

تأثير المولارية وزمن التلدين على طاقات اورباخ لأغشية $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ المرسبة بطريقة الرش الكيميائي الحراري

عايد نجم صالح

قسم الفيزياء ، كلية التربية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: 25 / 3 / 2013 ---- تاريخ القبول: 28 / 4 / 2013)

الملخص

حضرت أغشية ZnO على قواعد زجاجية بطريقة الرش الكيميائي الحراري بتركيز مختلفة من نترات الخارصين (0.1-0.5) مولارية. تم تطعيم الأغشية ذات التركيز المولاري 0.3M بنسبة تطعيم ($X=0-0.1$). جرى تلدين الأغشية النقية والمطعمة عند درجة حرارة 400°C وبأزمان (0.5-2.5 h). حسبت طاقات اورباخ لجميع الأغشية باستخدام الخواص البصرية. وجد ان طاقة اورباخ تتراوح بين (83-160 meV) للأغشية النقية بينما اعلى قيمة 357 meV لأغشية $\text{Co}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{O}$. ووجد بان فجوة الطاقة تتناسب عكسيا مع طاقات اورباخ تقريبا.

الكلمات المفتاحية: اوكسيد الخارصين ، الرش الكيميائي الحراري ، طاقة اورباخ.

1- المقدمة

القواعد باستخدام فرن كهربائي لعدة دقائق لتكون جاهزة للاستخدام. لتحضير محلول أغشية (ZnO) النقية تم استخدام مادة نترات الخارصين المائية $[\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ دُسر محلول لأكسيد الخارصين النقي بتركيز مولاري (M) (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 mol/L). حيث تم إذابة كميات محددة من مادة نترات الخارصين المائية حسب التركيز المطلوب في (50ml) من الماء المقطر وإضافة (قطرات) من حامض النتريك (HNO_3) لمنع ترسب المحلول ثم يخلط المحلول باستخدام خلاط مغناطيسي لمدة (5-10 min) لإتمام عملية الإذابة، وبعد ذلك يترك المحلول لمدة ساعة للحصول على محلول متجانس، ومن ثم يوضع المحلول في خزان جهاز الرش ويتم رش المحلول على قواعد مسخنة بدرجة حرارة 375°C . يحضر محلول الإشبابة بالكوبالت لغشاء ZnO من استخدام مادة نترات الكوبالت المائية $[\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ وقد تم التشويب بنسب حجمية مختلفة عند تركيز مولاري ($x=0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1$). وأجريت المعاملة الحرارية للأغشية النقية بتركيز (0.3M) والمشبوبة بنسبة (4%) فقط عند درجة حرارة (400°C) وبزمن مختلف (0.5 h, 1h, 1.5h, 2.5h).

3- النتائج والمناقشة

يعرف معامل الامتصاص (α) بأنه نسبة التناقص في فيض طاقة الأشعة الساقطة بالنسبة لوحدة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط ويعتمد معامل الامتصاص على طاقة الفوتونات الساقطة وعلى خواص شبه الموصل [11]. أن شدة الأشعة الساقطة تتناقص بشكل أسي ($e^{-\alpha t}$) خلال المادة، ومعامل الامتصاص يمثل نسبة التناقص في طاقة الإشعاع خلال المادة، ويتم حساب معامل الامتصاص من المعادلة التالية [12]:

$$\alpha = 2.303 \left(\frac{A}{t} \right) \quad (1)$$

حيث A تمثل الامتصاصية و t سمك الغشاء.

الإشكال (1-4) توضح تغير لوغاريتم معامل الامتصاص $\ln(\alpha)$ مع طاقة الفوتونات $h\nu$ الساقطة على أغشية ZnO . ففي الشكل (1)

إن أكاسيد التوصيل الشفافة هي من أشباه الموصلات المهمة وذلك لارتفاع توصيليتها الكهربائية ونفاذيتها البصرية (شفافة) فيمتد طيف النفاذية فيها ما بين (400-1500 nm) [1]. وهي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأوكسجين أي إنها أشباه موصلات اوكسيدية مثال SnO_2 , In_2O_3 , ZnO .

