[16] Thangaraju, B. and Kaliannan, B., J. Cryst. Res.Technol., 35 (2000) 71.
[17] Habubi, N.F., Mishjal, K.H. and Ziad, T.K., Journal of College Education, Al-Mustansyriah University, (2002).
[18] Omar, A.M., Elementary Solid State Physics, (Addison-Wesley Publishing Company, First Printing, 1975).
[19] Banerjee, A.N., Ghosh, C.K., Das, S. and Chattopadhyay, K.K., Physica, 370 (2005) 264.
[20] Stenzel, O., The Physics of Thin Film Optical Spectra, (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg , Germany Press, 2005).
[21] Islam, M.R. and Podder, J., Cryst. Res. Technol., 44(3) (2009) 286.
[22] Singh, J., Semiconductor Optoelectronics Physics and Technology, (McGraw-Hill, Inc., 1995).
[23] Dekker, A.J., Solid State Physics (Prentice Hall, Inc., 1958).
[24] Ali, H.M., Mohamed, H.A., Wakkad, M.M. and Hasaneen, M.F., Thin Solid Films, 515.
[25] Al-Sabayleh, M.A., J. Sci. Med., 20(1) (2008) 17.
[26] Khodair, Z.T., Ph.D. thesis, University of Baghdad, College of Education-Ibn Al-Haithem (2011).

الجدول (3): بعض قيم معامل الانكسار لأغشية ZnO النقية والمشوبة بالنحاس.

الغشاء ونسبة الإشابة	معامل الانكسار عند الطول الموجي (380 nm)
ZnO	2.639
ZnO:Cu (3%)	2.376
ZnO:Cu (5%)	2.368
ZnO:Cu (7%)	2.258
ZnO:Cu(9%)	2.189

الاستنتاجات

تم التوصل في هذا البحث إلى الاستنتاجات الآتية:

- إمكانية تحضير أغشية أوكسيد الخارصين باستخدام طريقة APCVD ضمن ظروف التحضير الجديدة.
- غشاء أوكسيد الخارصين من النوع متعدد التبلور، وقد أدت إضافة الشوائب ضمن النسب العالية إلى إزاحة قليلة في منحني الطيف نحو القيم العالية لزاوية الحيود.
- طبيعة الانتقالات الإلكترونية لجميع الأغشية كانت انتقالات الكترونية مباشرة ممسوحة ومباشرة ممنوعة.
- فجوة الطاقة للانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة والممنوعة تقل بزيادة نسب التشويب لجميع الأغشية المشوبة بالنحاس.
- التشويب بالنحاس أدى إلى تغير موقع قمة منحني الانعكاسية ومعامل الانكسار باتجاه الطاقات الفوتونية الواطئة مما يدل على زيادة الامتصاصية.
- معامل الخمود يتزايد في حالة الأغشية المشوبة بسبب زيادة معامل الامتصاص.

المراجع

[1] Adachi, S., Properties of Group -IV,III-V & II-VI Semiconductors, (John Wiley and Sons Ltd., 2005).

[2] Sharma, R., Shishodia, P.K., Wakahara, A. and Mehra, R.M., Material Science-Poland, 27(1) (2009) 225.

[3] Shan, F.K., Shin, B.C., Jang, S.W. and Yu, Y.S., Journal of the European Society, 24 (2004) 1015.

[4] Oztas, M. and Bedir, M., Thin Solid Films, 516 (2008) 1703.

[5] Yi, G.-C. and Wang, C., Semicond. Sci. Technol., 20 (2005) S22.

[6] Johnson, S.E. and Owen, J.R., Journal of Physics, 5(11) (1995) 871.

[7] Kumar, R. and Khare, N., Thin Solid Films, 516 (2008) 1302.

[8] Jeong, S.H., Park, B.N. and Lee, S.B., J.-H., Surface and Coatings Technology, 193 (2005) 340.

[9] Ismail, R.A., Al-Naimi, A. and Al-Ani, A.A., e-J. Surf. Sci. Nanotech., 4 (2006) 636.

[10] Elanchezhiyan, J., Shin, B.C., Lee, W.J., Park, S.H. and Kim, S.C., Cryst. Res. Technol., 44(12) (2009) 1319.

[11] Xiaming, Z., Huizhen, W., Shuangjiang, W., Yingying, Z., Chunfeng, C., Jianxiao, S., Zijian, Y., Xiaoyang, D. and Shurong, D., Journal of Semiconductors, 30(3) (2009) 1.

[12] Table of Periodic Properties of the Elements, Sargent-Welch Scientific Company.

[13] Ilican, S., Caglar, M., Caglar, Y. and Demirci, B., Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 10(10) (2008) 2592.

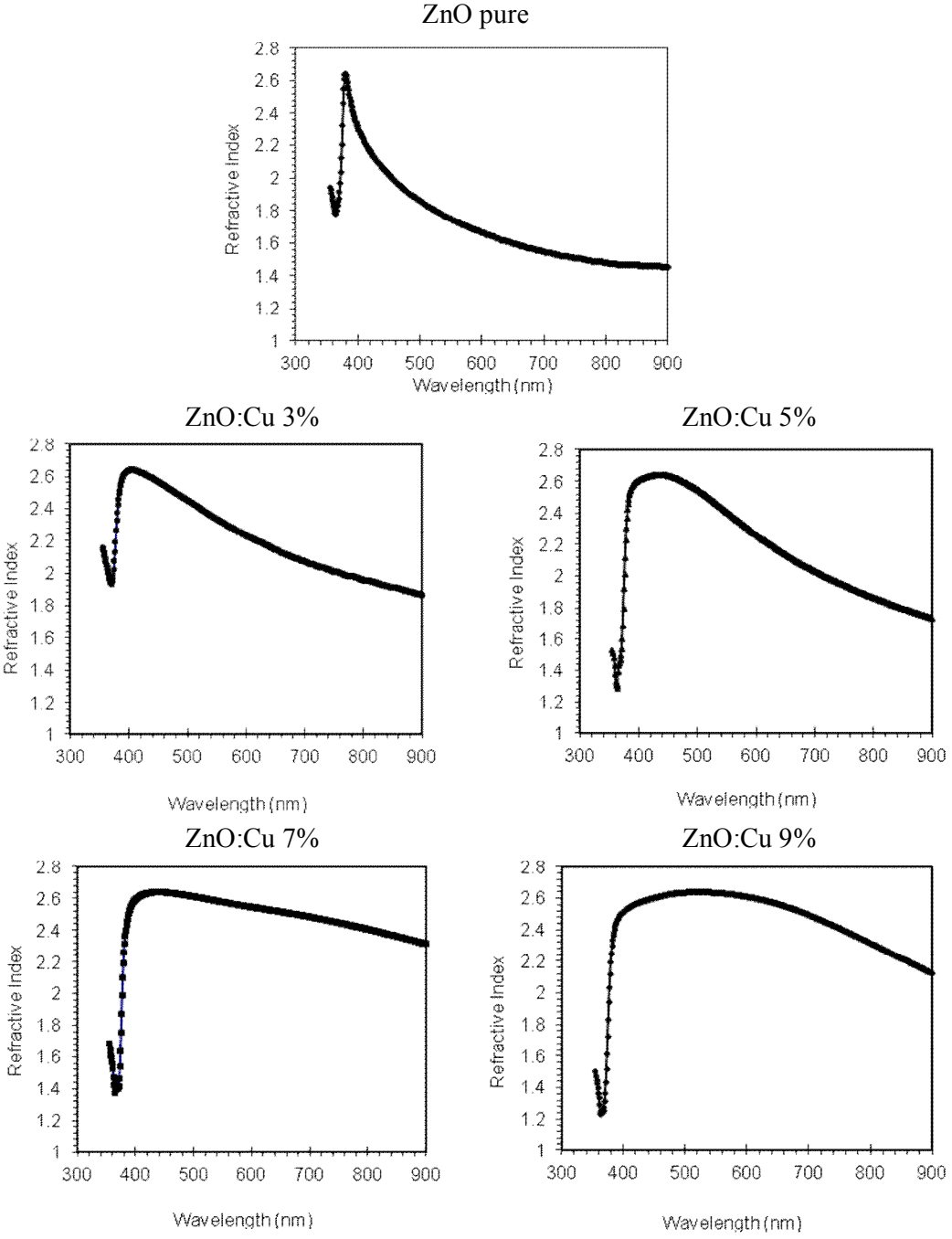
[14] Caglar, Y., Zor, M., Caglar, M. and Ilican, S., Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 8(5) (2006) 1867.

