

تأثير تركيز المولارية على الثوابت البصرية لأغشية ZnO المحسوبة بطريقة الغشاء

صبري جاسم محمد ، عايد نجم صالح ، مروة طارق احمد

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

(تاريخ الاستلام: 5 / 6 / 2012 ---- تاريخ القبول: 11 / 11 / 2012)

الملخص

حضرت أغشية ZnO على قواعد زجاجية بتركيز مختلفة من نترات الخارصين (0.1-0.5) مولارية. تم دراسة خواصها التركيبية باستخدام XRD ووجد بأنها تمتلك تركيب سداسي. أما خواصها البصرية فقد تم استخدام طريقة الغشاء لحساب الثوابت البصرية، فوجد بان نفاذيتها تقل من (86-65%) ضمن المنطقة المرئية مع زيادة التركيز المولاري ، ومعامل الانكسار يزداد مع التركيز. أما فجوة الطاقة فوجد بأنها لا تتأثر كثيراً مع التركيز وتكون قيمتها بين (3.28-3.32) eV.

المقدمة

إن أكاسيد التوصيل الشفافة هي من أهم أشباه الموصلات وهي عبارة عن أشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الأوكسجين أي إنها أشباه موصلات اوكسيدية مثلها ZnO، In₂O₃، SnO₂. حيث تتميز بارتفاع توصيليتها الكهربائية ونفاذيتها البصرية (شفافة) فيمتد طيف النفاذية فيها ما بين (400-1500 nm) وبالرغم من كبر فجوة طاقتها تكون حزمة التوصيل مليئة بالالكترونات الحرة بسبب الشواغر الأوكسجينية الناتجة عن عدم التوافق الجزيئي [1]. إن هذه الصفة المميزة لهذه المواد أهلتها للاستخدام في كثير من التطبيقات التي تتطلب نفاذية بصرية وتوصيلية كهربائية عاليتين كتطبيقات الخلايا الشمسية [2]، متحسسات غاز [3]، أقطاب التوصيل الشفافة، الشاشات السائلة، الثنائيات الباعثة للضوء والمرابا الحرارية وغيرها [4]. لبأكسيد الخارصين انتباه كثير من العلماء كمادة مستقبلية حيث درس ZnO على نحو واسع منذ عام 1935م وكان الاهتمام المتجدد لهذه المادة قد نشأ عن تطوير تقنيات الترسيب لصناعة بلورات أحادية ذات نوعية عالية وبطبقات متعددة. و البحوث حول ZnO بدأت، على سبيل المثال، بدراسة أنصاف أقطاره والتركيب البلوري، و الحرارة النوعية وحتى عند درجات الحرارة المنخفضة له كثافة وخصائص بصرية [5] ولأكسيد الخارصين مزايا عديدة ومن هذه الميزات انه شبه موصل ذو فجوة طاقة كبيرة وأغلب الدراسات البصرية تثبت أنه بفجوة طاقة مباشرة وتكمن ضمن المدى (3.22-3.32) eV. نفاذيته العالية في منطقة طيف الأشعة المرئية وتحت الحمراء القريبة، إمكانية تحضير أغشية ZnO مشوبة وبكثافة إلكترونات حرة $n > 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ وبمقاومة نوعية منخفضة ($\rho < 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$) وكلفته المنخفضة، وسهولة تطعيمه، ومادته غير السامة وكذلك يمكن أن يتواجد ZnO في الطبيعة بطورين بلوريين هما: الملح الصخري و السداسي المتراص، والأخير يكون مألوفاً أكثر. و استعماله بشكل واسع في مجالات مختلفة كما في الأجهزة الألكترونية بصرية مثل، الخلايا الشمسية (طلاء مضاد للانعكاس والمواد الموصلة الشفافة) وأجهزة الموجة السمعية السطحية [6-8].

