباشر الممنوع بعد التلدين في الحالتين هناك نقصان في فجوة الطاقة .

وتم حساب فجوة الطاقة E_g'للانتقال الغير المباشر المسموح اعتماداً على المعادلة الاتيه

$$(\alpha h\upsilon)^{1/2} = A^{1/2} (h\upsilon - E_g' \pm E_p) \ldots\ldots\ldots(4)$$

حيث E_pطاقة الفونون .

وبرسم العلاقة بين $(\alpha h\upsilon)^{1/2}$ وطاقة الفوتون $(h\upsilon)$ لغشاء اوكسيد الخارصين، نلاحظ وجود جزئين مستقيمين كما في الشكل (14)لاختلاف السمك والشكل (15) بعد عملية التلدين

جدول (1)قيم فجواة الطاقه الممنوعه للانتقالات الالكترونيه للاغشية المختلفة السمك

السمك mμ	Eg (ev) مباشر مسموح	Eg (ev) مباشر ممنوع	Eg (ev) غيرمباشر مسموح	Ep (eV) طاقة الفونون
0.4	2.95	2.85	1.82	0.68
0.5	2.9	2.7	1.75	0.75

جدول (2) قيم فجوة الطاقه البصرية في الانتقالات الالكترونيه لاغشية (ZnO)قبل وبعد التلدين

درجة الحرارة C^o	Eg (eV) المباشر المسموح	Eg (eV) المباشر الممنوع	Eg (eV) غيرالمباشر المسموح	Ep (eV) طاقة الفونون
450	2.9	2.7	1.82	0.68
580	2.85	2.65	1.7	0.7
610	2.75	2.6	1.4	0.85

وتم حساب الانعكاسية (R) من العلاقة :[10]

$$A+T+R=1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

والشكل (16) يبين تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون باختلاف السمك اذ نلاحظ ان الانعكاسية تزداد بزيادة طاقة الفوتون وان اختلاف السمك ادى الى تغيير قيم الانعكاسية وقد بينت النتائج ان الانعكاسية تزداد بزيادة سمك الغشاء اذان اختلاف السمك اثر في التركيب البلوري لمادة الغشاء وغير طبيعة سطوح الاغشية وكذلك بزيادة درجات حرارة التلدين وهذا موضح بالشكل (17).

وتم حساب معامل الخمود (K_o) للاغشية المحضرة من المعادلة الاتية[11]

$$K_o = \alpha\lambda/4\pi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

حيث ان λ الطول الموجي للشعاع الساقط والشكل (18) يبين تغير معامل الخمود مع طاقة الفوتون لجميع الاسماك وجد ان معامل الخمود يزداد بزيادة طاقة الفوتون ونستطيع ملاحظ التشابه في طبيعة منحني معامل الخمود مع منحني معامل الامتصاص اذ ان التشابة ناتج عن اعتماد قيم معامل الخمود على قيم معامل الامتصاص ويتاثر معامل الخمود بزيادة سمك الغشاء لعلاقته مع معامل الامتصاص بينما يزداد بزيادة درجة حرارة التلدين كما في الشكل (19).

تم حساب معامل الانكسار (n_o) وفق المعادلة [12]

$$n_o=\{(1+R)^2/(1-R)^2-(K_o^2+1)\}^{1/2}+(1+R)/(1-R) \quad ....(7)$$

الشكل (20) يبين تغير معامل الانكسار مع طاقة الفوتون يزداد معامل الانكسار بصورة تدريجية تبعا لزيادة طاقة الفوتون باختلاف السمك ,ان طبيعة منحني معامل الانكسار مشابهة لطبيعة منحني الانعكاسية وذلك لارتباط الانعكاسية مع معامل الانكسار وان اعلى قيمة تكون مقاربة لفجوة الطاقه ونلاحظ زيادة قيم معامل الانكسار بزيادة السمك وكذلك بزيادة درجات حرارة التلدين كما في الشكل (21)وهذا يعزى الى زيادة قيم الانعكاسية.

تم حساب ثابت العزل الحقيقي (ε_1)من المعادلة [13]

$$\varepsilon_1 = n_o^2 - k_o^2 \quad .... (8)$$

الشكل (22) يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الحقيقي مع طاقة الفوتون باختلاف السمك اذ نلاحظ ان سلوك المنحني يشبه الى حد سلوك منحني معامل الانكسار ونلاحظ ان تاثير معامل الخمود قليل جدا مقارنة بتأثير معامل الانكسار ويمكن اهماله خاصة عند الطاقات الفوتونيه الواطئة اما عند زيادة السمك نلاحظ ان طبيعة منحني ثابت العزل الحقيقي بصورة عامه لم يتغير شكلا ويعزى ذلك الى ارتباط الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي بمعامل الانكسار .ونلاحظ ان ثابت العزل الحقيقي يزداد بزيادة سمك الغشاء والشكل (23) يوضح ثابت العزل الكهربائي الحقيقي بعد عملية التلدين حيث قيمه تزداد بزيادة درجة الحرارة .تم حساب ثابت العزل الكهربائي الخيالي من المعادله [14]

$$\varepsilon_2 = 2\, n_o\, k_o \quad .... (9)$$

فيوضح الشكل (24)يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الخيالي مع طاقة الفوتون باختلاف السمك ونلاحظ تشابهه طبيعة تغيير بين الجزء الخيالي ومعامل الخمود حسب العلاقة التي بموجبها تم حساب قيم الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي حيث يكون تاثير معامل الانكسار صغيرا جدا فيهمل .اذان قيمة ثابت العزل الخيالي تتاثر مع زيادة سمك الغشاء اما بالتلدين فان قيمه تزداد بازدياد درجات الحرارة كما في الشكل (25) لعلاقته بمعامل التوهين .