[15] Caglar, M., Caglar, Y. and Ilican, S., Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 8(4) (2006) 1410.

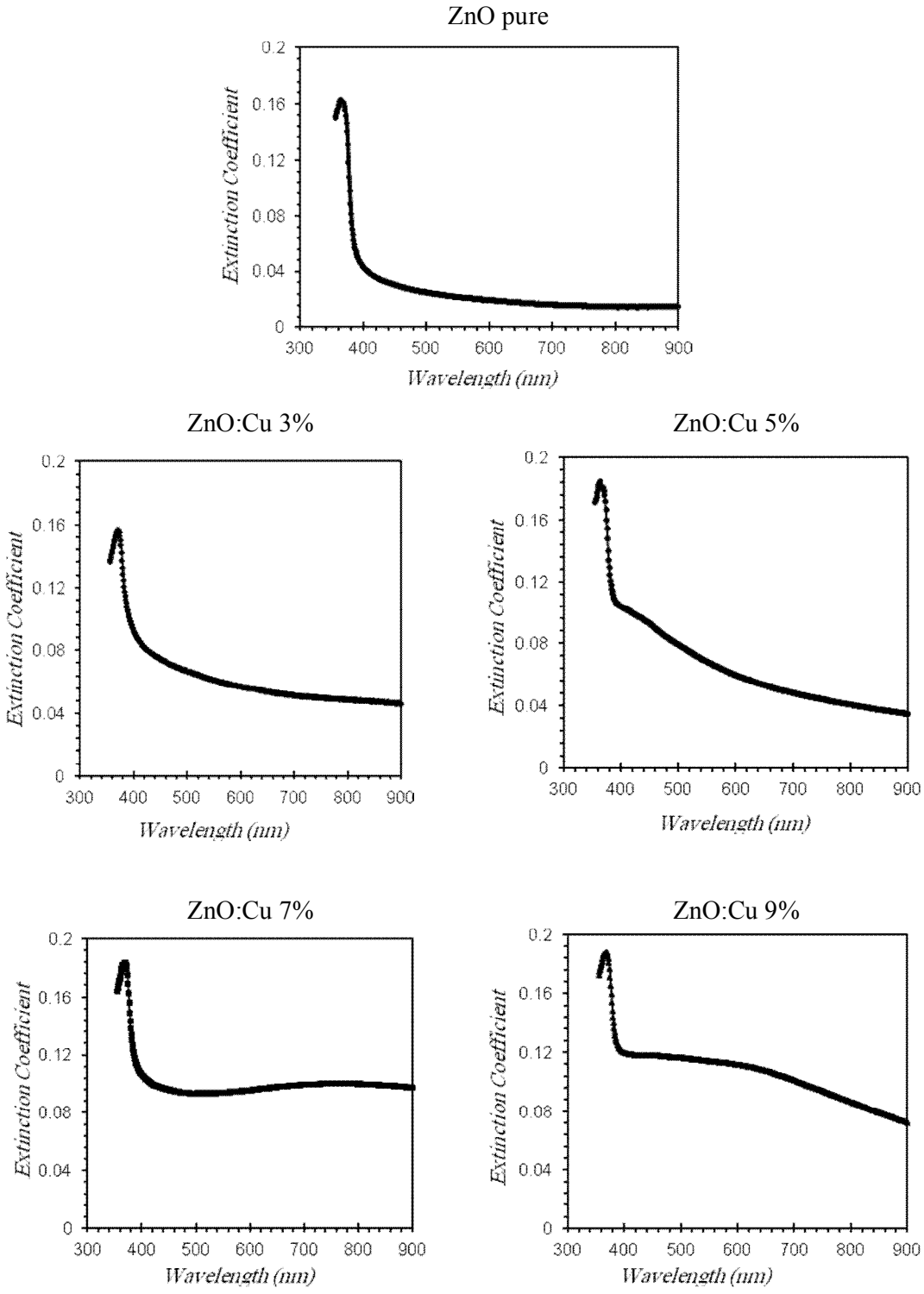
وعند الطاقات المنخفضة تقترب قيمة k_o من الصفر تقريبًا، لذلك يمكن كتابة المعادلة (10) بالصيغة التالية [25]:

$$n_o = \frac{1+\sqrt{R}}{1-\sqrt{R}} \qquad (11)$$

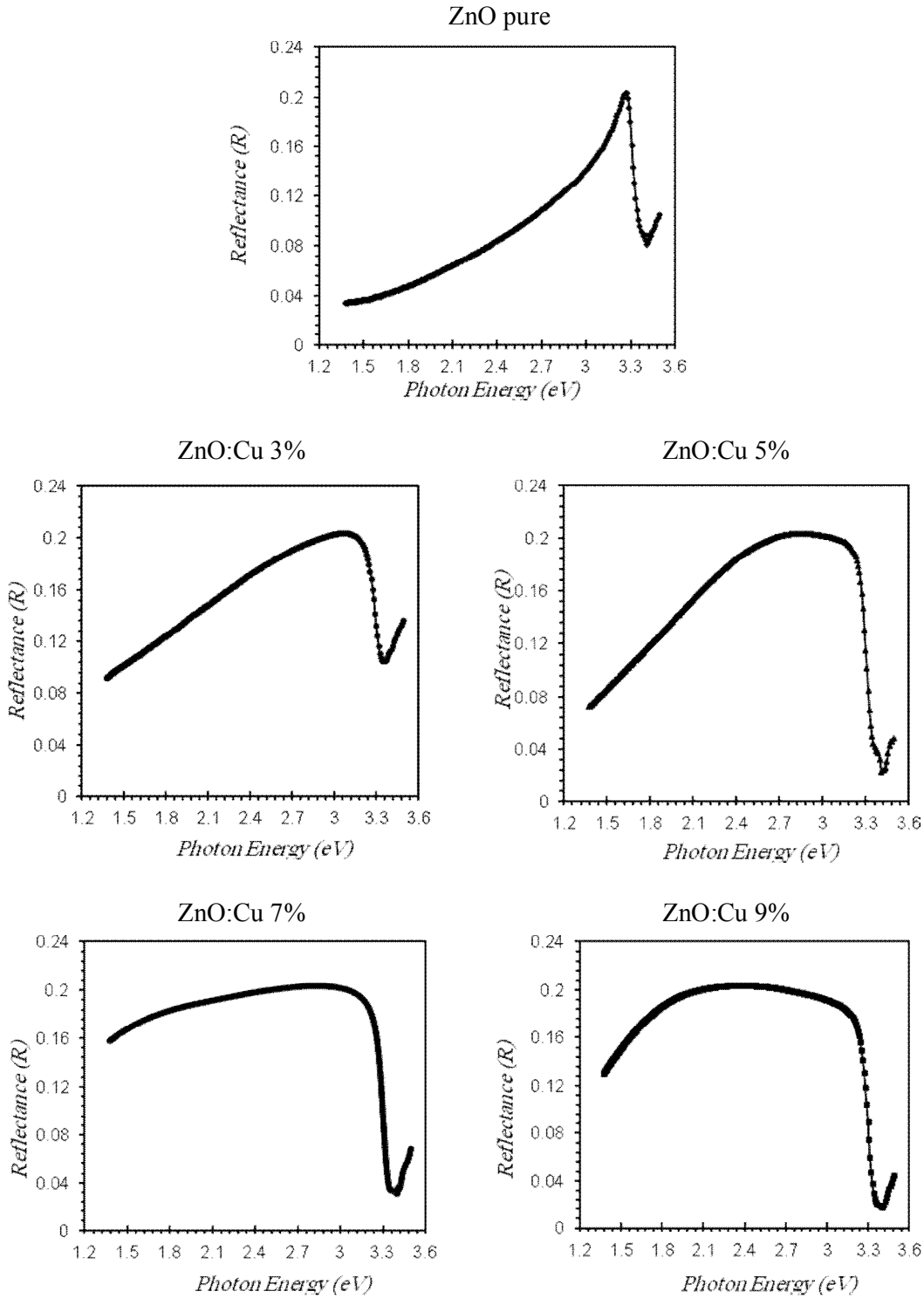
الشكل (9) يمثل تغير معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لغشاء أوكسيد الخارصين النقي؛ إذ نلاحظ أن طبيعة منحني معامل الانكسار مشابهة تقريبًا لطبيعة منحني الانعكاسية نظراً لارتباط (R) مع (n_o) وفقاً للعلاقة (5)، وأن أعلى قيمة يصلها معامل الانكسار تكون مقابلة لقيمة فجوة الطاقة تقريباً، أما عند التشويب فنلاحظ أن أعلى قيمة يصلها معامل الانكسار تنحرف نحو الطاقات الفوتونية المنخفضة، والجدول (3) يبين قيمة معامل الانكسار لجميع الأغشية بثبات الطول الموجي.



الشكل (9): تغير معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة ولنسب مختلفة.



الشكل (8): تغير معامل الخمود كدالة للطول الموجي لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة ولنسب مختلفة.



الشكل (7): تغير الانعكاسية كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة ولنسب مختلفة.

الجدول (2): قيم فجوة الطاقة للانتقالين المباشرين المسموح والممنوع لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة بالنحاس.

الغشاء ونسبة الإشابة	الانتقال المباشر المسموح	الانتقال المباشر الممنوع
	E_g (eV)	E_g (eV)
ZnO	3.25	3.20
ZnO:Cu (3%)	3.20	3.12
ZnO:Cu (5%)	3.18	3.10
ZnO:Cu (7%)	3.16	3.08
ZnO:Cu(9%)	3.15	3.03

بالاعتماد على طيفي النفاذية transmittance والامتصاصية absorbance، تم حساب الانعكاسية reflectance بموجب قانون حفظ الطاقة من العلاقة الآتية :[20]

$$R + T + A = 1 \qquad (7)$$

إذ تمثل:

R: انعكاسية الغشاء. *T:* نفاذية الغشاء.

A: امتصاصية الغشاء.

الشكل (7) يبين تغير الانعكاسية (R) كدالة لطاقة الفوتون (hν) لغشاء أوكسيد الخارصين؛ إذ نلاحظ أن الانعكاسية تكون قليلة عند قيم الطاقات الفوتونية الواطئة ثم تزداد إلى أن تصل إلى قيمة معينة بعدها تبدأ بالانخفاض السريع عند الطاقات الفوتونية العالية. وتفسير ذلك أن الامتصاص يكون قليلاً جداً عند الطاقات الأقل من فجوة الطاقة تقريباً وأن تناقص النفاذية ناتج عن زيادة الانعكاس من سطح الغشاء حسب المعادلة (7)، وعند الطاقات الفوتونية الأعلى من فجوة الطاقة سوف يزداد الامتصاص مما يسبب هبوطاً في الانعكاسية فتتكون عندئذ ذروة (قمة) عند الطاقات المقابلة لقيمة فجوة الطاقة، ونلاحظ أن التشويب وللنسب كافة أدى إلى تغير في موقع قمة منحني الانعكاسية باتجاه الطاقات الفوتونية الواطئة، وهذا بدوره يدل على زيادة الامتصاصية.

وبالاعتماد على معامل الامتصاص المحسوب من العلاقة (4)، تم حساب معامل الخمود باستخدام العلاقة الآتية :[21]

$$K_0 = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \qquad (8)$$

كما يمثل معامل الخمود الجزء الخيالي من معامل الانكسار المعقد (N) بموجب العلاقة الآتية [22,21]

$$N = \frac{C}{V} = n_o - ik_0 \qquad (9)$$

إذ تمثل:

C: سرعة الضوء في الفراغ.

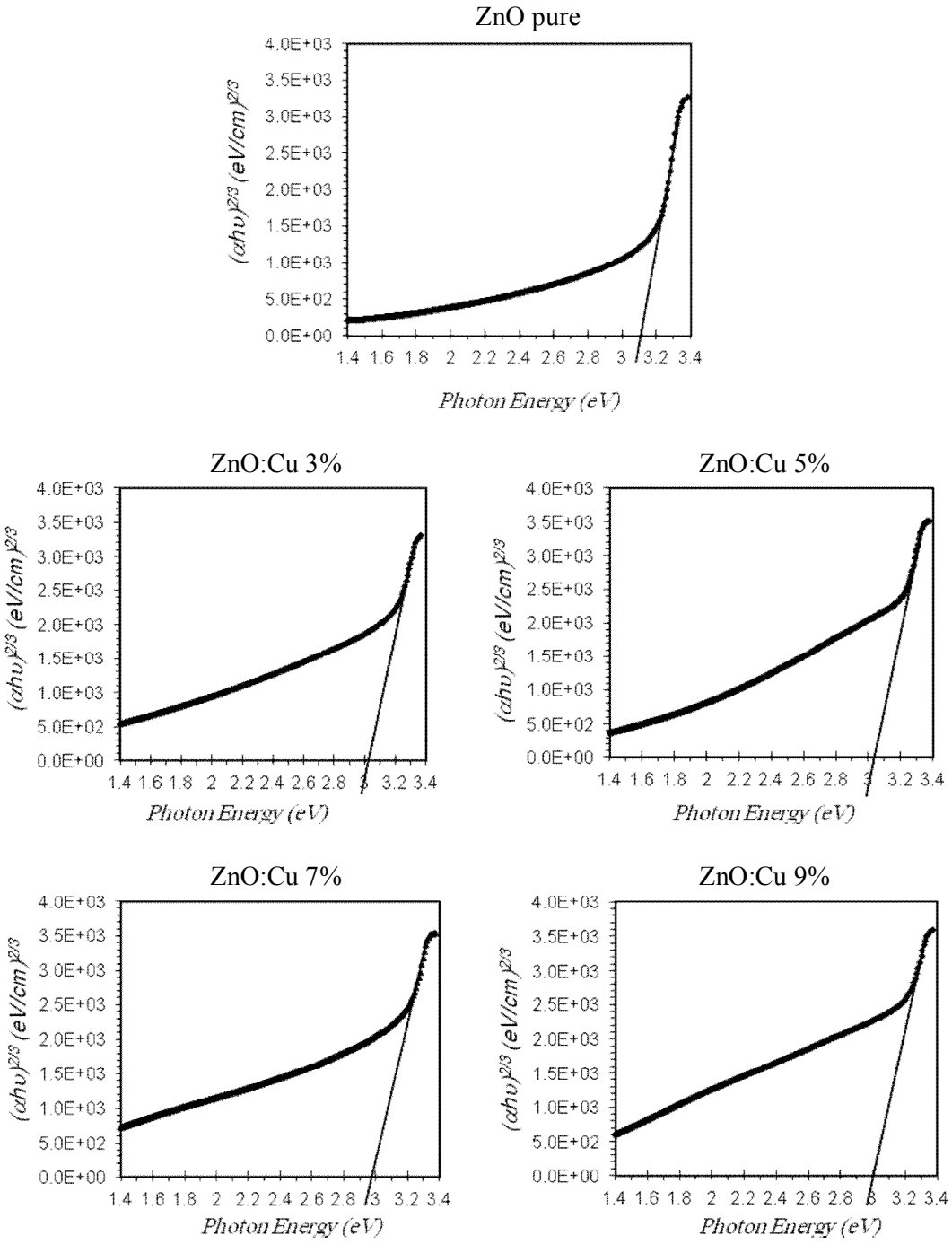
V: سرعة الضوء خلال الغشاء.