عناصر المادة المركبة في محلول رش على قواعد ساخنة بشكل قطرات صغيرة متولدة بواسطة جهاز الرش، ويتم كذلك تسخين القواعد لتشكيل البناء البلوري للأغشية عند ترسيبها (تزويد الذرات بالطاقة لإعادة ترتيب نفسها). كما أن سُمك الغشاء يعتمد على تركيز المحلول وعلى زمن الترسيب [9]. لهذه الطريقة مزايا منها، سهولة الاستعمال، ذات كلفة منخفضة وقلّة خسارة في الإنتاج، تسمح بالحصول على غشاء بمساحة كبيرة. إن إنتاج الأغشية بهذه الطريقة تكون أكثر انتظاماً في الحجم والتركيب من المساحيق التي تنتج بالطرق الأخرى. إن هذه الأغشية يمكن أن تنمو على طبقات أساس (Substrates) مختلفة مثل الياقوت، السليكون، GaN، وحتى على مواد رخيصة مثل الزجاج [9,10]، أما مساوئ هذه الطريقة فهي لا تتكون فيها الأغشية بسهولة فقد تتكون جُزر على القاعدة أو يتشوه الغشاء لذلك يجب الانتباه الشديد عند الترسيب، تُستعمل مع المواد القابلة للذوبان فقط، لا تستعمل السبائك أو مسحوق المادة بشكل مباشر [11]. وفي دراستنا الحالية فإن أغشية ZnO الرقيقة ترسب بواسطة تقنية الرش الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية. واستخدام طريقة الغشاء (envelope) التي تستخدم مقياس النفاذية تعيين معامل الانكسار n ، معامل الخمود k ومعامل الامتصاص α .

الجانب العملي

لتحضير أغشية ZnO استخدام نترات الخارصين المائية [Zn(NO₃)₂ · 6H₂O] ذو نقاوة % 99 ووزن جزيئي 297.51 g/mol. حيث تم إذابة كميات محددة من مادة نترات الخارصين المائية حسب التركيز المطلوب في الماء المقطر وإضافة قليل (قطرات) من حامض النتريك (HNO₃) 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 (وهذه الدرجة تم الحصول عليها تجريبياً) على شكل دفعات ضمن أوقات زمنية محددة، وباستمرار عملية الرش تستمر التفاعلات الكيميائية لينتج غشاء ZnO شديد الالتصاق على

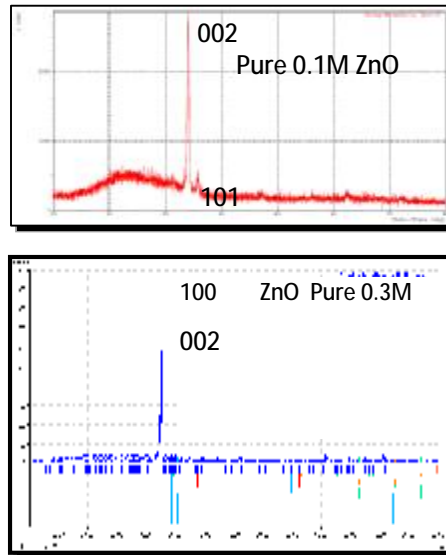
سداسي التركيب (Wurtizite) إذ جرى مطابقتها مع بطاقة ASTM المرقمة 5-0664. ويلاحظ أن الاتجاه المفضل (002) يكون هو الاتجاه المهيمن في غشاء (PS1) ZnO، أما في الغشاء (PS3) فيلاحظ أن الاتجاه المفضل يظهر ولكن بشدة قليلة مقارنة بالغشاء (PS1) والاتجاه المهيمن في هذا الغشاء يكون (100)، وقد لاحظ (van Heerden) [12]. أن زيادة تركيز محلول خلات الخارصين يؤثر على تركيب الغشاء، فقد وجدوا أن الزيادة في التركيز من 0.05M إلى 0.1M لا يؤثر كثيراً على التوجيه (002) إلا أنه يعزز من ظهور القمتين (101) و (102) وأن زيادة التركيز إلى 0.2M أدى إلى تزايد في الشدة للقمة (002) وأن الزيادة في التركيز إلى 0.4M يؤدي إلى زيادة جميع الشدة للقمة.

القاعدة الزجاجية. التركيب البلوري لهذه الأغشية تحلل بواسطة (XRD- Philips) ذات طول موجي $\lambda=1.54060 \text{ \AA}$ البصرية للأغشية تعين بواسطة مطياف UV Double beam Spectrometer بمدى طيفي (200-900)nm.

النتائج والمناقشة

أولاً- التركيب البلوري للأغشية

يبين الشكل (1) نتائج قياسات (XRD) لأغشية ZnO النقية لتركيز بين فقط، وقد تم اختيار التركيزين 0.1M و 0.3M من الأغشية النقية المحضرة (ويمكن كتابتها بالرموز PS3,PS1) وذلك بسبب تعدد المولارية المستخدمة في هذه الدراسة. ويظهر من الطيف وجود ثلاث قمم متميزة (101, 002, 100) جميعها تخص أغشية ZnO



الشكل (1) حيود الأشعة السينية لأغشية ZnO النقية (PS1 and PS3).