و تم حساب التوصيلية الضوئية وفقا للعلاقة [15]

$$\delta = \alpha n_o C/4\pi \quad ... (10)$$

حيث C :سرعة الضوء في الفراغ .

الشكل (26) يبين تغير التوصيلية الضوئية مع طاقة الفوتون ونلاحظ تاثر قيم التوصيلة بزيادة طاقة الفوتون باختلاف السمك لاعتمادها على معامل الامتصاص .وانها تزداد بزيادة درجات الحرارة عند التلدين كما موضح بالشكل (27) ويعزى السبب ان عملية التلدين ولدت مستويات موضعية داخل فجوة الطاقه البصرية ادت الى نقصان في قيمة فجوة الطاقة وهذه المستويات عملت كمستويات مساعده لانتقال الالكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل ممادى الى زيادة التوصيلية الضوئية .

الاستنتاجات

1 -يتبين من نتائج والفحوصات التركيبية لاغشية اوكسيد الخارصين المحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري ولكافة الاسماك ولكافة درجات الحرارة وضمن ظروف التحضير المنتخبة انها ذات تركيب متعدد التبلور.

2- ان زيادة السمك ادى الى زيادة في قيم الانعكاسيه (R) ومعامل الانكسار (n_o) والجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي.

3 - بما ان زيادة معامل الامتصاص هي زيادة بطيئة عند الطاقات الفوتونية الواطئة ، اي انه بالامكان استخدام اوكسيد الخارصين كطلاء مضاد للانعكاسية ضمن الطاقات الفوتونية الواطئة

4-تمتلك الاغشية المحضرة ضمن الظروف المنتخبة انتقالات الكترونيه مباشره مسموحه وممنوعة وغيرمباشره مسموحه .

5 -ان التلدين ادى الى نقصان في قيمة فجوة الطاقة البصرية .

6-ان التلدين ادى الى زيادة في قيم الانعكاسيه (R)ومعامل الانكسار (n_o)والجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي.(ε_1)

7-ادى التلدين الى زيادة في قيم معامل الخمود (k_o)والتوصيليه الضوئية (σ)والجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي (ε_2)

8 -ادى التلدين الى تحسين الصفات البصرية وذلك لزيادة قيمة الامتصاص.

المصادر

[1]L. B. Freund,Division of Engineering Brown UniversityThin Film Materials (January 12, 2003)

[2] Roth, D.Williams "Properities of ZnO Films Prepared By Oxidation of Diethylzinc"J.Appl.phys.vol. (52)NO.(11)(1981), P6685.

[3] Schropp, A.Madan " Properities of conductive ZnO Films for Transparent Electrds Applications Prepared By Rf Magnetron Sputtering" J.Appl. phys .vol.(66) No.(5)(1989),p.2027.

[4] S.Studeuikin, N.Golego, M.Cocivera," Carrier Mobility And Density Cntributions to photoconductivity Transients in polycrystalline ZnO films" J.Apple.phys. vol.(87) No.(5) (2000), p, 2413.

[5] Eboth, A.Hichou and M.Addam," Flow Rate and interface Roughness of Zinc Oxide Thin films Deposition by Spray Pyrolysis Technique "J.Appl. phys. Vol.(93) No.(1)(2003), P.632.

[6] M. Suchea, S. Christoulakis, M. Kath Avakis, N.Kats Arakis, E. Koudoumas and G. Kiria Kidis Phusics Pepartment, University of Create, (2005).

[7] S.Mandal, R.K.Singha, A.Dhar, S.K.Ray " optical and Structural Characteristics of ZnO thin films grown by rfmagnetron sputtering materials Research Bulletin (2008).43,244-250,

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

[9]J.I.Pankove,"OpticalProcesses in Semiconductors", Prentice-Hall, N. J, (1971).

[10]K.L.Chopra.S.Major and D.K.pandya"Transparent Conductors-Astatus Review",Thin solid film vol(102)(1983)p(1-46).

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

]12[Wighert, Thomos,Kring,Thomos,Woff conference,condensed Matter,V185,N1-4,P279-307.Triste(1993).2nd Ed, McGraw-Hill, New York, (2002).

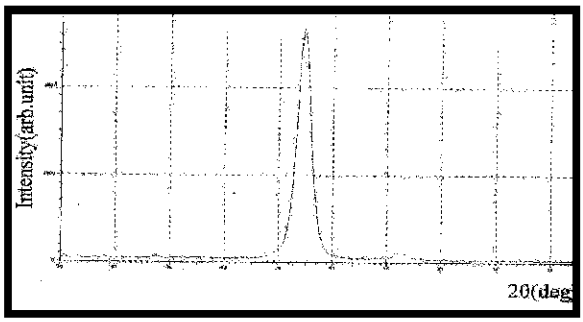
[13] M.A Khashau.A.M. EL-Nagger,optics communications ,vol174,p.445(2000).

