

## الصفات الضوئية لأغشية ( ZnO ) المحضرة بطريقة التبخير الحراري .

د. عادل خليل محمود  
م.م. فريال كاظم داود  
م. مختبر. عباس حسين طه  
قسم هندسة القدرة والمكائن / كلية الهندسة / جامعة ديالى .  
قسم العلوم / كلية التربية الأساسية / جامعة ديالى .  
قسم الهندسة المدنية / كلية الهندسة / جامعة ديالى

### الخلاصة :

تم في هذا البحث تحضير أغشية ( ZnO ) الرقيقة المحضرة بطريقة الأكسدة الحرارية السريعة ( RTOS ) بواسطة الصفيحة الساخنة عند درجة ( ٥٧٣ K ) وبفترة زمنية ( ٥ min ) للحصول على أفضل أكسدة لأغشية الخارصين المحضرة بطريقة التبخير الحراري في الفراغ والمرسبة على قواعد زجاجية . ومن خلال قياس الامتصاصية والنفاذية لهذا الغشاء عند المدى ( 330 - ٩٠٠ nm ) . تم حساب معامل الامتصاص ، طاقة الفجوة الممنوعة للانتقالين المباشر وغير المباشر الانعكاسية ، معامل الخمود ، معامل الانكسار ، ثابت العزل الكهربائي الحقيقي والخيالي والتوصيلية الكهربائية .

### Abstract :

In this report ,thin films of ( ZnO ) film have been prepared by using the rapid thermal oxidation technique ( RTOS ) by using ( hot plate) at teempreture in ( 573 ) to investigated oxidation of evaporated spectra for prepared films in arrange of wave length ( 330 – 990nm ) . The following optical propereties have been caculated : the absorption coefficient , the forbidden energy gap for direct and indirect transitions, reflectance , extention coefficient , refractive , reractive index , real and imaginary parts of the dielectrical constant and the electrical conductivity.

### المقدمة :

يستخدم مصطلح الأغشية الرقيقة لوصف طبقة أو عدة طبقات من ذرات مادة معينة سمكها يتراوح عشرات النانومترات إلى الواحد ميكرومتر . ونظرا لرقبة طبقة الأغشية الرقيقة فإنها ترسب على ألواح معينة يتم اختيارها اعتمادا على طبيعة الدراسة أو الحاجة العلمية لها ومن هذه الألواح الزجاج ، السليكون والالمنيوم وغيرها [ 1 ] وقد تنوعت استخدامات الأغشية الرقيقة اذ دخلت في صناعة ثنائيات الوصلة ( p - n ) والمقاومة وفي صناعة الدوائر الالكترونية وليزرات أشباه الموصلات والكواشف والخلايا الشمسية [ 2 ] .

وفي هذا البحث تم إنماء أغشية ( ZnO ) بتقنية الأكسدة الحرارية السريعة والتي لها أهمية عظيمة في تصنيع نبائط السليكون . حيث ان عملية الأكسدة الحرارية سواء أكانت تقليدية ( coveaertional oxidation ) أم السريعة ( rapid oxidation ) تكون على نوعين :

اكسدة حرارية جافة بوجود الأوكسجين الجاف ( O<sub>2</sub> ) واكسدة حرارية رطبة بوجود بخار الماء ( H<sub>2</sub>O ) . [ 3 , 4 ]

لقد تم تحضير أغشية رقيقة لمادة ( Zn ) بطريقة التبخير الحراري في الفراغ ومن أهم مميزات هذه الطريقة هي :

١. يمكن الحصول على أغشية ذات نقاوة عالية .
٢. إمكانية الحصول على أغشية بلورية أو عشوائية تبعا لظروف التبخير .
٣. إمكانية الحصول على أغشية رقيقة بدرجات حرارة مختلفة لقاعدة الأساس .
٤. إمكانية الحصول على أغشية متجانسة وشديدة التلاصق بالزجاج وخالية من القوب الابرية .

### الجزء العملي :

ان غشاء ( Zn ) تم ترسيبه على قواعد زجاج عادي بواسطة تقنية التبخير الحراري بالفراغ تحت ضغط ( ١٠<sup>-٥</sup> torr ) وسمك ( 250nm ) وقيس السمك بالطريقة الوزنية المعتمدة في بحوث سابقة [ 5,6 ] . ومن ثم اكسدة الغشاء من خلال الاكسدة السريعة بواسطة ( الصفيحة الحارة ) في الهواء الجوي وبدرجة حرارة ( 573K ) وعند فترة زمنية ( 5 min ) .

وتم قياس النفاذية والامتصاصية لغشاء ( ZnO ) عند المدى الطيفي ( 330 - 900nm ) . وتم تحديد التركيب البلوري لاغشية ( ZnO ) باستخدام جهاز حيود الاشعة السينية وقد تبين من الدراسة ان اغشية ( ZnO ) متبلورة . ان المعلومات التي تم الحصول عليها من حيود الاشعة السينية مطابقة للمعلومات الموجودة في ( ASTM - system ) .

### النتائج والمناقشة :

يبين الشكل (١) فحوصات الاشعة السينية ( XRD ) وطبيعة التركيب البلوري لاغشية ( ZnO ) المرسبة على قواعد زجاجية عادية حيث اظهرت انها ذات تركيب متعدد البلورات ( polycrystallies ) وبتجاهية ( 002 ) وكانت هذه النتائج مطابقة مع البحوث السابقة [ 7, 8 ] .