بأن جميع الأغشية هي ذات تركيب سداسي وقيمها تكون مقارنة للقيمة النموذجية للمركب السداسي والموضحة في الجدول (1).

ويمكن إيجاد الحجم الحبيبي (G) للأغشية من خلال استخدام علاقة شيرر (Scherer) [15]:

$$G = \frac{K\lambda}{B \cos \theta_B} \quad \dots (3)$$

حيث K: مقدار ثابت (ويساوي 0.94) و B عرض المنحني عند منتصف القمة (FWHM). والموضحة بالجدول (1).

ثانياً- نتائج الفحوصات البصرية

1-النفذية (Transmittance): يوضح الشكل (2a) طيف نفذية الأغشية النقية المحضرة.

يمكن حساب ثوابت الشبكة "a" و "c" للتركيب السداسي لأوكسيد الزنك من خلال استخدام العلاقتين الآتيتين [13]:

$$a = \sqrt{\frac{1}{3}} \frac{\lambda}{\sin \theta} \quad \dots (1)$$

$$c = \frac{\lambda}{\sin \theta} \quad \dots (2)$$

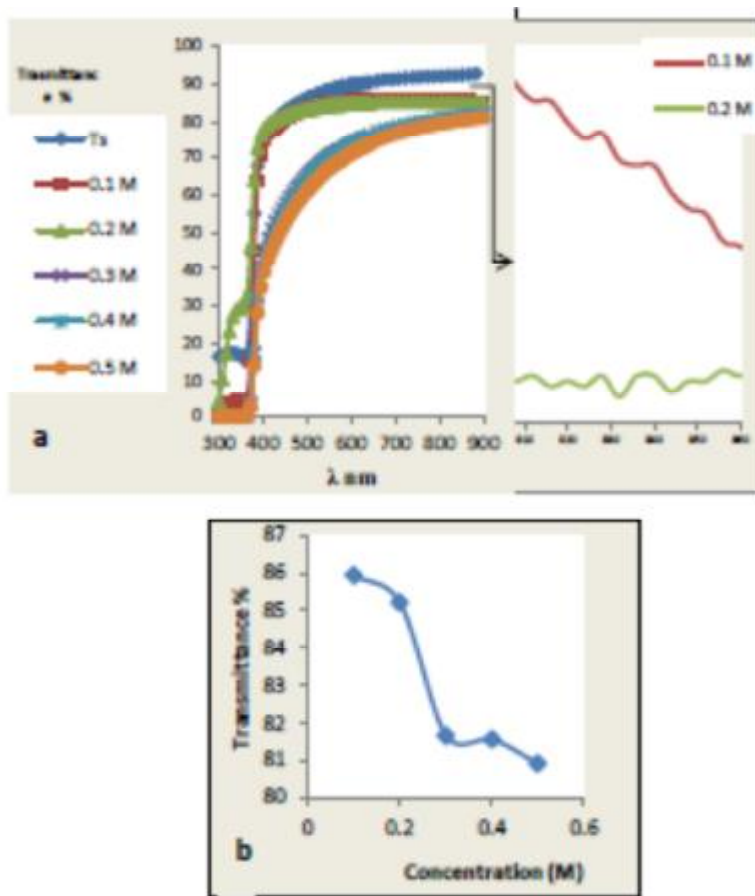
حيث a و b و c ثوابت الشبكة على طول الاتجاهات x و y و z على التعاقب و λ الطول الموجي لأشعة X و θ هي زاوية الاستطارة. كما أن ثابت الشبكة c للمركب السداسي لأوكسيد الزنك وبالتوجيه (002) يعطى بالعلاقة (c= 2d) حيث d المسافة بين المستويات الذرية. إن النسبة c/a تحدد كون تركيب ZnO سداسياً، مشبكاً خارصينياً أو ملح صخري، والقيمة النموذجية للتركيب السداسي تساوي 1.633 [14]. ومن خلال إيجاد النسبة بين ثوابت الشبكة (c/a) وجد

الجدول (1) النتائج التي تم الحصول عليها من قياسات XRD لأغشية ZnO لأعلى شدة.