لأكسيد الخارصين ZnO هو شبه موصل ذو فجوة طاقة مباشرة (3.22-3.32 eV) ويمتلك تركيب سداسي متراس. وقد استعمل بشكل واسع في صناعة الكثير من الأجهزة الألكترونية [1]، الخلايا الشمسية (طلاء مضاد للانعكاس) المرابا الحرارية [2]، متحسسات غاز [3]، أجهزة الموجة السمعية السطحية [2-4].

ان عملية تطعيم اوكسيد الخارصين هي من العمليات المهمة وذلك لأنه شبه موصل من النوع السالب ثلثانياً. وحديثاً استخدمت عناصر المعادن الانتقالية (TM) في تطعيم ZnO مثل ($\text{Sc}, \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$) للحصول على شبه موصل مغناطيسي مخفف (DMS) [5]. هناك تقنيات مختلفة وعديدة والتي يمكن الحصول من خلالها على أغشية ZnO المطعمة بالكوبلت Co ومن هذه التقنيات الترذيز المغناطيسي [6]، ترسيب نبضة ليزر PLD [7]، طريقة sol-gel [8]، التنمية الفوقية لحزمة ليزر جزيئية LMBE [9] وطريقة الرش الكيميائي الحراري [10].

إن تقنية الرش الكيميائي الحراري هي التقنية التي استخدمت بشكل واسع لأكثر من عقدان، بسبب سهولتها ولأنها تقنية رخيصة وإمكانية إنتاج أغشية على مساحة كبيرة.

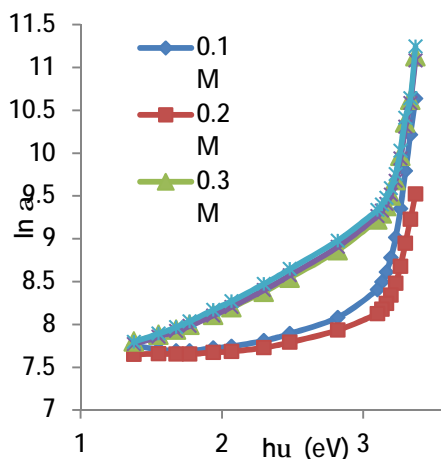
في دراستنا الحالية فأن أغشية $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ الرقيقة قد رسبت بواسطة تقنية الرش الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية ودراسة خواصها البصرية.

2- الجانب العملي

تم استخدام قواعد زجاجية بسمك 0.17mm ومساحة ($2.5 \times 2.5 \text{ mm}^2$). تم غسلها جيداً بالماء المقطر مع سائل تنظيف الزجاج بعد ذلك يتم وضعها في الأسيتون ثم بالماء. بعد ذلك تجفف هذه

لا يتغير مع $h\nu$ ضمن مدى الطاقات الأقل من 3 eV. أما عند زيادة المولارية ($M > 0.3$) فإن معامل الامتصاص يزداد بشكل واضح مع زيادة الطاقة.

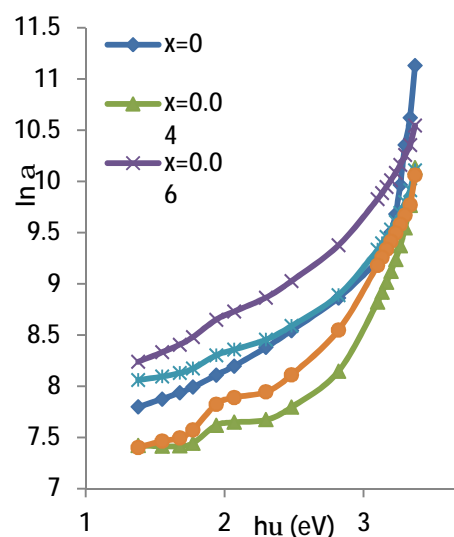
يوضح تأثير التركيز المولاري لأغشية ZnO النقية ($x=0$) على معامل الامتصاص. حيث نلاحظ أن α لأغشية ذات المولارية 0.1, 0.2 لا تعتمد بشكل كبير على طاقة الفوتونات ، أي أن معامل الامتصاص



شكل (1) يمثل $\ln \alpha$ مع طاقة الفوتون لتركيز مولارية مختلفة.