الشكل (٢) يبين علاقة الامتصاصية مع طاقة الفوتون يلاحظ ان الامتصاصية تزداد ببطأ بزيادة طاقة الفوتون وذلك لان طاقة الفوتون الساقط يكون اقل من قيمة فجوة الطاقة لشبه الموصل وبهذا فان الفوتونات الساقطة غير قادرة على تهيج الإلكترون من

حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل وبالتالي تزداد الامتصاصية سريعا مع زيادة طاقة الفوتون.

تم حساب معامل الامتصاص (  $\alpha$  ) من طيف الامتصاصية . [ 9 ]

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{d} \dots\dots ( ١ )$$

حيث ( A ) كثافة امتصاصية الغشاء  
و ( d ) سمك الغشاء

الشكل (٣) يبين تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ( ZnO ) ونلاحظ من الشكل ان معامل الامتصاص يزداد بازدياد طاقة الفوتون .

ان معامل الامتصاص يساعد على استنتاج انواع الانتقالات الالكترونية فعندما تكون قيم معامل الامتصاص عالية (  $\alpha > 10^3 \text{cm}^{-1}$  ) عند الطاقات الفوتونية العالية يتوقع حدوث انتقالات الكترونية مباشرة وتكون طاقة وزخم الإلكترون محفوظين . [ 10 ]

تم حساب طاقة الفجوة الممنوعة (  $E_g$  ) للانتقال المباشر المسموح

$$\alpha_0 (h\nu - E_g)^2 = \alpha_0 (h\nu)^2 \dots\dots ( 2 )$$

حيث  $\alpha_0$  ثابت يعتمد على احتمالية الانتقال .

U طاقة الفوتون الساقط .

الشكل (٤) يبين العلاقة بين  $(\alpha h\nu)^2$  وطاقة الفوتون ويمد الجزء المستقيم من المنحني بقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة  $(\alpha h\nu)^2 = 0$  لنحصل على طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح وجد ان قيمة طاقة الفجوة الممنوعة في الانتقال المباشر المسموح هي ( 3.4eV ) .

حسبت طاقة الفجوة الممنوعة (  $E_g'$  ) في الانتقال المباشر الممنوع من العلاقة

$$(\alpha h\nu)^{\frac{2}{3}} = \alpha^{\frac{2}{3}} (h\nu - E_g') \dots\dots (3) \quad [ 12 ]$$

الشكل ( 5 ) ل العلاقة بين  $(\alpha hu)^{2/3}$  كدالة لطاقة الفوتون ومن الشكل نلاحظ ان طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر الممنوع هي ( 2.65eV ) .  
 أما في حالة الانتقالات الالكترونية غير المباشرة . [13]

$$\alpha = \dots .( 4 ) \quad \frac{b(hv - E''g \pm Ep)}{hv}$$

حيث ان  $E''g$  ل طاقة الفجوة الممنوعة في الانتقال غير المباشر و  $( Ep )$  تم ل طاقة الفونون المساعد في عملية الانتقال غير المباشر . حيث ( + ) لعملية امتصاص الفوتون و ( - ) لعملية انبعاث الفوتون ، عندما (  $r = 2$  ) للانتقال غير المباشر المسموح وعليه [ 14 ]

$$\alpha hu)^{1/2} = b^{1/2} ( hu - E''g \pm Ep ) \dots\dots\dots( 5 )$$

من هذه العلاقة يمكن حساب طاقة الفجوة الممنوعة الشكل ( 6 ) ل العلاقة بين  $(\alpha hu)^{1/2}$  كدالة لطاقة الفوتون . وقد وجد ان قيمة طاقة الفجوة الممنوعة في الانتقال غير المباشر المسموح هي ( 2.45eV ) اما طاقة الفونون الذي يساعد زخمه بانتقال الالكترون انتقالا غير مباشر مسموح فهي (  $Ep = 0.36eV$  ) .  
 $r = 3$  الانتقال غير المباشر الممنوع وعليه

$$\alpha hu)^{1/3} = b^{1/3} ( hu - E''g \pm Ep ) \dots\dots\dots( 6 )$$

من هذه العلاقة يمكن حساب قيمة طاقة الفجوة الممنوعة  $( E''g )$  وطاقة الفونون  $( Ep )$  ، الشكل ( 7 ) ل العلاقة بين  $(\alpha hu)^{1/3}$  كدالة لطاقة الفوتون وقد وجد ان قيمة الفجوة الممنوعة للانتقال غير المباشر الممنوع هي (  $E''g = 2eV$  ) اما طاقة الفونون الذي ساعد زخمه بانتقال الالكترون انتقالا غير مباشر ممنوع فهي (  $Ep = 0.5eV$  ) .

الشكل ( 8 ) ل العلاقة بين الانعكاسية (R) وطاقة الفوتون باستخدام العلاقة  
 $R+A+T=1$  .....( 7 )

حيث  $A$  ل الامتصاصية  
 و  $T$  ل النفاذية  
 و  $R$  ل الانعكاسية

نلاحظ أن الانعكاسية تزداد بزيادة طاقة الفوتون إلى أن تصل إلى قيمة فجوة الطاقة (3.4 eV) وبعدها تبدأ تقل، وهذا يعني ان الامتصاص يكون قليلا جدا او مهملا عند الطاقات الفوتونية الاقل من قيمة فجوة الطاقة البصرية ،اما عند الطاقات الاكبر من قيمة فجوة الطاقة البصرية فان الامتصاص يزداد نتيجة حدوث الانتقالات

الالكترونية بين حزمتي التكافؤ والتوصيل مما يسبب هبوطا من انعكاسية الاغشية فتتولد عندئذ ذروة عند الطاقات المقابلة لقيمة فجوة الطاقة البصرية و عليه يمكن تعيين قيم فجوة الطاقة البصرية من منحنى الانعكاسية ، الا نلاحظ وجود بعض الاختلاف بين قيمة فجوة الطاقة البصرية المحسوبة من منحنى الانعكاسية وتلك المحسوبة من المعادلة (٢) والسبب يعود الى اختلاف طبيعة سطوح الاغشية التي يحدث عندها الانعكاس كذلك اتساع قيمة منحنى الانعكاسية حيث تكون القمة عريضة مما يعني الحصول على قيمة تقديرية لفجوة الطاقة البصرية وليس قيمة دقيقة .