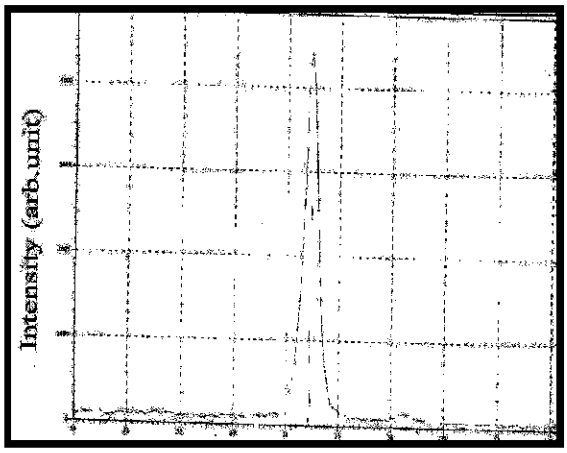
[14] T.M.Kazykov ," Thin soild film "vol.64, p.301(1988).

[15] S.Nakamura, A.Yamamoto, Sol. Energy MATER. Sol. Cells, vol.65(2001) 79.

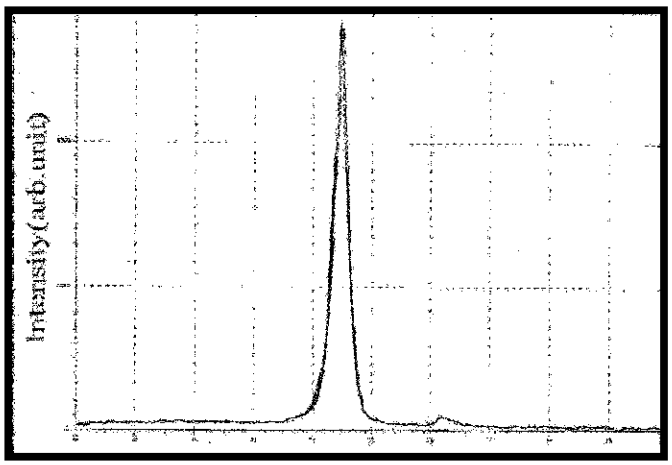
الاشكال

شكل (1) حيود الاشعة السينية لاغشية ZnO

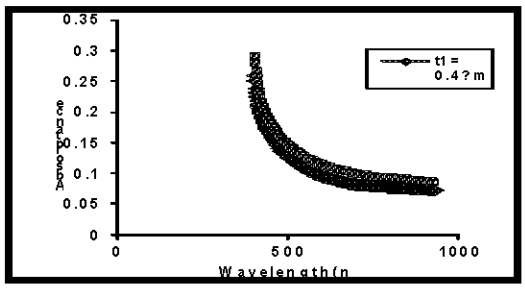




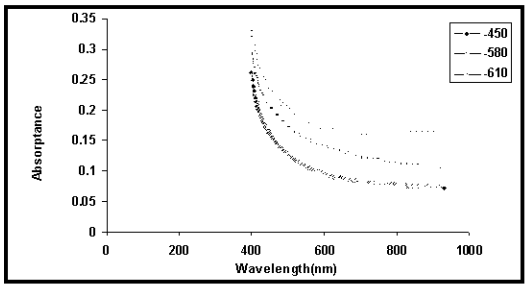
شكل (2) حيود الاشعة السينية لاغشية ZnOبسمك 0.5µm



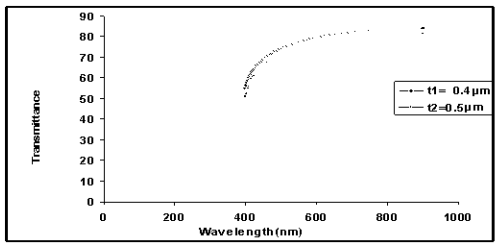
شكل (3) حيود الاشعة السينية لاغشية ZnO بعد التلدين



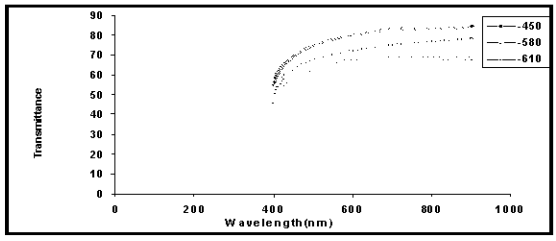
شكل (4)تغيير الامتصاصية كدالة لطول الموجي لمختلف السمك



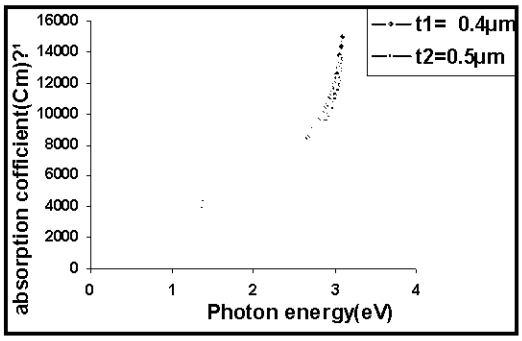
شكل (5)تغير الامتصاصية كدالة لطول الموجي قبل وبعد التلدين لمختلف