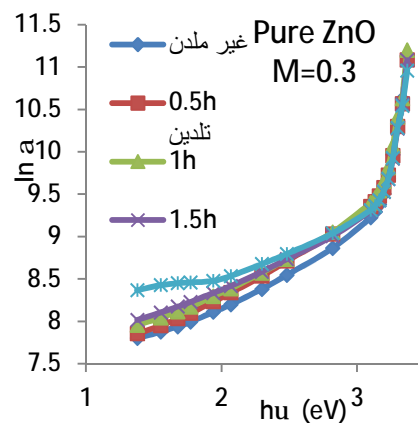
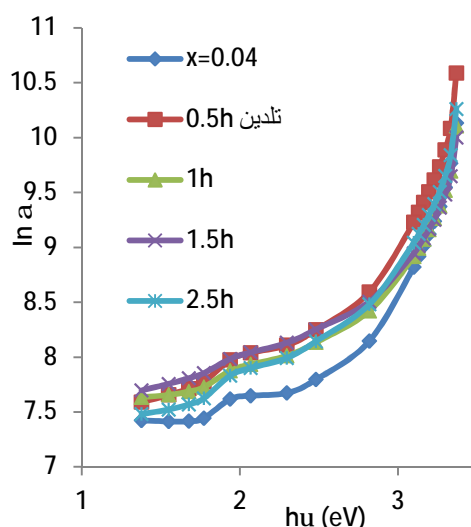
$\text{Co}_{0.04}\text{Zn}_{0.96}\text{O}$ أما أعلى قيمة في $\text{Co}_{0.06}\text{Zn}_{0.94}\text{O}$ مقارنة مع أغشية ZnO النقية.

أما الشكل (2) فيوضح اعتماد $\ln \alpha$ على $h\nu$ لأغشية ZnO المطعمة بالكوبالت Co. إذ نلاحظ أن تأثير التطعيم يكون واضحاً ويؤثر بشكل كبير على قيمة α حيث كانت أقل قيمة له في أغشية



شكل (2) يمثل $\ln \alpha$ مع طاقة الفوتون لتركيز تطعيم مختلف.

أما الشكلان (3) و(4) فيبينان تأثير زمن التلدين على معامل التوالي. حيث يلاحظ أن زمن التلدين يكون تأثيره طفيفاً على α . الامتصاص لغشاء ZnO النقي وغشاء $\text{Co}_{0.04}\text{Zn}_{0.96}\text{O}$ على

شكل (3) يمثل $\ln \alpha$ مع طاقة الفوتون لغشاء ZnO النقي الملدن .شكل (4) يمثل $\ln \alpha$ مع طاقة الفوتون لغشاء $\text{Co}_{0.04}\text{Zn}_{0.96}\text{O}$ الملدن.

حيث A ثابت ، E_g : فجوة الطاقة البصرية r : معامل أسي يحدد نوع الانتقال، فإذا كانت: $r=1/2$ يمثل الانتقال المباشر المسموح (يحدث عند انتقال الإلكترون من أعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أوطاً نقطة في حزمة التوصيل). أما $r=3/2$ فإنها للانتقال المباشر الممنوع (يحدث عند انتقال الإلكترون من النقاط المجاورة لأعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى النقاط المجاورة لأوطاً نقطة في حزمة التوصيل). أما $r=2$ للانتقال غير المباشر المسموح (ويحدث عندما يكون الانتقال غير عمودي من أعلى نقطة في حزمة التكافؤ إلى أوطاً نقطة في حزمة التوصيل). في حين $r=3$ هي للانتقال غير المباشر الممنوع (يحدث عند حصول الانتقال غير العمودي أيضاً، ولكن من النقاط المجاورة لأعلى وأوطاً نقطة في حزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي). ولغرض حساب فجوة الطاقة البصرية E_g وفق المعادلة أعلاه فقد تم رسم العلاقة $(\alpha h\nu)^2$ كدالة لطاقة الفوتون ($h\nu$) لجميع الأغشية المحضرة إذ أن تقاطع امتداد المستقيم من المنحنى مع محور طاقة الفوتون $[(\alpha h\nu)^2 = 0]$ يمثل قيمة فجوة الطاقة البصرية. (الشكل 9-)