وقد تم حساب معامل الخمود (  $K_0$  ) باستخدام العلاقة التالية: [ 15 ]

$$\alpha = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} k \dots\dots\dots(8)$$

حيث  $\lambda$  طول الموجي للشعاع الساقط.

يبين الشكل (٩) تغير معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون ويدل هذا الشكل على أن معامل الخمود يزداد ببطء عند الطاقات الواطئة ، ويزداد سريعا عند الطاقات العالية ثم يقل بزيادة طاقة الفوتون ،

تم حساب معامل (  $n_0$  ) الانكسار باستخدام العلاقة التالية [ 16 ]

$$n_0 = \frac{R+1}{R-1} \left[ \frac{4R}{(R-1)^2} - K_0 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(9)$$

حيث  $R$  الانعكاسية ،  $n_0$  معامل الانكسار

يبين الشكل (١٠) تغير معامل الانكسار كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO ويدل هذا على أن معامل الانكسار يزداد ببطء الى ان يصل أعلى قيمة له عند الطاقة الفوتونية ( 3.4eV ) أي عند قيمة للطاقة الفوتونية تقرب من طاقة الفجوة الممنوعة

ثم يقل معامل الانكسار بمعدل اسرع ، نلاحظ ان سلوك كل من الانعكاسية ومعامل الانكسار متشابهة تقريبا وهذا يعود للارتباط الكبير بين معامل الانكسار والانعكاسية وفقا للعلاقة ( ٩ ) .

تم حساب ثابت العزل الكهربائي الحقيقي (  $\epsilon_1$  ) باستخدام العلاقة [ 17 ]

$$\epsilon_1 = n_0^2 - K_0^2 \dots\dots\dots(10)$$

يمثل الشكل (١١) الجزء الحقيقي ل ثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون حيث يمكن ملاحظة ان طبيعة الجزء الحقيقي ل ثابت العزل الكهربائي مشابهة لطبيعة تغير معامل الانكسار وهذا يتفق مع العلاقة (٩) حيث يكون تأثير معامل الخمود قليلا بتأثير معامل الانكسار

تم حساب ثابت العزل الكهربائي الخيالي (  $\epsilon_2$  ) باستخدام العلاقة

$$\epsilon_2 = 2 K_0 n_0 \dots\dots\dots(11)$$

يمثل الشكل (١٢) تغير ثابت العزل الكهربائي الخيالي كدالة لطاقة الفوتون نلاحظ من الشكل ان ثابت العزل الكهربائي الخيالي يزداد سريعا بزيادة الطاقة الفوتونية ثم بعد ذلك تم حساب التوصيلية الكهربائية (  $\bar{\sigma}$  ) باستخدام العلاقة

$$\bar{\sigma} = \epsilon_2 W \epsilon_0 \dots\dots\dots (12)$$

يمثل الشكل (١٣) تغير التوصيلية الكهربائية كدالة لطاقة الفوتون نلاحظ من الشكل ان التوصيلية الكهربائية تزداد بزيادة الطاقة الفوتونية .

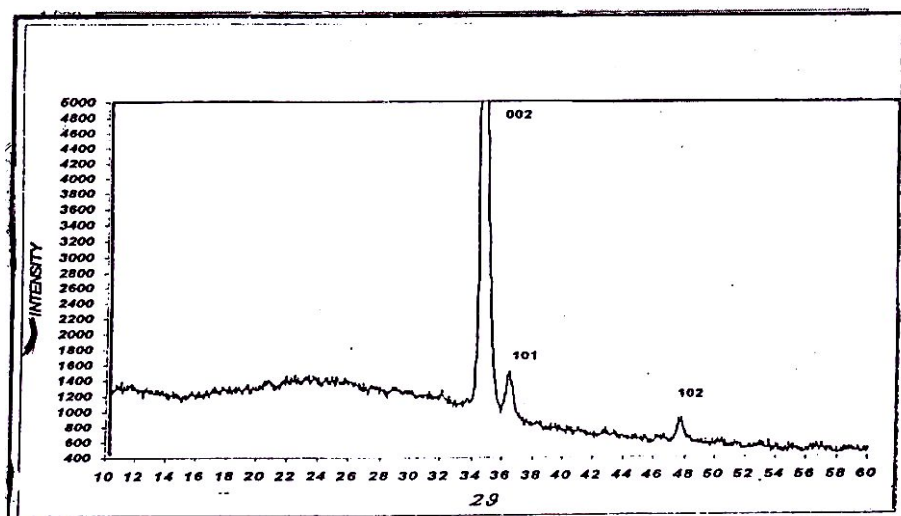
### الاستنتاجات

١. ان اغشية ( ZnO ) الرقيقة المحضرة بطريقة الاكسدة الحرارية السريعة والمرسبة على الواح زجاجية هي اغشية ذات تركيب متعدد البلورات وبتجاهية ( 0021 ) .
  ٢. اظهرت النتائج ان الامتصاصية تزداد بزيادة طاقة الفوتون .
  ٣. ان قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح هي ( ٣ eV ) وللانتقال المباشر الممنوع هي ( 2.65 eV ) .
  ٤. اظهرت النتائج ان قيمة فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح هي ( 2.54eV ) وطاقة الفونون هي ( 0.36 eV ) ، اما الانتقال غير المباشر الممنوع فان قيمة فجوة الطاقة هي ( 2 eV ) وطاقة الفونون هي ( 0.5 eV ) .
- وظهرت النتائج ان الـ وابت البصرية ( الانعكاسية ، معامل الخمود ، معامل الانكسار ، ثابت العزل الكهربائي والخيالي ، التوصيلية ) تزداد بزيادة الطاقة ثم تصل الى قيمة فجوة الطاقة بعدها تقل .