نوع الغشاء	الاتجاهية	20°	d (Å)	FWHM	G (nm)	ثوابت الشبيكة		
						a (Å)	c (Å)	c/a
0.1M	(002)	34.05	2.63	0.3487	24.898	3.036	5.26	1.73
0.3M	(100)	32.52	2.75	0.475	18.22	3.18	5.5	1.72

ويلاحظ أن النفاذية البصرية تقل مع زيادة تركيز المادة وسبب ذلك على الأرجح هو الاختلاف في سمك العينات حيث يزداد سمك أغشية ZnO بزيادة تركيز المادة [12]. وأن تأثير المولارية على قيم النفاذية موضحة في الشكل (2b).

بتركيز مختلف كدالة للطول الموجي، حيث أن كل الأغشية المرصبة لها نفاذية بصرية 65-86% في مدى الأطوال الموجية 400-900 nm، إن الشفافية العالية والحافة الحادة للامتصاص (عند 380nm) تشير إلى النوعية البصرية العالية لأغشية ZnO المرصبة [16].



الشكل (2) النفاذية كدالة (a) للطول الموجي (b) للتركيز محلول نترات الخارصين.

حيث أن: T_s هي أعلى قيمة لنفاذية القاعدة الزجاجية. وقد وجد بأنها تساوي تقريباً 1.52 أي أن نفاذية القاعدة $T_s = 92.6\%$ ، إن معامل انكسار الغشاء n المرصب على القاعدة الزجاجية يحسب في منطقة الامتصاص الضعيف كالآتي [18]:

$$n = [N + (N^2 - s^2)^{1/2}]^{1/2} \dots (5)$$

$$N = 2s \frac{T_M - T_m}{T_M T_m} + \frac{s^2 + 1}{2} \quad \text{حيث}$$

حساب الثوابت البصرية باستخدام طريقة الغشاء

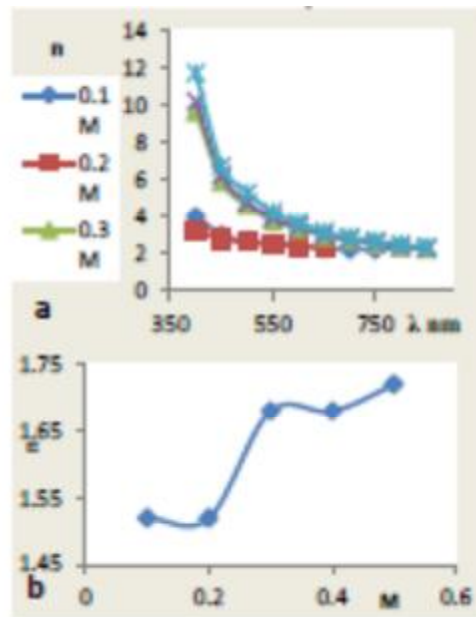
1-1 معامل الانكسار وسمك الأغشية

قبل معرفة الثوابت البصرية لأي مادة، يجب حساب أولاً معامل انكسار القاعدة s للقواعد الزجاجية وبامتصاصية مهملة α و $k \leq 0.1$ $\leq 10^{-2} \text{ cm}^{-1}$ ، لذلك فإن معامل الانكسار للقاعدة يعطى بالعلاقة [17]:

$$s = \frac{1}{T_s} + \sqrt{\frac{1}{T_s^2} - 1} \dots (4)$$

قمة أو قعر- قعر)، و $M=1/2$ لطرفين متجاورين من صنف مختلف (قمة- قعر أو قعر- قمة).

يوضح الشكل (3a) معامل الانكسار لأغشية ZnO النقية، من الشكل يبين أن معامل الانكسار n يقل مع زيادة الطول الموجي وهذا يتفق مع ما توصل إليه كل من (Ilican) [19] و (Gumus) [6]. إن الانخفاض في معامل الانكسار يحدث بسبب الانعكاسات الداخلية المتعاقبة، أو بسبب طاقة الفوتون المقتنص داخل الحدود الحبيبية وكذلك تساهم تنوع واختلاف العيوب والشوائب في هذا الانخفاض [20].