إن تغير معامل امتصاص هذه الأغشية جاء نتيجة لتغير امتصاصيتها A إذا فرضنا أن سمكها ثابت تقريباً. لذلك فإن زيادة A يأتي من امتصاص الفوتونات التي تمتلك طاقة أقل من حافة الامتصاص الأساسية لهذا فإنه يتوقع نشوء مستويات طاقة متمركزة داخل فجوة الطاقة ناتجة عن طريقة تحضير الأغشية [13]. إذا لا بد من معرفة عرض هذه المستويات ومدى تأثيرها بعوامل التحضير .

بالرجوع مرة أخرى إلى الأشكال الأربعة السابقة، نلاحظ وجود منطقتين للامتصاص:

المنطقة الأولى: والتي تقع $h\nu > 3$ eV ويكون معامل الامتصاص عالي في هذه المنطقة وتسمى بمنطقة الامتصاص العالي. وتكون الانتقالات الإلكترونية السائدة في هذه المنطقة هي الانتقال من المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ إلى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل وتكون العلاقة بين معامل الامتصاص والطاقة لهذه المنطقة تخضع لعلاقة تاوك (Tauc) والتي تعطى بالمعادلة التالية [14]:

$$\alpha h\nu = A (h\nu - E_g)^r \quad (2)$$

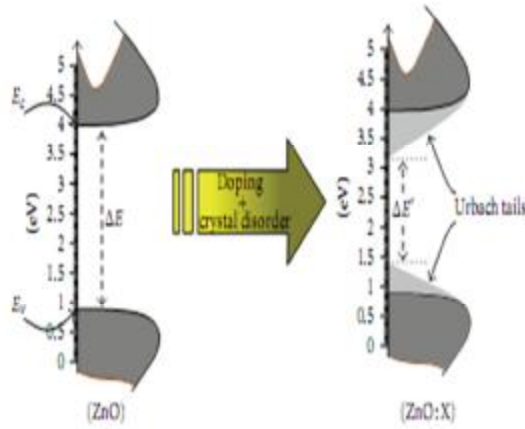
الممتدة (Extended) في حزمة التوصيل، أو من الحالات الممتدة في حزمة التكافؤ الى حالات الذيل أسفل حزمة التوصيل. وتدعى هذه المنطقة بمنطقة أورباخ (Urbach) وتعطى العلاقة بين طاقة الفوتونات ومعامل الامتصاص وفق المعادلة التالية [16]:

$$\alpha = \alpha_0 \exp\left(\frac{h\nu}{E_U}\right) \quad (3)$$

حيث α_0 مقدار ثابت، E_U طاقة أورباخ (Urbach energy) والتي تمثل عرض الذيل المتمركزة وكذلك هي مؤشر لوجود أنواع مختلفة من الحالات العشوائية و العيوب التي تنشأ حسب الطريقة المستخدمة في التحضير والتي تؤدي إلى تمدد القطع المكافئ لكثافة الحالات عند حافة الحزمة وكما موضحة في المخطط (5) [16].

(6) تمثل قيم E_g كدالة للتركيز المولاري ونسبة التطعيم وتأثير زمن التلدين على الأغشية.

المنطقة الثانية: والتي تقع عند $h\nu \leq 3$ eV ، حيث تمتص هذه الأغشية الفوتونات التي طاقتها أقل من قيمة حافة الامتصاص ، أي أقل من فجوة الطاقة. إذا كانت المادة نقية وخالية من العيوب وكانت طاقة الفوتونات الساقطة أقل من E_g فإن المادة تصبح شفافة وتنفذ هذه الفوتونات من خلال الغشاء. أما عندما تكون طاقة الفوتونات أكبر من فجوة الطاقة فإنها سوف تمتص. بالرجوع إلى الإشكال السابقة، نرى في المنطقة الثانية انه تم امتصاص الفوتونات ، لذا يتوقع وجود مستويات طاقة متمركزة تمتد من أعلى حزمة التكافؤ الى أسفل حزمة التوصيل [15]. أن الامتصاص البصري لهذه المنطقة يرتبط بالانتقالات من حالات الذيل (Tails) التي تقع فوق حزمة التكافؤ الى الحالات