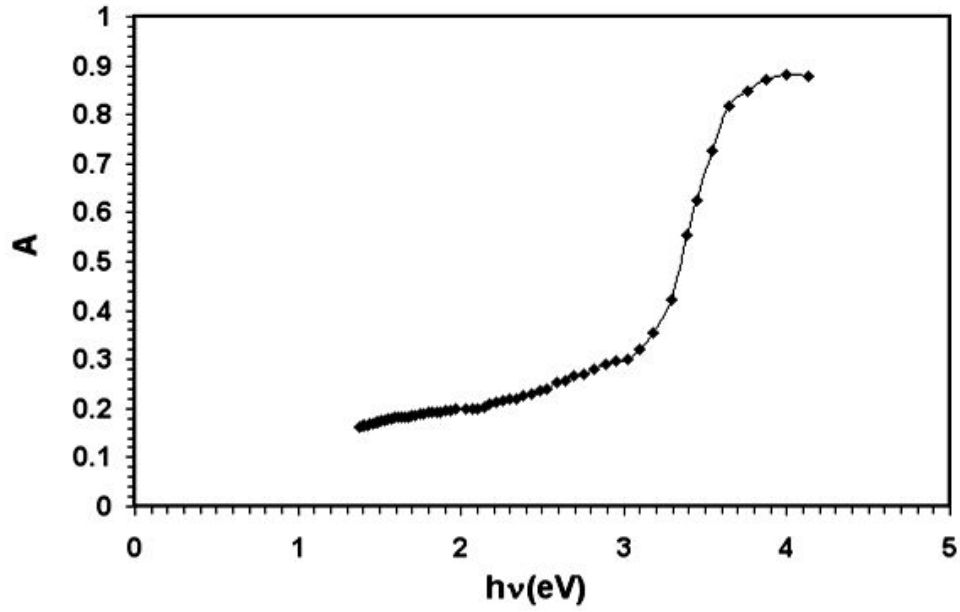
### REFERENCES

- [ 1 ] - K.L. copra and I.J. KAUR , Thin Film Dvices and application plenum press, New York ( 1983 ) .
- [2]- K.R. Murali,b.s.v.gonlan and j.sobbanadri,thin solid films 136,275(1986).
- [ 3 ] - S.M.Sze, "Semiconductor Devices Physics & Technology" Translated by F.G. Hatat and Ahmed, University of Mousal (1990)
- [ 4 ] - A.K.Abass , Z . A.Ahmed and K.E.Tahir , phys . stst .sol. ( a ) ,7,234,( 1986 ) .

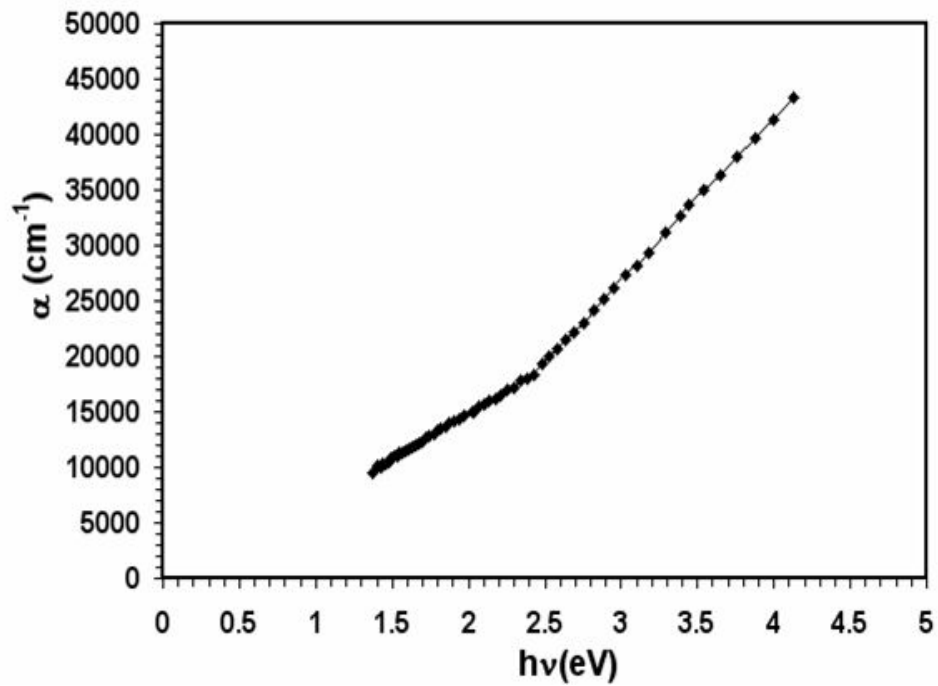
- [ 5 ] -A. stadler, .T. SULIMA, J.schulze , C.Fink, A.kottantharayil ; dopant diffusion during rapid thermal oxidation ;, scitechnol , 10 ( July 1995) .
- [6]- L.Eckertova, "Physics Of Thin Film",1977
- [7]-M.M. Jayaraj\*, Aldrin\* Antony and Manoj Rama Chandram, " Bull. Mater ". Sci., Vol. 25, No. 3, June 2002, Pp.227-230
- [8]- D.D.O. Eya, A.J. Ekpunobi and C.E. Okeke, The pacific Journal of Science and Technology, Vol. 6, No.2, May 2005.
- [9]-R.H.misho,W.A.Muradand B.H.Fattahalla,phys.stat.sol.(a),106,k 143(1988).
- [10]- A.K.Abass,F.Y.M.Alethan and R.H.Misho,phys,stat.sol, (a) 89,(1985)225.
- [11]- O.S.Heavens,"Thin film phys ",Halasted press ,Adivision of john wiely and sons Inc.New york,(1973).
- [12]- R.H.Misho ,W.Murad,G.H.Fattahalla,thin Solid films ,169,(1988).
- [13]- .F.Habubi,K.F.Atwan,"j.of College of education No.6,(2000).
- [14]-A.K.Abass and F.Y.M.Al-eithan,J.Phys.Chem.Solid 933-985,(1986).
- [15]- K.A.M.Mishjal,"j.of College of education",No.1,p.109-117,(1993).
- [16]- Jj.m.Dass,N.F.Habubi, Journal of the college of Education No,(1999).
- [17]- B.O .Seka phin ,"optical properties of solid",New york, North Holland publishing company,(1976).