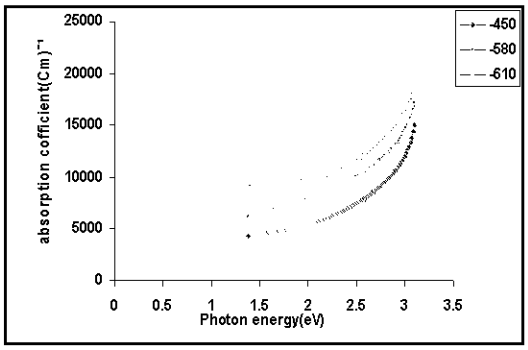
شكل (6)تغير النفاذية كدالة لطول الموجي لمختلف السمك



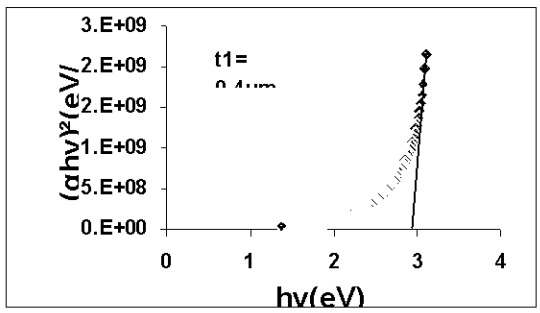
شكل (7)تغير النفاذية كدالة لطول الموجي قبل وبعد التلدين

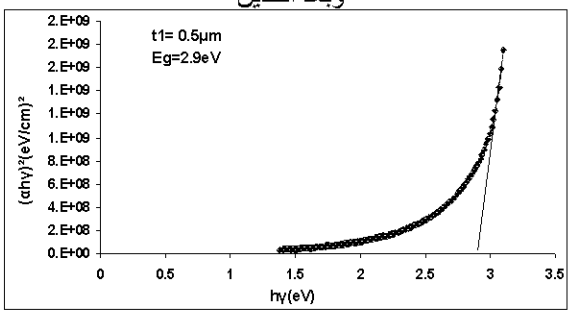


شكل (8)تغير معامل اللامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لمختلف السمك



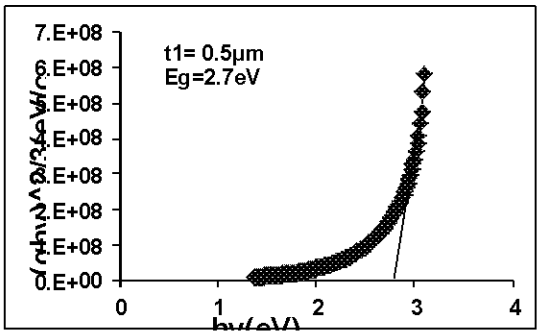
شكل (9)تغيرمعامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون قبل وبعد التلدين

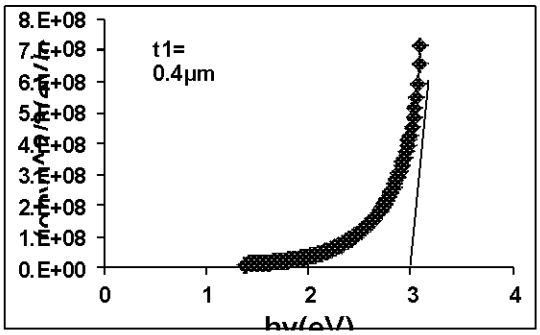




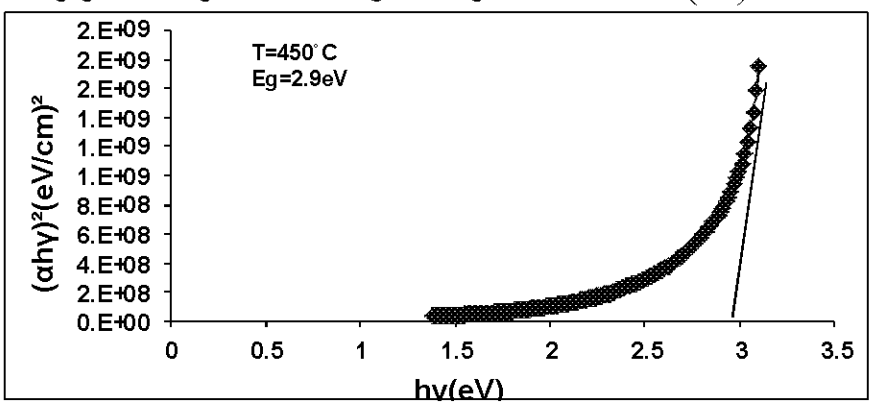
الانتقالات الالكترونية

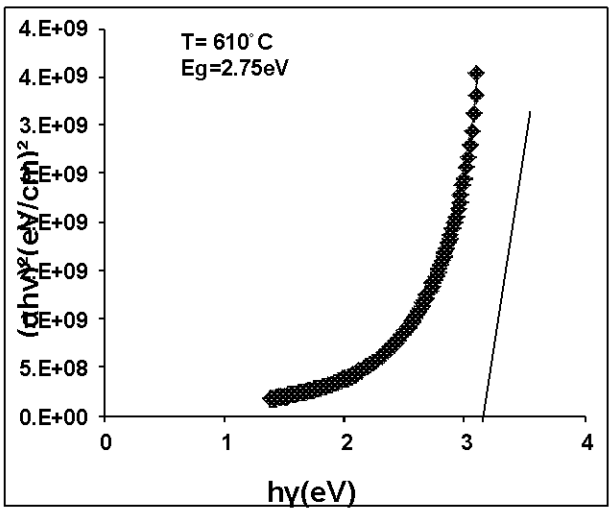
شكل (10) الانتقالات المباشره المسموحه لمختلف السمك