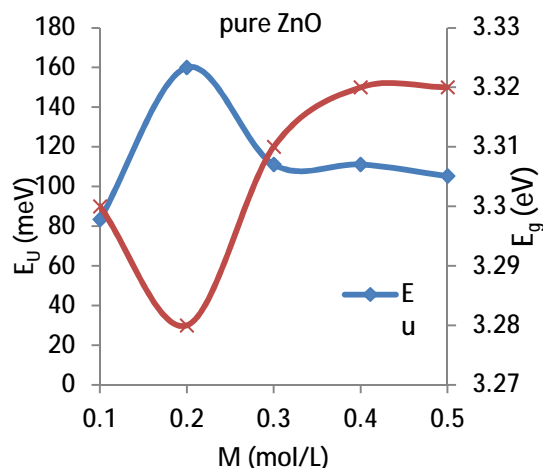
مخطط (5) يوضح ذيل طاقات أورباخ داخل فجوة الطاقة [16]

ناتجة من نشو عيوب بلورية داخل الغشاء. ان وجود هذه المستويات يؤدي الى انتقال الالكترونات من المستويات الذيلية الى المستويات الممتدة و بالعكس وبالتالي فان الالكترونون لكي ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل سوف يحتاج الى طاقة قليلة ولهذا فان فجوة الطاقة سوف تقل وهذا يتفق مع تغير E_g مع التركيز المولاري حيث اقل قيمة لها عندما $M=0.2$ والموضحة في الشكل (6). اما الشكل (7) فيوضح العلاقة بين فجوة الطاقة E_g وطاقة أورباخ للأغشية النقية ، حيث نلاحظ أن زيادة E_U يؤدي إلى تقليل فجوة الطاقة.

ويمكن أيجاد E_U من أخذ مقلوب ميل الإشكال (1-4) ضمن مدى الطاقة الأقل من حافة الامتصاص لذا فإن:

$$E_U = \left[\frac{d(\ln\alpha)}{d(h\nu)} \right]^{-1} \quad (4)$$

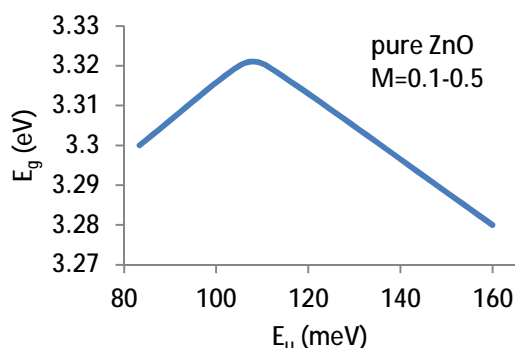
أن قيم E_U موضحة بالإشكال (6-9) كدالة لتركيز المولاري والتطعيم وزمن التلدين. حيث الشكل (6) يبين تغير طاقة أورباخ مع التركيز المولاري. نلاحظ أن أعلى قيمة E_U هي عند $M=0.2$ وتبلغ 160 meV أما أقل قيمة فهي 83.3 meV عندما $M=0.1$ ثم نأخذ قيمتها بالثبوت مع التركيز عند 110 meV تقريباً. ان زيادة E_U يدل على وجود كثافة عالية من المستويات المتمركزة داخل فجوة الطاقة



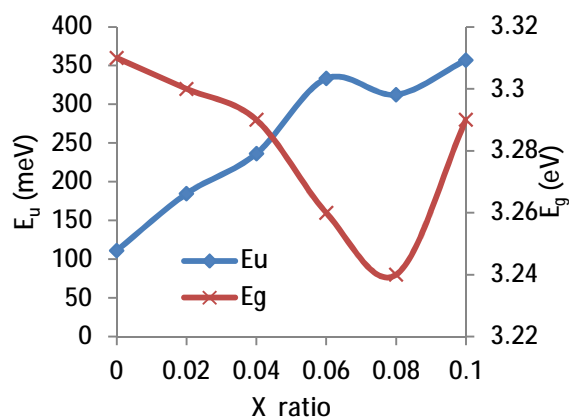
شكل (6) تغير E_U و E_g مع التركيز المولاري.