الشكل (1) مخطط حيود الاشعة السينية لأغشية ZnO الرقيقة

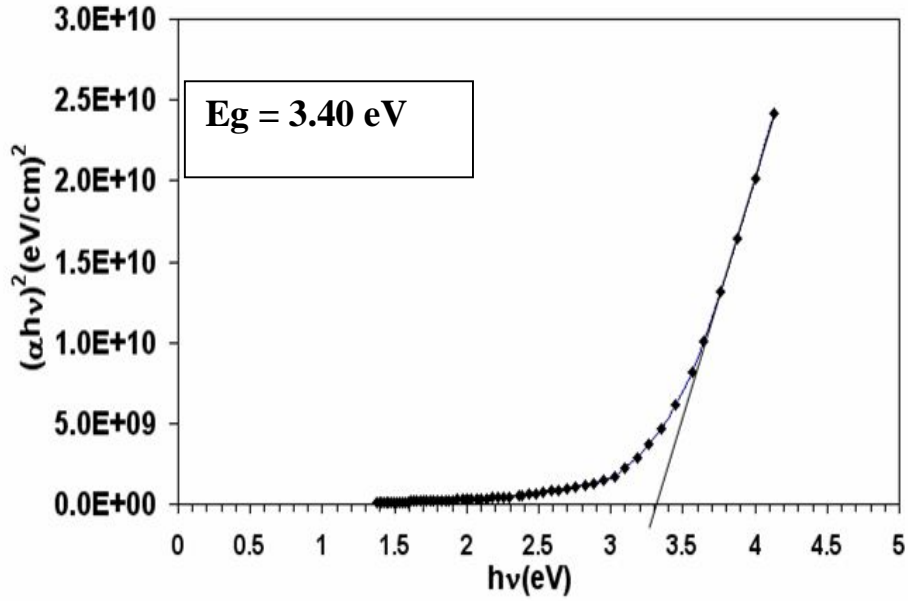


الشكل (2) تغير الامتصاصية (A) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO

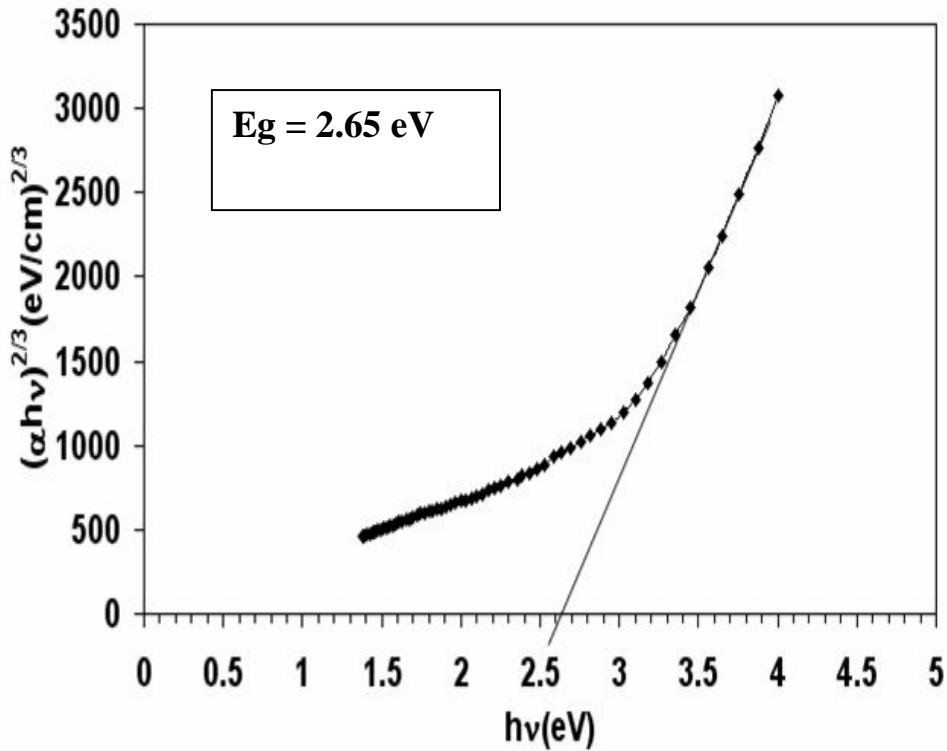


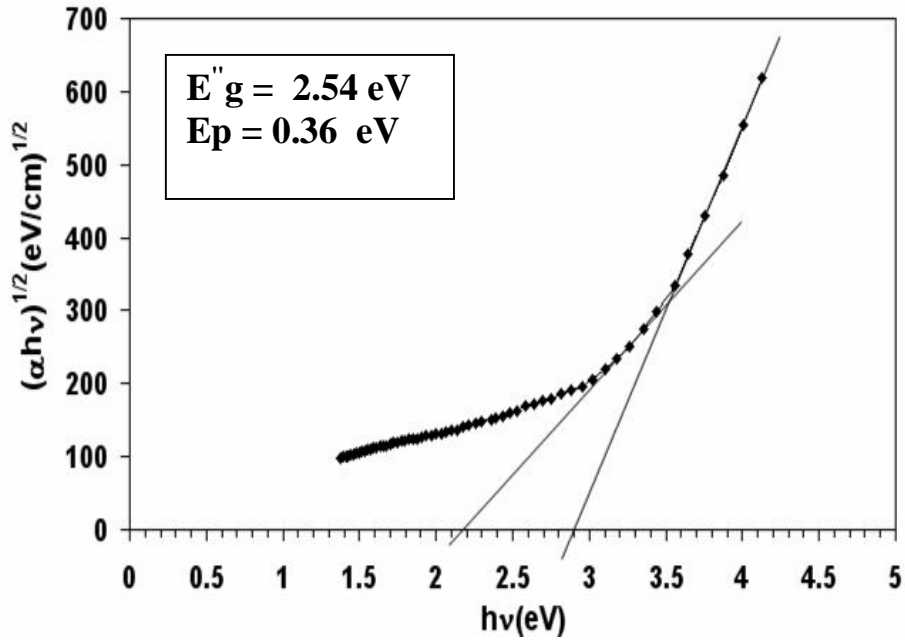


الشكل (3) تغير معامل الامتصاص ( $\square$ ) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO

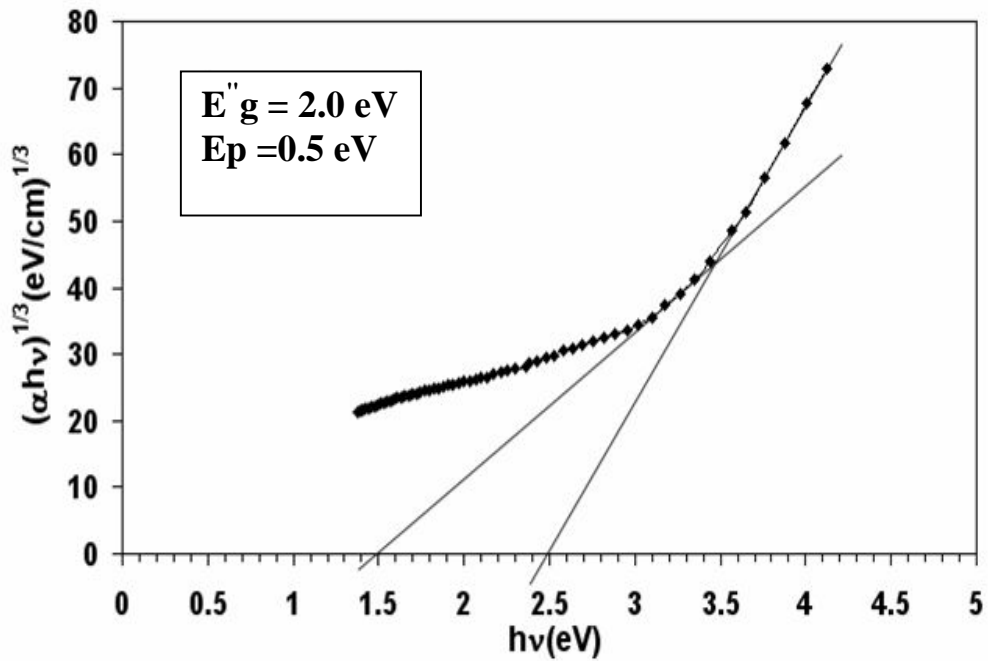


الشكل (4) فجوة الطاقة ( $E_g$ ) للانتقال المباشر المسموح لغشاء ZnO

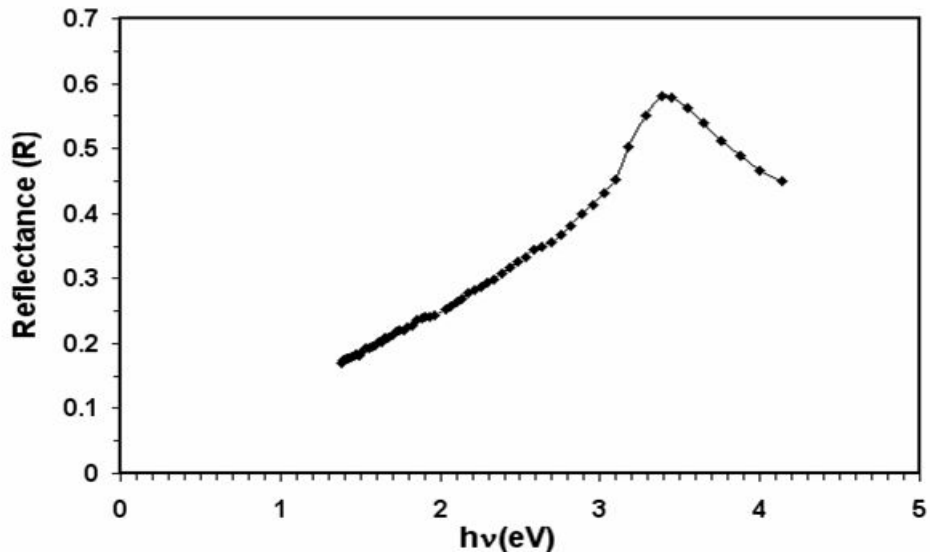




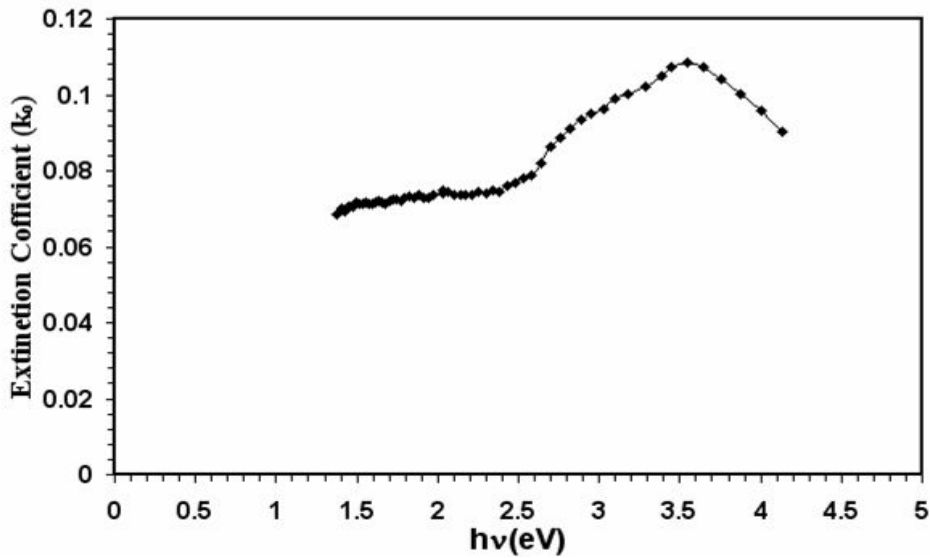
الشكل (6) فجوة الطاقة ( $E_g$ ) للانتقال غير المباشر المسموح لغشاء ZnO



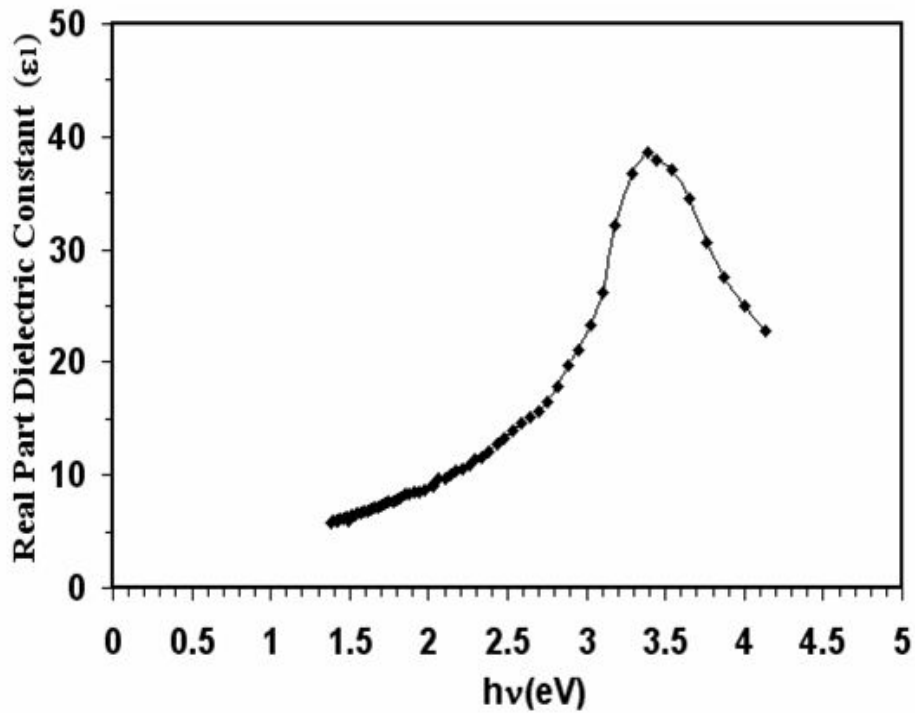
الشكل (7) فجوة الطاقة ( $E_g$ ) للانتقال غير المباشر الممنوع لغشاء ZnO



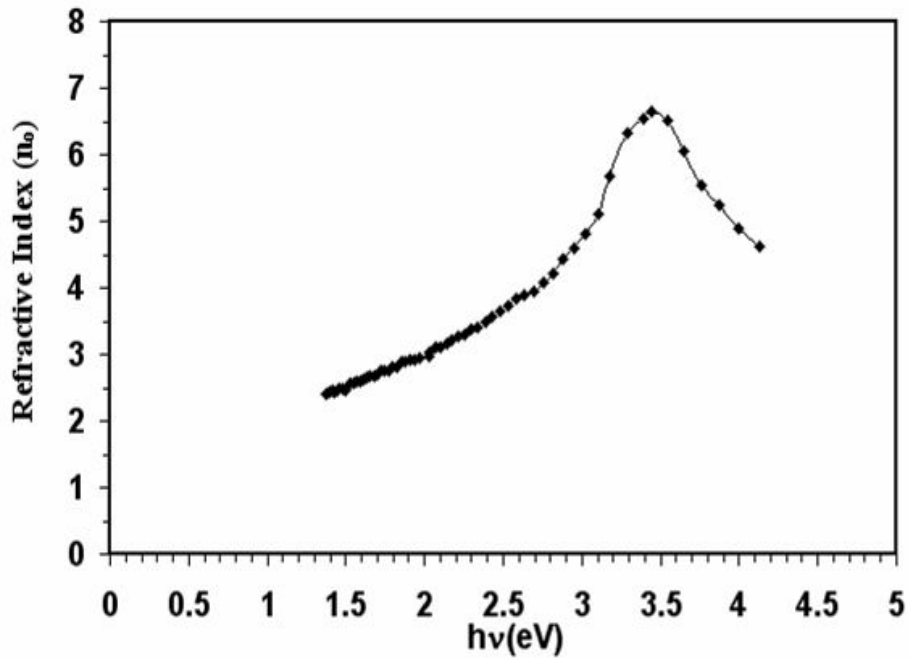
الشكل (8) تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO