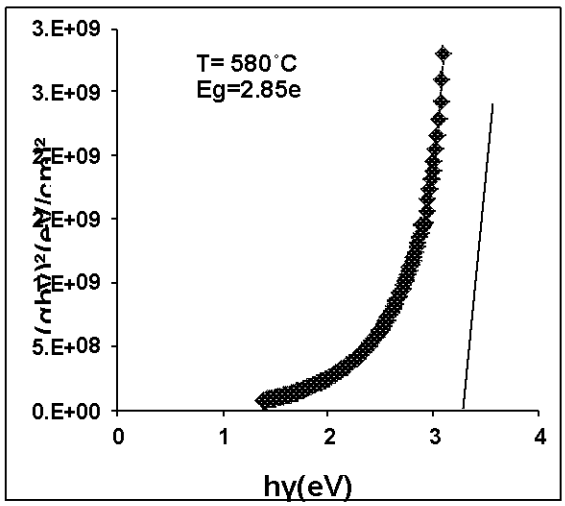


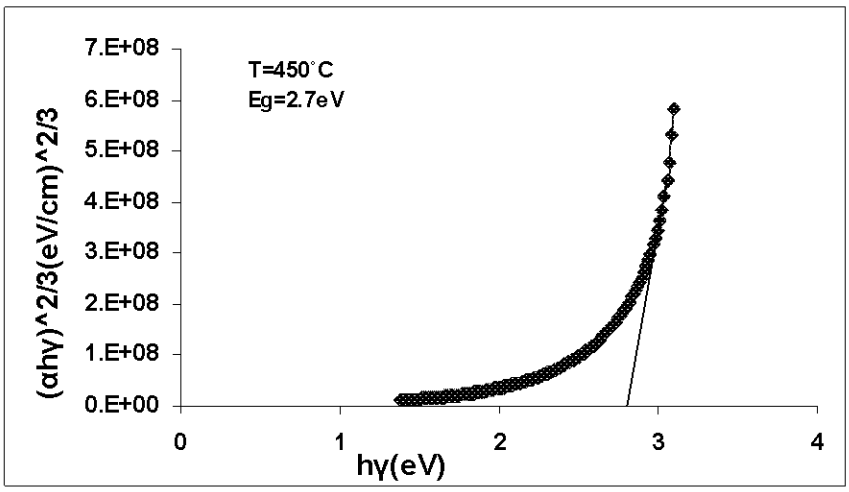


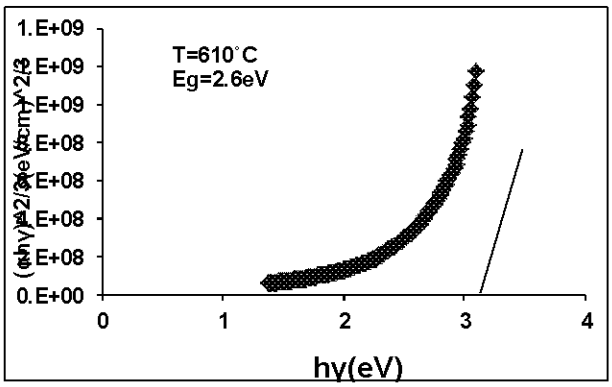
شكل (11) الانتقالات المباشره المسموحة لمختلف درجات الحرارة