تعويض ايونات الكوبالت (Co^{2+}) عن ايونات الخارصين (Zn^{2+}) في تركيب شبكة السداسي المتراس لأوكسيد الخارصين [17]. وهذه النتائج تتفق مع نتائج البحوث المنشورة [18,19]. الشكل (9) الذي يوضح ان العلاقة بين طاقة اورياخ وفجوة الطاقة هي علاقة عكسية ما عدا الزيادة في E_g مع زيادة طاقة اورياخ ، أي عندما $X=0.1$ أن الزيادة في فجوة الطاقة تنشأ بسبب تأثير Burstein-Moss الذي يصف الإزاحة الزرقاء لحافة الامتصاص للأغشية [20].

أما الشكل (8) فيوضح تغير طاقة اورياخ مع نسبة التطعيم X . يتبين من الشكل ان زيادة التطعيم أدت الى زيادة طاقة اورياخ، أي زيادة في عرض المستويات المتمركزة وتكوين مستويات للشوائب داخل فجوة الطاقة. كذلك يلاحظ ان زيادة التطعيم بالكوبالت أدى إلى تناقص فجوة الطاقة، أي إزاحة حافة الامتصاص إزاحة حمراء (red shift)، عندما $X \leq 0.08$ وهذه تُنسب إلى تبادل التفاعلات (sp-d)، أي تفاعل الكترولونات المستوي (d) الموضعية لأيونات الكوبالت (Co^{2+}) والكترولونات الحزمة لأوكسيد الخارصين، وهذا يدل على



شكل (7) يمثل تغير E_g مع E_u لتركيزات مولارية مختلفة.

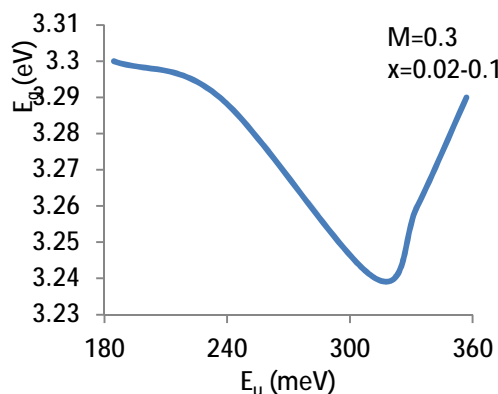


شكل (8) يمثل تغير E_U و E_g مع تركيز التطعيم.

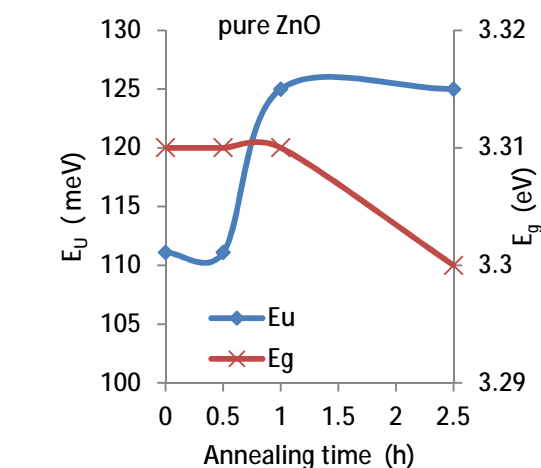
أقل قيمة لطاقة اورياخ تم الحصول عليها عند زمن التلدين 0.5 h وهذه الحالة مشابه للغشاء النقي والموضحة بالشكل السابق. ويرجع السبب في ذلك الى ان ذرات المادة قد اعطيت الفرصة الكافية لترتيب نفسها واخذها لمواقعها الاصلية [21] ، أما زيادة زمن التلدين على هذه القيمة ادى الى نتائج عكسية من زيادة طاقة اورياخ.