الشكل (3): معامل الانكسار كدالة (a) للطول الموجي (b) تغير معامل الانكسار مع زيادة التركيز عند 700nm

$$k = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \dots\dots (7)$$

إذ إن α يمثل معامل الامتصاص المحسوب في منطقة الامتصاص الضعيف طبقاً لطريقة الغشاء كما في العلاقة:

$$\alpha = -\frac{1}{t} \ln \frac{(n-1)(n-s) \left[\frac{T_M+1}{T_M-1} \right]^{0.5}}{(n+1)(n+s) \left[\frac{T_M-1}{T_M+1} \right]^{0.5}} \dots (8)$$

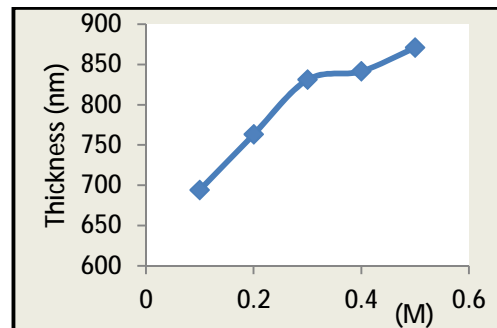
الشكل (5a) يوضح تزايد معامل الخمود مع زيادة الطول الموجي . إن الزيادة والنقصان في معامل الخمود لها علاقة مباشرة بامتصاص الضوء، إذ يلاحظ أن قيم معامل الخمود تتناقص مع زيادة نسب التراكيز ويمكن إرجاعها إلى الخسارة في طاقة الموجة الساقطة بسبب عملية الامتصاص الأساسية، أما زيادة معامل الخمود عند الأطوال الموجية العالية فإن الزيادة هذه لها علاقة مباشرة بامتصاص الضوء عند الحدود الحبيبية [20]. والجدول (2) يبين مقارنة بين قيم الثابت البصرية (n, k) المحسوبة باستخدام طريقة الغشاء وقد أخذت قيم الثوابت للدراسة الحالية كمدى لجميع قيم الثوابت للتراكيز المختلفة لأغشية ZnO.

حيث T_m و T_M : يمثلان أعلى وأدنى قيمة للنفذية المقاسة من المطياف (حسب طريقة الغشاء) عند نفس الطول الموجي. إن سمك الغشاء t يمكن حسابه من معادلة التداخل الأساسية للموجات وكالتالي:

$$t = M \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(n_1 \lambda_2 - n_2 \lambda_1)} \dots\dots (6)$$

n_1 و n_2 يمثلان معاملات الانكسار المقابلان للأطوال الموجية λ_2 و λ_1 على التتابع. $M=1$ لطرفين متجاورين من نفس الصنف (قمة-

اما الشكل (3b) فيوضح بأن زيادة المولارية في غشاء ZnO يؤدي إلى زيادة في قيم معامل الانكسار عند الطول الموجي (700nm)، وإن زيادة سمك الأغشية يزداد مع زيادة تركيز المادة [12] كما موضح في الشكل (4).

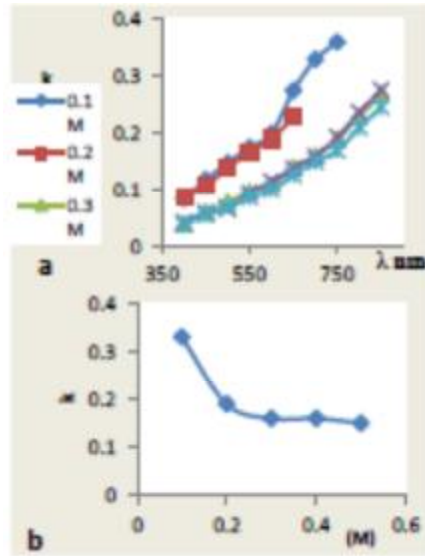


الشكل (4) سمك أغشية ZnO كدالة لتركيز المادة

1-2 معامل الخمود

تم حساب معامل الخمود باستخدام طريقة الغشاء وفق العلاقة الآتية:

[21]:



الشكل (5): معامل الخمود كدالة (a) للطول الموجي (b) التركيز عند (700nm)

أما ثابت العزل بجزئه الخيالي فيعطى بالعلاقة:

$$2nk = \epsilon_i \quad \dots (10)$$

يوضح الشكل (6a) الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي كدالة

للطول الموجي .