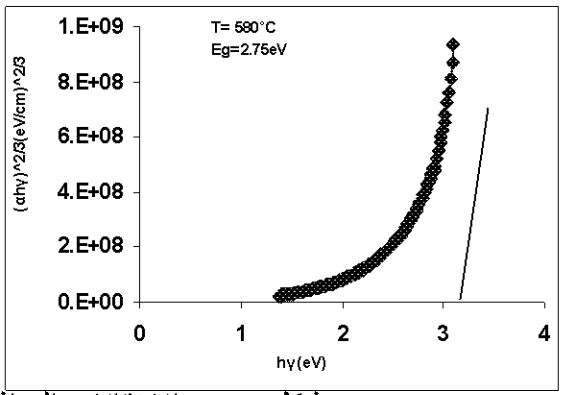




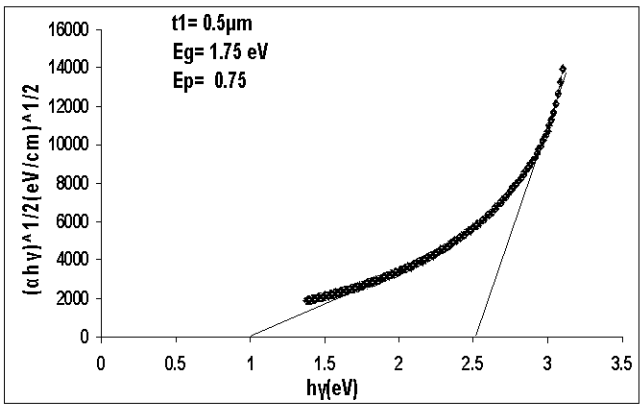




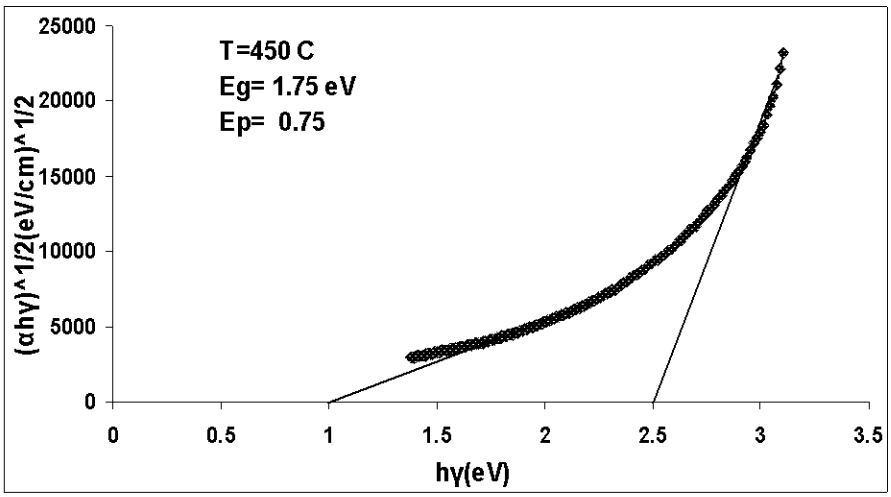


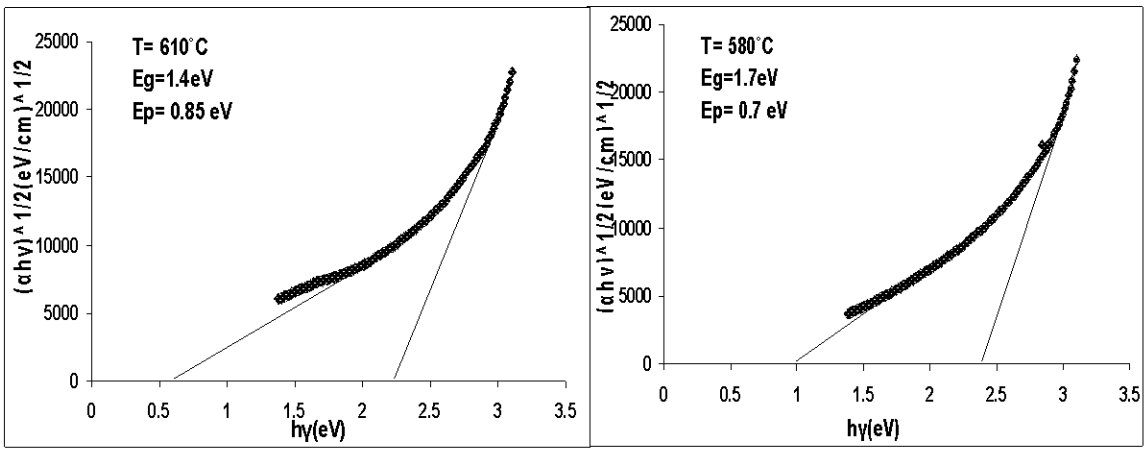


شكل (13) الانتقالات المباشره ممنوعة لمختلف درجات لحرارة

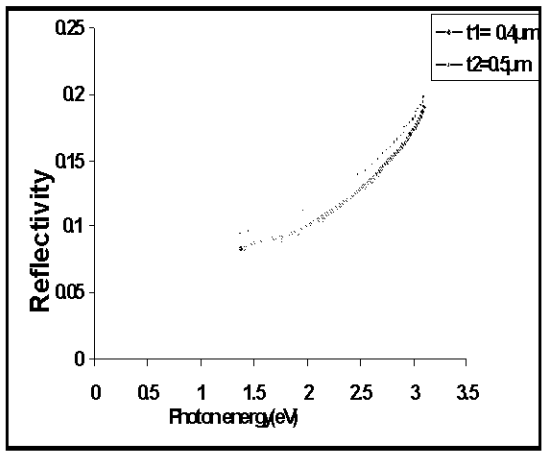


شكل (14) الانتقالات غير المباشره المسموحة لمختلف السمك

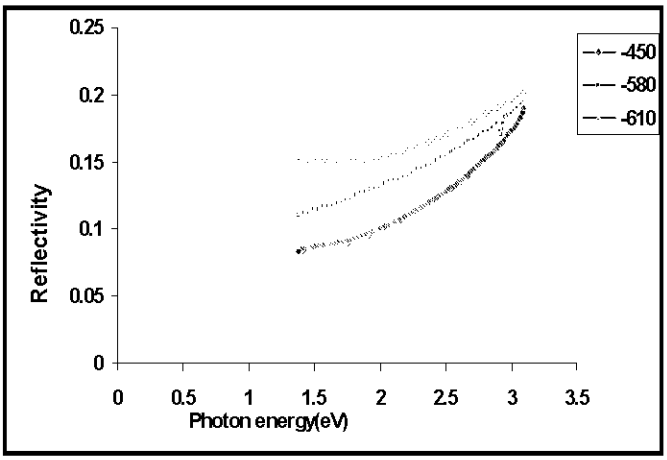




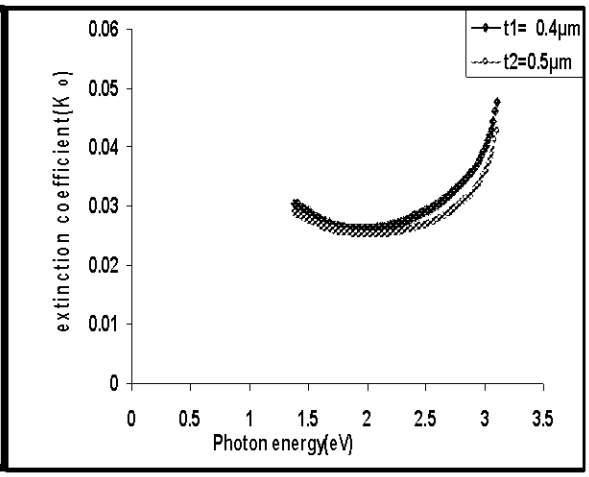
شكل (15) الانتقالات غير المباشره المسموحة لمختلف درجات الحرارة