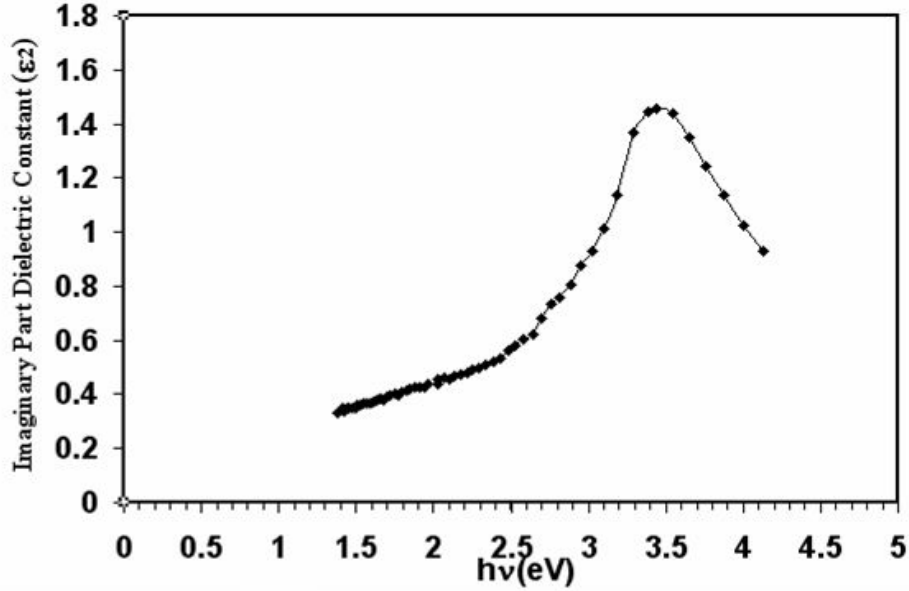
الشكل (9) تغير معامل الخمود ( $k_0$ ) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO



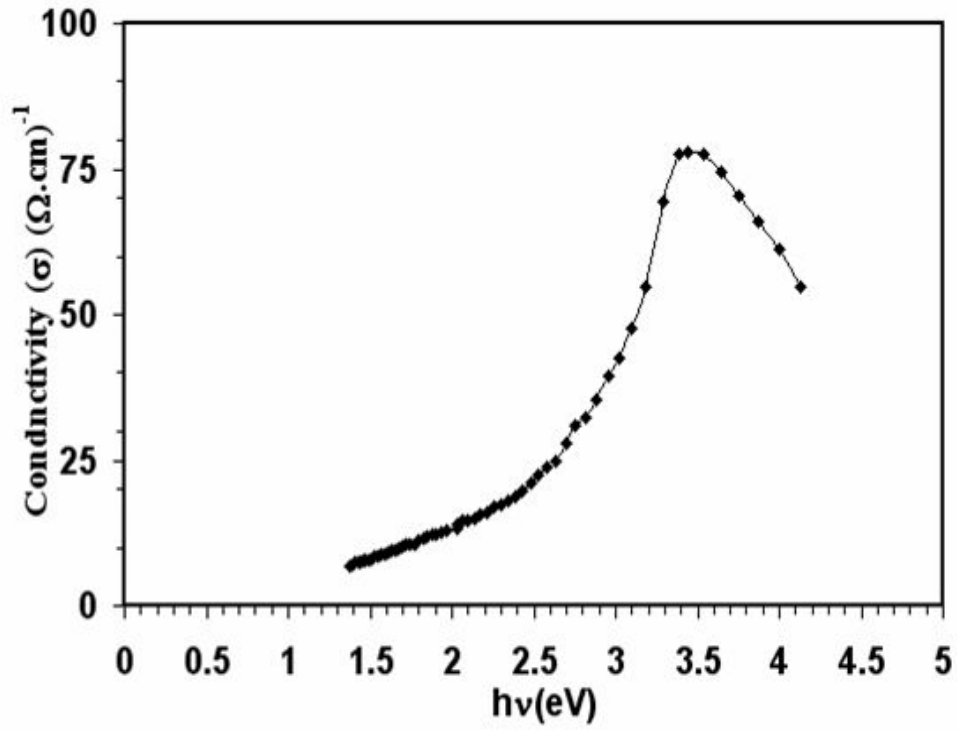
الشكل (10) تغير معامل الانكسار ( $n_0$ ) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO



الشكل (11) تغير الجزء الحقيقي ( $\epsilon_1$ ) ابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO



الشكل (12) تغير الجزء الحقيقي ( $\epsilon_1$ ) ابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO



الشكل (13) تغير التوصيلية (□) كدالة لطاقة الفوتون لغشاء ZnO