أما الشكل (10) فيوضح طاقة اورياخ وطاقة الفجوة لغشاء اوكسيد الخارصين النقي كدالة لزمن التلدين. حيث يلاحظ ان زمن التلدين يزيد من طاقة

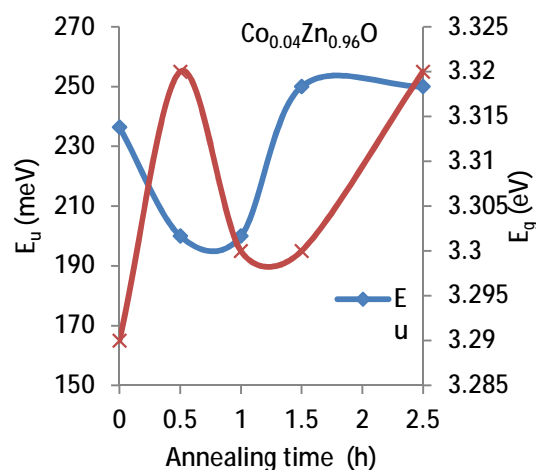
اورياخ وبالتالي يقلل من فجوة الطاقة. كذلك يوضح الشكل (11) تغير E_U و E_g مع زمن تلدين الغشاء $Co_{0.04}Zn_{0.96}O$. حيث يلاحظ ان



شكل (9) يمثل تغير E_g مع E_u لتراكيز تطعيم مختلفة.



شكل (10) يمثل تغير E_U و E_g مع زمن التلدين لغشاء ZnO النقي.



شكل (11) يمثل تغير E_U و E_g مع زمن التلدين لغشاء $Co_{0.04}Zn_{0.96}O$

4- الاستنتاجات

لعلاقة اورياخ وقد تم حساب طاقة اورياخ لهذه الاغشية كدالة للتركيز المولاري ونسبة التطعيم وزمن التلدين. كذلك وجد بان تغير فجوة الطاقة لهذه الاغشية جاء نتيجة لتغير طاقة اورياخ والتي نتجة من تكون المستويات المتمركزة داخل فجوة الطاقة.

ان معامل الامتصاص يتأثر مع زيادة تركيز الخارصين وخاصة في المولارية الاكبر من 0.3 mol/L ، كذلك يتأثر مع زيادة تركيز الكوبالت X ، اما تأثره مع زمن التلدين فيكون قليلا. وجد بان الاغشية في منطقة الامتصاص الاقل من حافة الامتصاص الاساسية تخضع