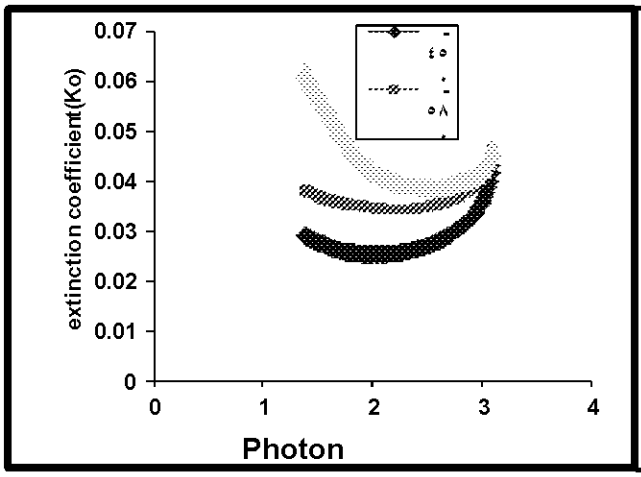
شكل (16)تغير الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لمختلف السمك



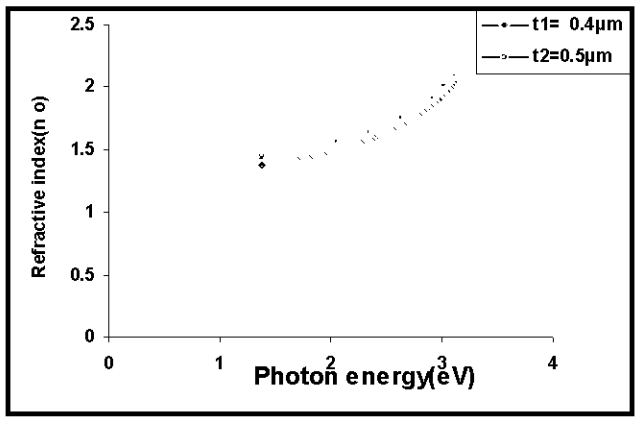
شكل (17)تغير الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون قبل وبعد التلدين



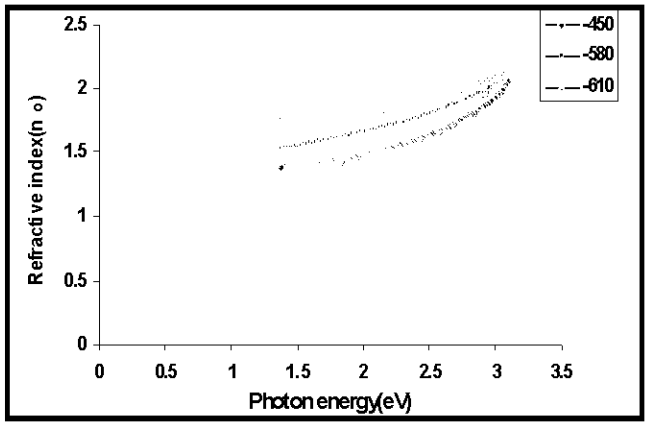
شكل (18)تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون لمختلف السمك



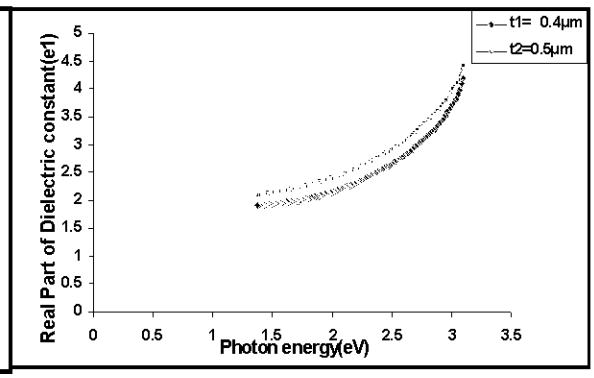
شكل (19)تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون قبل وبعد التلدين