n_o: الجزء الحقيقي من معامل الانكسار (معامل الانكسار).

وفي الحقيقة، فإن معامل الخمود extinction coefficient هو مقدار التوهين الحاصل في شدة الأشعة الكهرومغناطيسية [23]، ومن ثم فهو يمثل مقدار الطاقة الممتصة في الغشاء الرقيق. الشكل (8) يبين تغير معامل الخمود كدالة للطول الموجي لغشاء أوكسيد الخارصين النقي؛ إذ نلاحظ أن معامل الخمود يتزايد تدريجيًا بتزايد طاقة الفوتون، ثم تعقب ذلك زيادة سريعة عند الطاقات الفوتونية العالية، وهذا يدل على أن هناك زيادة في الامتصاصية أدت بدورها إلى زيادة معامل الامتصاص حسب العلاقة (4) ومن ثم إلى زيادة معامل الخمود. وعند التشويب نلاحظ أن المنحنيات تسلك بصورة عامة السلوك نفسه المشار إليه أعلاه مع انحراف حافة الامتصاص نحو الطاقات الفوتونية المنخفضة، وهذا يؤكد أن حالة التشويب لها تأثير واضح في زيادة المستويات المانحة ومن ثم في زيادة معامل الخمود.

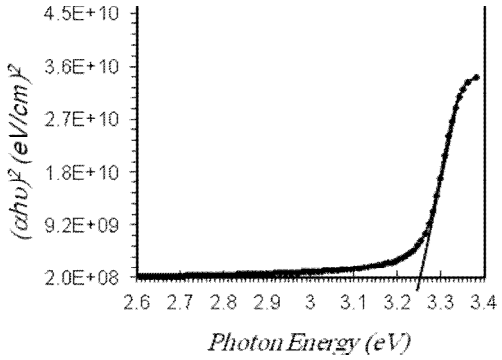
تم حساب معامل الانكسار في حالة السقوط العمودي وفقاً للعلاقة الآتية [24,21,20].

$$n_o = \left[\left(\frac{1+R}{1-R}\right)^2 - \left(k_o^2 + 1\right)\right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1+R}{1-R} \qquad (10)$$

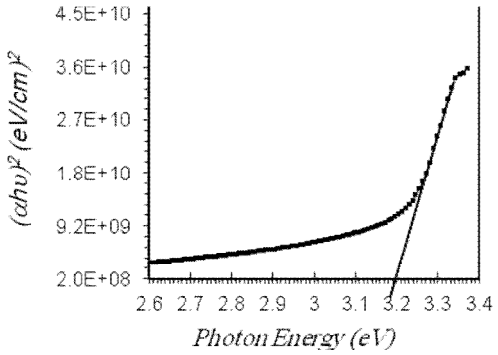


الشكل (6): فجوة الطاقة للانتقال المباشر الممنوع لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة ولنسب مختلفة.

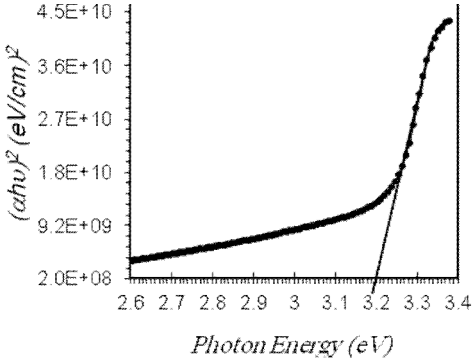
ZnO pure



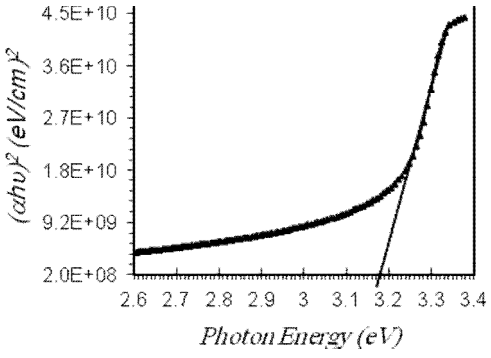
ZnO:Cu 3%



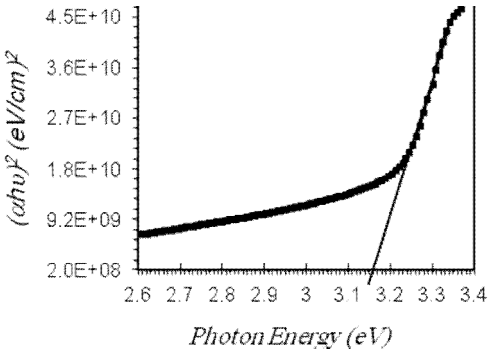
ZnO:Cu 5%



ZnO:Cu 7%

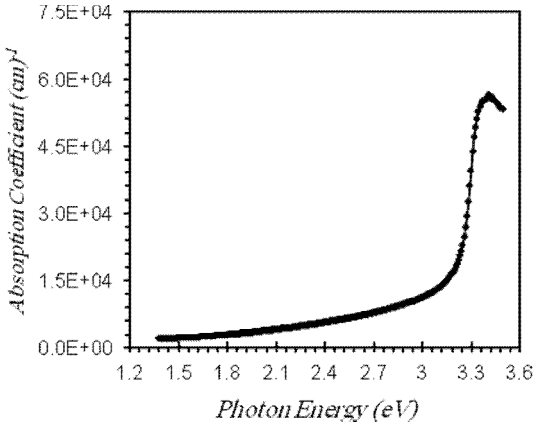


ZnO:Cu 9%

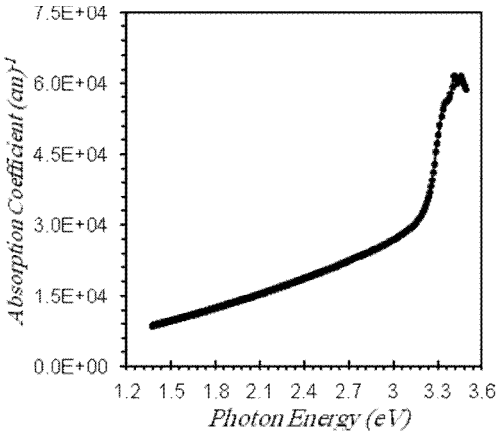


الشكل (5): فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة ولنسب مختلفة.