المصادر

- [1] D. Chaltopadhyay, P. Rakshit, B. Saha and N. Purkait, " Foundations of electronics" Second Edition, New Age International (2003).
- [2] L. Solymar and D. Walsh, " Electrical Properties of Materials", Seven Edition, Oxford (2004).
- [3] K. P. Sze "Process Development for ZnO-Based Devices" Ph.D. Dissertation, University of Florida, (2005).
- [4] T. Teiner, "Semiconductor nanostructures for Optoelectronic Applications", Artech House, Inc. (2004).
- [5] Z. S. feng, Y. C. hong, L. Qi, S. F. qi , W. J. guo, W. G. hou. " Cluster-assembled cobalt doped ZnO nanostructured film prepared by low energy cluster beam deposition". Trans. Nonferrous Met. Soc. China Vol.19,1450 (2009).
- [6] M. Fonin, G. Mayer, E. Biegger, N. Janßen, M. Beyer, T. Thomay, R. Bratschitsch, Y.S. Dedkov and U. Udiger." Defect induced ferromagnetism in Co-doped ZnO thin films", Journal of physics / conference series, Vol.100, 42034(2008)
- [7] A.A. Yousif , N.F. Habubi1 , A.A. Haidar," Nanostructure Zinc Oxide with Cobalt Dopant by PLD for Gas Sensor Applications". J. Nano- Electron. Phys. Vol 4, 02007 (2012).
- [8] N. Murugesan and A. Achuthanunni. " Structural and Optical Properties Of Undoped and CoDoped ZnO Nanostructured Thin Films " . Suranaree J. Sci. Technol. Vol. 18 No.(1),81 (2011).
- [9] H. Morkoc and U. Ozgur, "Zinc Oxide" Fundamentals, Materials and Device Technology, Wiley- Vch Verlag, (2009).
- [10] S. Gautam , P. Thakur , K. H. Chae, G. S. Chang, K. Asokan." Electronic Structure of Co-doped ZnO Thin Films by X-ray Absorption and Emission Spectroscopy" J. Korean Phys. Society, Vol. 55, No. 1, 167(2009).
- [11] J. Singh, "Optical Properties of Condensed Matter and Applications", John Wiley & Sons Ltd (2006).
- [12] M.Caglar, S.Ilican, Y.Caglar," Determination and Analysis of the Dispersive Optical Constants of the Non-Crystalline ZnO Thin Films", Physica Macedonica Vol.56, 49 (2006).
- [13] F. Urbach" The Long-wavelength Edge of Photographic Sensitivity and of the Electronic Absorption of Solids" Phys.Rev.Vol.92.1324(1953).
- [14] S. Tanunchai, S. Towta, N. Mangkorntong, P. Mangkorntong and S. Choopun "Urbach Energy of Hexagonal ZnO and Mg_{0.05}Zn_{0.95}O Thin Film Grown by RF Sputtering" Chiang Mai J. Sci. Vol.32(3) 453(2005).
- [15] J. Singh and K. Shimakawa "Advances in Amorphous Semiconductors" Taylor & Francis (2003).
- [16] A. Boukhachem, B. Ouni, A. Bouzidi, A. Amlouk, K. Boubaker, M. Bouhafs, and M. Amlouk."Quantum Effects of Indium /Ytterbium Doping on ZnO-Like Nano-Condensed Matter in terms of Urbach-Martienssen and Wemple-Di Domenico Single- Oscillator Models Parameters" Condensed Matter Physics. Vol.1 (2012),
- [17] S. Kumar, R. Kumar, D.P. Singh, "Shift heavy ion induced modifications in cobalt doped ZnO thin films: Structural and optical studies", Applied Surface Science, Vol. 255, 8014 (2009).
- [18] C.B. Fitzgerald, M. Venkatesan, J.G. Lunney, L.S. Dorneles, and J.M.D. Coey, "Cobalt-doped ZnO – a room temperature dilute magnetic semiconductor", Applied Surface Science, Vol. 247, 493 (2005).
- [19] L. Wei, Z. Li, and W.F. Zhang, "Influence of Co doping content on its valence state in Zn_{1-x}Co_xO (0 ≤ x ≤ 0.15) thin films", Applied Surface Science, Vol. 255, 4992 (2009).
- [20] Shou-Yi Kuo, Wei-Chun Chen, Fang-I Lai, Chin-Pao Cheng, Hao-Chung Kuo, Shing-Chung Wang, Wen-Feng Hsieh," Effects of doping concentration and annealing temperature on properties of highly-oriented Al-doped ZnO films" , Journal of Crystal Growth Vol. 287,78 (2006).
- [21] J. Mathew, G Varghese, and J Mathew"Effect of post-thermal annealing on the structural and optical properties of ZnO thin films prepared from a polymer precursor" Chin. Phys. B Vol. 21(7) ,078104 (2012).

Effect of Molarity and Annealing Time on Urbach Energy for $\text{Co}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$ Thin Films Prepared by spray Pyrolysis method

Ayed N. Saleh

Department of Physics , Collage of Education, Tikrit University , Tikrit , Iraq

(Received: 25 / 3 / 2013 ---- Accepted: 28 / 4 / 2013)

Abstract

ZnO thin films have been deposited onto glass substrates by the spray Pyrolysis method. Different concentrations of Zinc nitrite (0.1-0.5 mol/L) was used. These films doped with different x ratio ($x=0-0.1$) and annealed at 400°C for annealing time about (0.5-2.5 h). Urbach energies have been calculated by optical properties. It has been found that Urbach energy for pure films is nearly (83-160 meV) while the maximum value of $\text{Co}_{0.1}\text{Zn}_{0.9}\text{O}$ thin film is 357 meV. It has also been found that energy gap is in inverse proportion with Urbach energy.

Keywords: ZnO, Spray pyrolysis, Urbach energy.