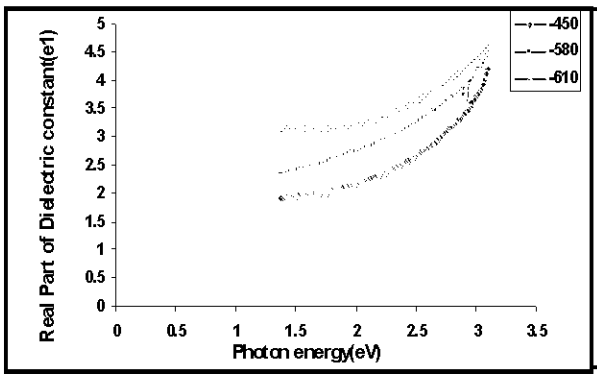
شكل (20)تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لمختلف السمك



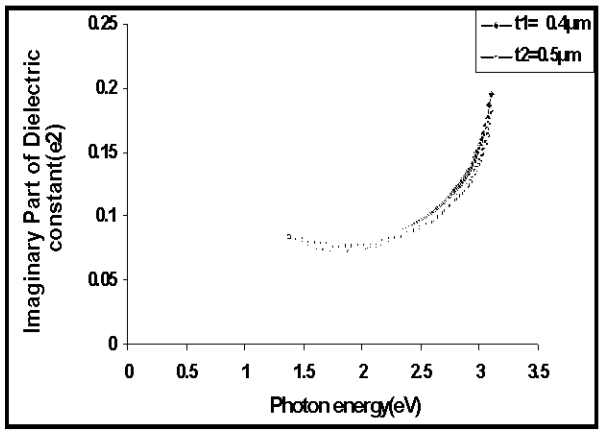
شكل (21)تغير معامل النكسار كدالة لطاقة الفوتون قبل وبعد التلدين



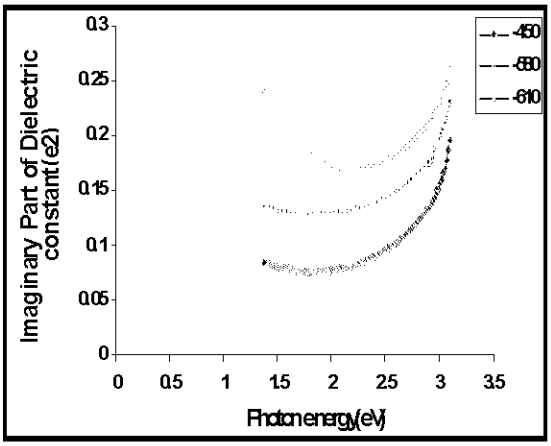
شكل (22)تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لمختلف السمك



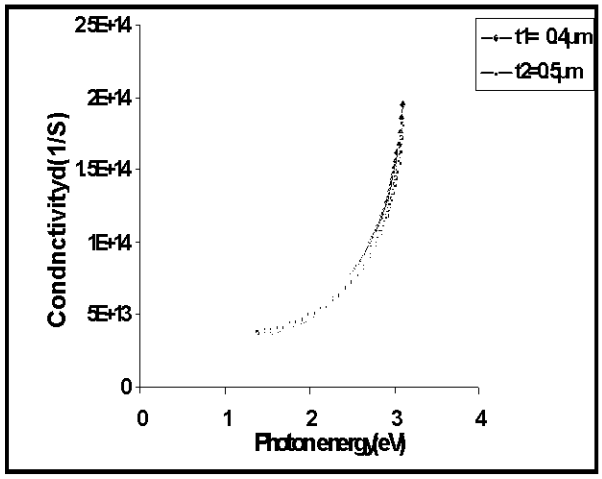
شكل (23)تغير الجزء الحقيقي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون قبل وبعد التلدين



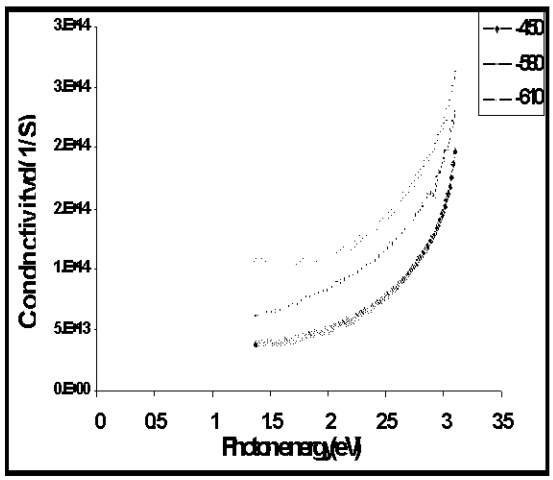
شكل (24)تغير الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون لمختلف السمك



شكل (25)تغير الجزء الخيالي لثابت العزل كدالة لطاقة الفوتون قبل وبعد التلدين



شكل (26)تغير التوصيلية الضوئية كدالة لطاقة الفوتون لمختلف السمك



شكل (27)تغير التوصيلية الضوئية كدالة لطاقة الفوتون قبل وبعد التلدين

Abstract :-

Thin films of ZnO have been prepared on glass aborosilicute using chemical spray pyrolysis technique.

the optical constants are included recording of the absorptance and transmittance spectra for prepared films in range of wave lengths (400-900) nm . The following optical constants have been calculated:

(absorption coefficient , Reflectance, extinction coefficient,refractive index, dielectric constant in its two parts, and conductivity).