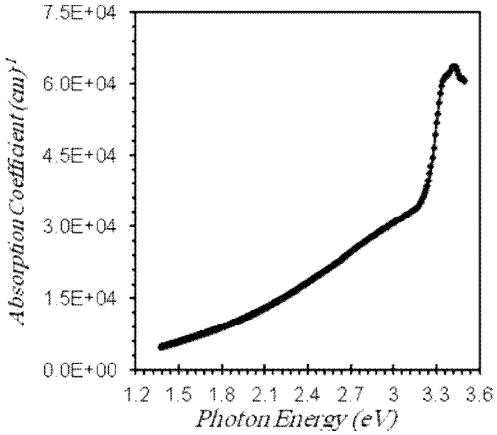
ZnO pure



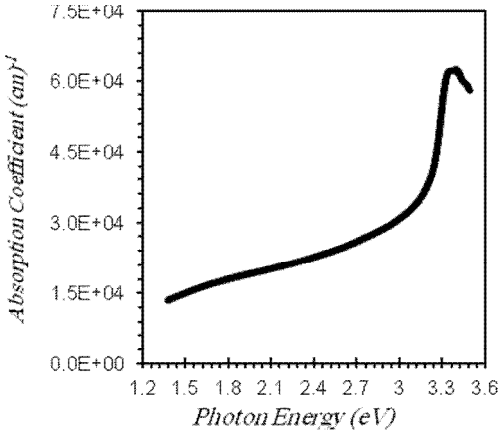
ZnO:Cu 3%



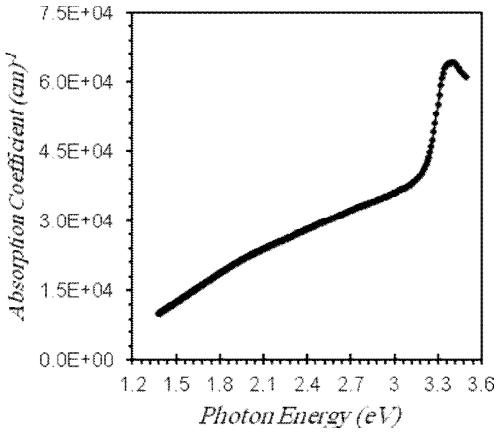
ZnO:Cu 5%



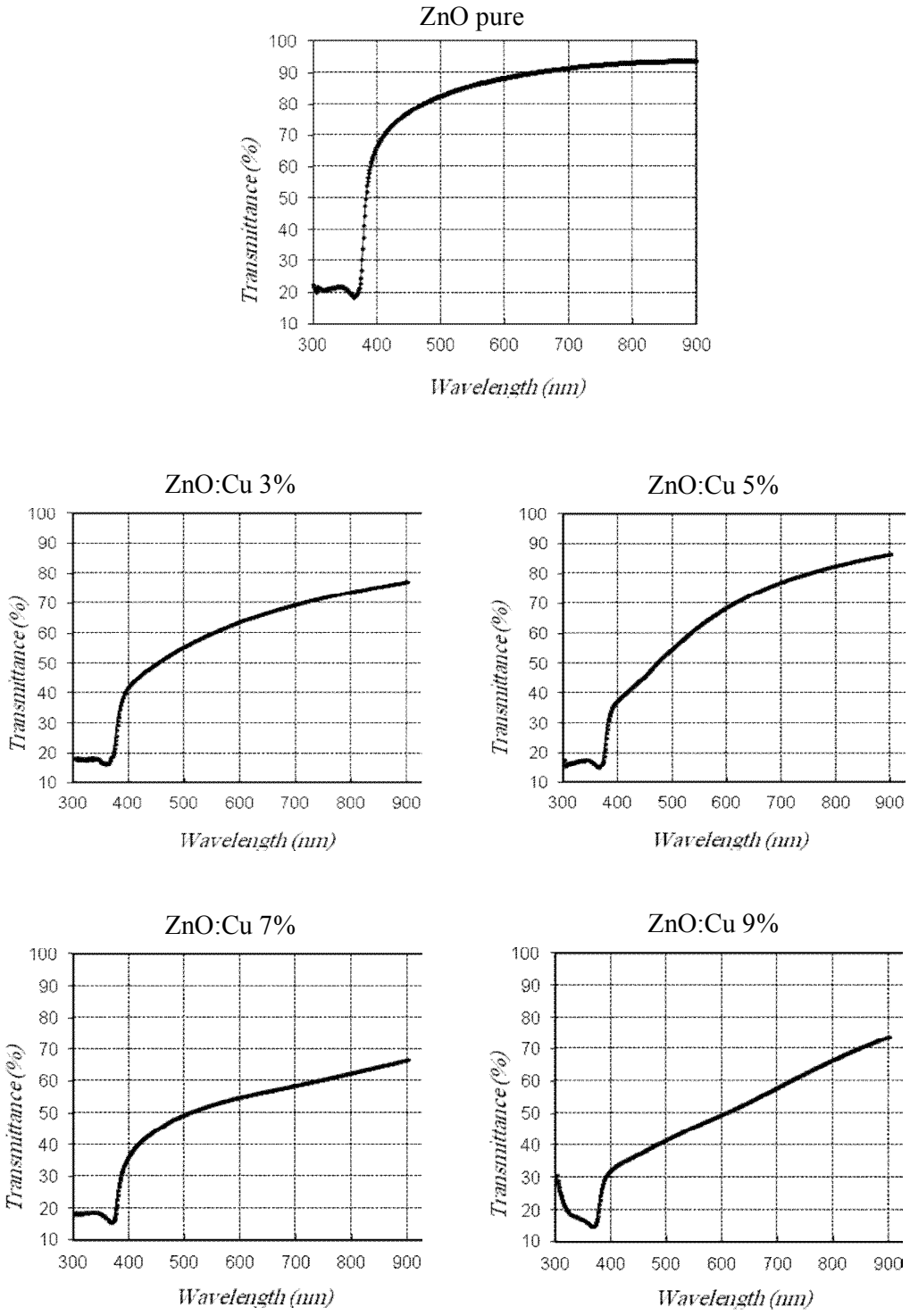
ZnO:Cu 7%



ZnO:Cu 9%



الشكل (4): تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة ولنسب مختلفة.



الشكل (3): تغير طيف النفاذية كدالة للطول الموجي لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة ولنسب مختلفة.

2. الخواص البصرية

بالاعتماد على قيم النفاذية والامتصاصية ضمن مدى الأطوال الموجية (300-900 nm)، رُسمت علاقة النفاذية كدالة للطول الموجي كما في الشكل (3)، وبينت هذه النتائج أن أغشية أوكسيد الخارصين النقية تمتلك نفاذية عالية معدلها حوالي (90%) في منطقة الطيف المرئي والمنطقة تحت الحمراء القريبة مع نفاذية قليلة في المنطقة فوق البنفسجية تزداد بشكل حاد عند قيم الأطوال الموجية (380 – 400 nm)، وتسمى هذه المنطقة بحافة الامتصاص الأساسية، وهذا يدل على أن المادة هي شبه موصل ذو فجوة طاقة واسعة وأن طاقة الفوتونات في المنطقة عالية النفاذية لا تعاني من امتصاص عال، وكذلك فإن لنعومة سطح الغشاء وحجم الحبيبات دورًا في تقليل التشتت [15]، ومع زيادة نسب التشويب نلاحظ أن هناك نقصانًا في قيم النفاذية يقابله زيادة في قيم الامتصاصية وانحراف حافة الامتصاص الأساسية نحو الأطوال الموجية الطويلة (الطاقة الواطئة)، وهذا يبين أن التشويب أدى إلى زيادة المستويات المانحة بالقرب من حزمة التوصيل، وبالتالي فإن إمكانية امتصاص الفوتونات ذات الطاقة المنخفضة واردة جدًا.

تم حساب معامل الامتصاص في منطقة الامتصاص الأساسية باستخدام العلاقة الآتية [16]:

$$\alpha = -\ln (T) / d \qquad (4)$$

إذ تمثل T: نفاذية الغشاء. d: سمك الغشاء.

يوضح الشكل (4) تغير معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لغشاء أوكسيد الخارصين والأغشية المشوبة ولمختلف النسب، ومنه نلاحظ أن معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لغشاء أوكسيد الخارصين النقي يزداد تدريجياً بمقدار صغير بزيادة طاقة الفوتون ولمدى الطاقات ($h\nu < 3eV$) ثم تعقب ذلك زيادة سريعة في المدى (3-3.2eV)، وهذه الزيادة السريعة تساعدنا على التنبؤ بحافة الامتصاص الأساسية، وقد أظهرت النتائج أن زيادة نسب التشويب أدت إلى زيادة واضحة في جميع قيم معامل الامتصاص، وخاصة عند الطاقات المنخفضة، وهذا يبدو واضحاً من الشكل (4)؛ إذ زحفت حافة الامتصاص الأساسية باتجاه الطاقات الفوتونية المنخفضة.

نلاحظ كذلك أن معامل الامتصاص لجميع الحالات سواء في الأغشية النقية أو المشوبة يمتلك قيمًا أكبر من ($10^4\ cm^{-1}$) في مدى الطاقات العالية مما يدل على حدوث انتقالات إلكترونية مباشرة، وهذا يتفق مع المصدر [17].

تبين من الدراسة الحالية حدوث نوعين من الانتقالات الإلكترونية، وهي الانتقالات الإلكترونية المباشرة المسموحة والممنوعة التي بموجبها أمكن حساب قيمة فجوة الطاقة على النحو الآتي:

<u>أولاً</u>: حساب قيمة فجوة الطاقة البصرية optical band gap في حالة الانتقالات المباشرة المسموحة، أي فجوة الطاقة الواقعة بين قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل عند المتجه الموجي ($K = 0$) وباستخدام العلاقة الآتية [18]:

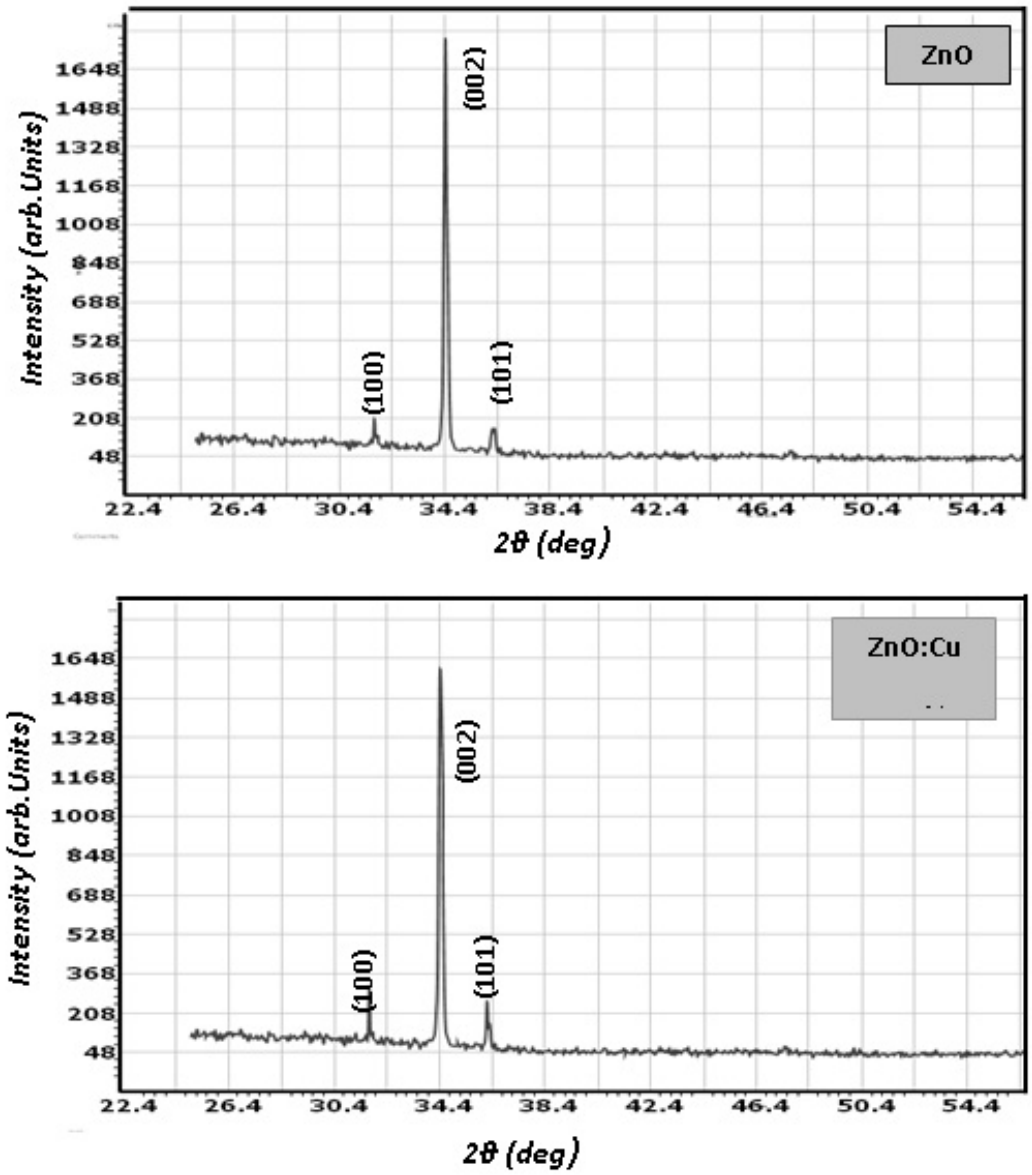
$$(\alpha h\nu)^2 = B^2 (h\nu - E_g) \qquad (5)$$

الشكل (5) يمثل المنحني المرسوم بين $(\alpha h\nu)^2$ وطاقة الفوتون لأغشية أوكسيد الخارصين والأغشية المشوبة. وبمد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة ($(\alpha h\nu)^2 = 0$) نحصل على قيمة فجوة الطاقة البصرية للانتقال المباشر المسموح، ونلاحظ أن قيم (E_{opt}) تقل بزيادة نسب الشوائب لجميع الأغشية كما هو موضح في الجدول (2)، وهذا يعني أن التشويب أدى إلى إزاحة حافة الامتصاص نحو الطاقات المنخفضة، وهذا النقصان يمكن تفسيره بأن الشوائب أدت إلى تكوّن مستويات مانحة كما بينا سابقًا داخل فجوة الطاقة وبالقرب من حزمة التوصيل عملت بدورها على إزاحة مستوى فيرمي نحو حزمة التوصيل ومن ثم امتصاص الفوتونات ذات الطاقة الأقل من (3.25eV) حتى (3.15eV).

<u>ثانياً</u>: حساب قيمة فجوة الطاقة في حالة الانتقالات المباشرة الممنوعة باستخدام العلاقة الآتية [19]:

$$(\alpha h\nu)^{2/3} = B^{2/3} (h\nu - E_g) \qquad (6)$$

وبرسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^{2/3}$ وطاقة الفوتون ومد الجزء المستقيم من المنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة ($(\alpha h\nu)^{2/3} = 0$) نحصل على قيمة فجوة الطاقة البصرية لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة. الشكل (6) يمثل المنحني المرسوم بين $(\alpha h\nu)^{2/3}$ وطاقة الفوتون لهذه الأغشية؛ إذ نلاحظ نقصان قيم (E_g) بزيادة نسب التشويب لجميع الأغشية وللسبب السابق نفسه في حالة الانتقالات المباشرة المسموحة، كما في الجدول (2).



الشكل (2): مخطط حيود الأشعة السينية لأغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة بالنحاس.

الجدول (1): نتائج حيود الأشعة السينية لأغشية ZnO النقية والمشوبة بالنحاس.

	Undoped ZnO (002)	***ZnO:Cu at 9% (002)***	***JCPDS for ZnO (002)***
2θ	34.452	34.481	34.422
d(Å)	2.6011	2.599	2.6033
d % error	0.084	0.080	_____
a_o(Å)	3.2470	3.2440	3.2498
c_o (Å)	5.2022	5.1980	5.2066
Grain size (nm)	60.44	45.96	_____

أما في حالة التطعيم بالنحاس، فقد استخدمنا المعادلة:

$$t = \frac{m_2 - m_1}{A \cdot \rho_{total}}$$

إذ إن ρ_{total} = كثافة ZnO × نسبته في المركب + كثافة Cu × نسبته في المركب.

القياسات البصرية والتركيبية

اشتملت القياسات البصرية على طيفي الامتصاصية (Absorbance) والنفاذية (Transmittance) لمدى الأطوال الموجية (300-900nm)، وذلك باستخدام جهاز من نوع (UV-1650PC) ذي الحزمتين المجهز من شركة (SHIMADZU)، وهو جهاز ذو دقة عالية (0.1 nm)، أما القياسات التركيبية فقد أُجريت باستخدام جهاز من نوع (SHIMADZU) أيضًا ذي هدف من نوع (Cu kα) وبطول موجي (1.5406 Å).

النتائج والمناقشة

1. الخواص التركيبية

إن لتأثير الشائبة داخل البنية البلورية الدور الكبير في تغيير أكثر الخصائص الفيزيائية لأنها يمكن أن تؤثر في أبسط الحالات على حجم البلورة وبالتالي في المسافة بين السطوح البلورية، مما يتسبب بدوره بإزاحة مواقع القمم في محور زاوية الحيود (2θ) ضمن منحني حيود الأشعة السينية إلى قيم اكبر أو أقل اعتمادًا على القطر الأيوني لذرات المادة الشائبة عند مقارنتها مع المادة المضيفة (Host) في الشبيكة [8]، ومن المعروف أيضًا أن التأثير الفعال للتشويب يحصل عندما تكون ذرات المادة الشائبة أصغر من أو مساوية للقطر الأيوني للمادة المضيفة [9]. في بحثنا الحالي أظهرت النتائج أن أغشية أوكسيد الخارصين النقية والمشوبة بالنسبة (9%) ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) من النوع السداسي (Hexagonal) ضمن الاتجاهية (100)، (002)، (101)، مع نمو متميز بالاتجاهية (002) وهذا يتفق مع البحوث [11,10]، ونلاحظ أن زاوية الحيود ازدادت مع زيادة التشويب، وسبب ذلك أن القطر الأيوني للنحاس أصغر من القطر الأيوني للخارصين [12] وهما (Zn^{+2} = 0.74 Å) و(Cu^{+2} = 0.69 Å) كما في الشكل (2)، وبذلك فان إمكانية أن يحل أيون النحاس محل أيون الخارصين واردة جدًا مما يؤدي إلى نقصان حجم البلورة الذي سيؤدي إلى نقصان المسافة بين المستويات البلورية (d) ومن ثم إلى زيادة (2θ) لأن العلاقة بينهما عكسية حسب قانون براغ Bragg's Law ($n\lambda = 2d \sin\theta$)، وكذلك يقودنا الاستنتاج الحالي إلى أن ذرات المادة الشائبة ضمن الشبيكة الحالية يمكنها أن تتآصر بسهولة مع الأوكسجين المتوفر بنسبة عالية لتكوّن أوكسيد النحاس الأحادي (CuO) بأكثر الأحوال رغم أننا لم نلاحظ وجود هذا الطور في طيف الحيود، وهذا يعزى إلى نسب التشويب القليلة [9,7]، ويمكن أن يظهر هذا الطور واضحًا عند النسب العالية، كذلك تبين أن هناك زيادة طفيفة في قمم (100)، (101) مما يدل على تحسن التبلور بهذا الاتجاه. الجدول (1) يبين بعض النتائج المحسوبة عن طريق طيف الحيود، وكانت ذات تطابق جيد مع القيم القياسية ضمن نموذج (JCPDS file no. 36-1451)، وقد تم حساب ثوابت الشبيكة (a_o) و(c_o) باستخدام العلاقة الآتية [13]:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3}\left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a_o^2}\right) + \frac{l^2}{c_o^2} \qquad (1)$$

إذ إن: (h,k,l) تمثل معاملات ميلر Miller indices.

وكذلك تم حساب معدل الحجم الحبيبي من علاقة شيرر Scherer [7، 13]:

$$D_{av} = \frac{0.9\lambda}{B\cos\theta} \qquad (2)$$

إذ إن:

λ: الطول الموجي المستخدم في جهاز الأشعة السينية.

B: قيمة FWHM.

تم حساب نسبة الخطأ المئوية باستخدام العلاقة التالية [14]:

$$\text{Relative percentage error} = \frac{|Z_H - Z|}{Z} \times 100 \qquad (3)$$

إذ إن:

Z_H: قيمة d المحسوبة من الطيف.

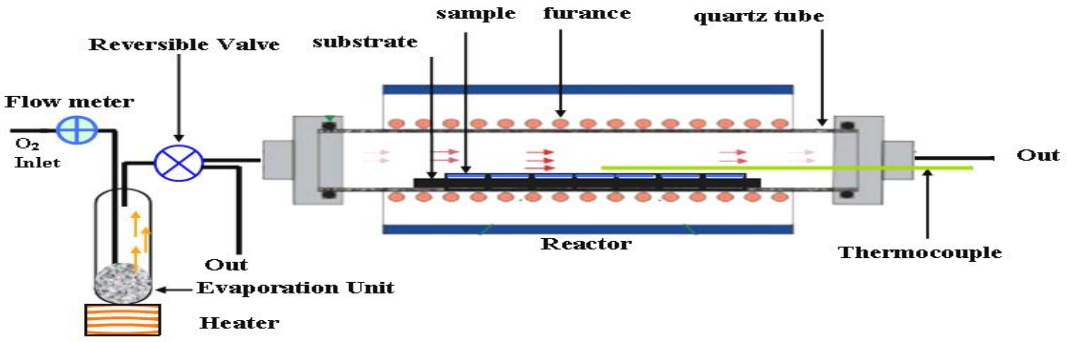
Z: قيمة d ضمن بطاقة JCPDS.

السنين الأخيرة أمكن تحضير أغشية أوكسيد الخارصين كقضبان متناهية الصغر (Nanorods) ذات تطبيقات حديثة [26,5]. يمكن تحضير أغشية أوكسيد الخارصين بعدة طرق منها طريقة الترسيب البخاري الكيميائي (CVD)، وطريقة التحلل الكيميائي الحراري (Chemical Spray Pyrolysis)، والتبخير الحراري (Thermal Evaporation)، والترذيذ (Sputtering) وغيرها [2]. إن الأغشية التي يتم الحصول عليها بطريقة (APCVD) تكون ملائمة للدراسات العلمية والتطبيقات التكنولوجية، وتُعد هذه الطريقة من الطرائق الاقتصادية ومن أمثلها للحصول على أغشية المركبات العضوية.

يهدف البحث الحالي إلى دراسة خواص أوكسيد الخارصين البصرية والتركيبية، ومعرفة تأثير التشويب بالنحاس بنسب (wt% 3-9) على هذه الخواص، وذلك سعيًا للحصول على غشاء بمواصفات جيدة، وتحسين صفاته الفيزيائية في منطقة الطيف المرئي.

الجانب العملي

لأجل الحصول على المادة الأساسية في تحضير أغشية أوكسيد الخارصين النقية تم استخدام مادة خلات الخارصين المائية ($Zn[CH_3COO]_2.2H_2O$) بعد إضافة الماء المقطر إليها وبالتالي الحصول على محلول مائي ذي تركيز (1M)، وبإضافة نسب وزنية (3-9 %) من مادة نترات النحاس المائية ($Cu(No_3)_2.3H_2O$) تم الحصول على المحلول المائي الخاص بتحضير الأغشية المشوبة وبنفس التركيز المولاري أعلاه، وبعد إعداد المحلول تُرك لفترة زمنية مناسبة للتأكد من عدم وجود أية رواسب ومن ثم وضع في الوحدة الخاصة بالتبخير في منظومة (APCVD)؛ إذ إن وجود مادة التبخير كسائل (Liquid) هي طريقة متداولة في كثير من البحوث المنشورة [7,6]. فبعد أن يصل المحلول إلى مرحلة الغليان يبدأ بخار الماء بالتصاعد حيث يُطرح خارجاً عبر صمام مُعد لهذا الغرض كما في الشكل (1)، ومن ثم يُفتح الصمام الخاص بإيصال المادة المتبخرة إلى حجرة الترسيب.



الشكل (1): مخطط توضيحي لمنظومة APCVD.

إن عملية الترسيب في منظومة (APCVD) ذات الجدار الساخن (Hot Wall) المصنعة محليًا والحصول على أغشية بمواصفات جيدة تطلبت وجود عدة مراحل، في بدايتها عملية تنظيف العينات الزجاجية ذات الأبعاد (2 X 2.5cm)؛ إذ وضعت في محلول تراي كلورو إثيلين (TCE) ضمن جهاز الأمواج فوق الصوتية ولفترة (10 دقائق)، ثم محلول الأسيتون، وبعدها محلول الميثانول للفترة الزمنية نفسها بعد ذلك تم غسلها بالماء اللاأيوني وتجفيفها بواسطة الهواء الحار. اما ظروف الترسيب فهي على النحو الآتي:

1. درجة حرارة القاعدة 500 °C.
2. معدل تدفق الهواء 1.5 L/min.
3. زمن الترسيب 20 min.

إن الأغشية التي تم الحصول عليها كانت شديدة الالتصاق بالقاعدة، ذات تجانس جيد وخالية من التشققات وذات سماكات مختلفة تعتمد على موقع النموذج داخل حجرة الترسيب، وفي بحثنا الحالي كان سمك الغشاء المستخدم (3000 Å). فقد تم إيجاده باستخدام الطريقة الوزنية حسب المعادلة:

$$t = \frac{m_2 - m_1}{A \cdot \rho_{zno}}$$

إذ إن $(m_2 - m_1)$ يمثل الفرق بين وزن الأرضيات قبل ترسيب الغشاء وبعده؛

ρ_{zno} كثافة المادة؛ وt سمك الغشاء.

المجلد 5، العدد 2، 2012. ص ص. 89-103

المجلة الأردنية للفيزياء

ARTICLE

دراســة الخـواص التركيبية والبـصريـة لأغشيــة (ZnO:Cu) المحضرة بطريقة APCVD

ميخائيل عيسى منصور
قسم الفيزياء، كلية التربية، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

Received on: 11/10/2011; *Accepted on: 22/4/2012*

الملخص: في هذه الدراسة تم تحضير أغشية ZnO النقية والمطعمة بالنحاس بنسبة (3-9 %) باستخدام تقنية الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي (APCVD) وعلى قواعد من الزجاج بدرجة حرارة أساس (500ºC)، تمت دراسة الخواص التركيبية والبصرية لهذه الأغشية. بينت نتائج التشخيص أن هذه الأغشية متعددة التبلور وذات تركيب سداسي مع اتجاه تفضيلي عند (002)، وتضمنت دراسة الخواص البصرية (طيف النفاذية، فجوة الطاقة، معامل الامتصاص، الانعكاسية، معامل الانكسار، معامل الخمود)، ووجد أن قيم فجوة الطاقة تتناقص من (3.25 – 3.15 eV)، وأن معدل النفاذية (90 %) ضمن منطقة الطيف المرئي.

Studying the Structural and Optical Properties of ZnO:Cu Prepared by APCVD Technique

Mekhaiel Manssor
Physics Department, College of Education, Mosul University, Iraq.

Abstract: Undoped and Cu-doped ZnO at (3-9 wt. %) thin films have been prepared by APCVD technique on glass substrates at 500ºC. The structural and optical properties of these films were studied. The results of the structural tests showed that these films are of a polycrystalline hexagonal structure with a preferred orientation in the (002) direction, the optical properties included transmittance, energy gap, absorption coefficient, reflectance, refractive index and extinction coefficient, the energy gap values were found to decrease from (3.25 to 3.15 eV) and the average transmittance was found about (90%) in the visible region.
Keywords: TCO; ZnO; APCVD; Optical properties.
PACS: 60:70

المقدمة

أوكسيد الخارصين أحد مركبات الخارصين الكيميائية، ذو تركيب بلوري سداسي (Hexagonal) من نوع (Wurtzite)، ويُعد أحد أشباه الموصلات واسعة الاستخدام لكونه يمتاز بفجوة طاقة مباشرة (3.37eV) عند درجة حرارة الغرفة وطاقة ربط عالية للإكسيتون (Exciton) قيمتها (60meV)، ينتمي إلى المجاميع (II-VI) في الجدول الدوري ومن النوع السالب (n-type)، ذو توصيلية عالية ناتجة من وجود فراغات الأوكسجين (Oxygen Vacancies)، وبذلك فهو مشابه في خواصه البصرية إلى حد كبير لمادة GaN [1-3]. ونظراً لنفاذيته العالية (High Transparency) في المنطقة المرئية والمنطقة تحت الحمراء القريبة فقد صُنف ضمن أكاسيد التوصيل الشفافة (Transparent Conducting Oxides) ذات التطبيقات الواسعة في النبائط الكهروبصرية، مثل الخلايا الشمسية، وشاشات العرض السائلة، والمتحسسات الغازية والكيميائية، ودايودات الانبعاث الضوئي [4]، وفي

Corresponding Author: Mekhaiel Manssor **Email**: mekhaiel53@yahoo.com