1-3 ثابت العزل الكهربائي

تم حساب ثابت العزل الكهربائي الحقيقي للأغشية المحضرة من

استخدام العلاقة [23]:

$$n^2 - k^2 = \epsilon_r \quad \dots (9)$$

الجدول (2) مقارنة قيم الثوابت البصرية (معامل الانكسار ومعامل الخمود) لأغشية ZnO المحسوبة بطريقة الغشاء عند (λ=700nm).

معامل الانكسار	1.52-1.72	1.66	1.72-1.84	1.81
السلك (nm)	694-871	780	261-619	520
معامل الخمود	0.15-0.3	—	0.1-0.25	0.24
التقنية المستخدمة	الرش الكيميائي	التبخير التفاعلي	الرش الكيميائي	الرش الكيميائي
المصادر	الدراسة الحالية	[22]	[21]	[6]

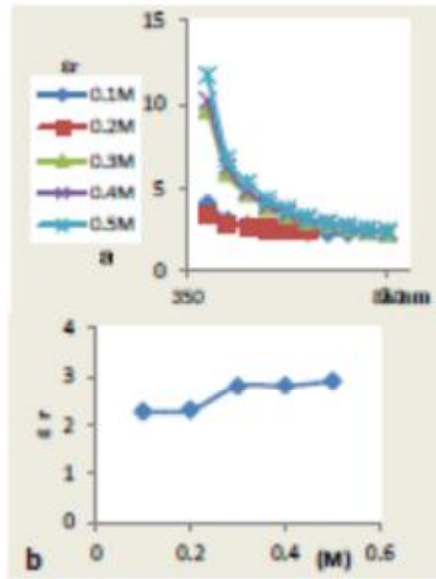
حيث أن: A الامتصاصية البصرية. أما الشكل (7) فيبين تغيير الجزء الخيالي لثابت العزل الكهربائي مع الطول الموجي لأغشية اوكسيد الزنك النقية وللتركيز المختلفة لهذه الأغشية إذ نجد أن قيمة الثابت تتناقص مع ازدياد تركيز الأغشية. يبين الشكل (8) قيم معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون لأغشية ZnO النقية المحضرة بتركيز مختلف، وتغير معامل الامتصاص مع تركيز محلول ZnO، ويلاحظ أن حافة الامتصاص للتركيز المختلفة تقع عند مدى الطاقة (3.2-3.3)eV. نلاحظ أيضاً أن معامل الامتصاص يكون بقيمة صغيرة عند الطاقة الواطنة ولجميع الأغشية تقريباً إلا أن قيمته تزداد عند حافة الامتصاص وفي الشكل نفسه يلاحظ أن عملية زيادة التركيز في أغشية (ZnO) تزيد من قيم معامل الامتصاص وتزيح حافة الامتصاص.

نلاحظ من الشكل مدى التشابه بين منحنياته ومنحنيات معامل الانكسار وهذا التشابه ناتج عن اعتماد حساب قيم الجزء الحقيقي من ثابت العزل على قيم (n²) أكثر من قيم (k²) بحسب المعادلة (9)، وذلك لأن قيم (k²) قليلة جداً مقارنة بـ (n²). إذ يلاحظ من الشكل (6b) تزايد قيم الجزء الحقيقي لثابت العزل مع زيادة تركيز أغشية ZnO.

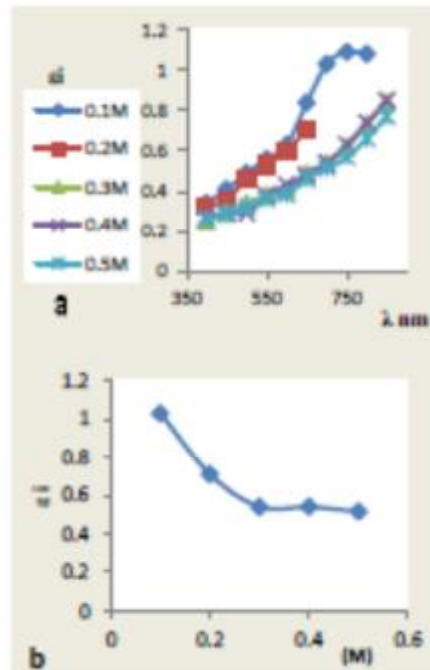
2 - معامل الامتصاص

أما معامل الامتصاص α لأغشية ZnO لا يمكن حسابه من طريقة الغشاء وذلك لأن طريقة الغشاء لا تنطبق في منطقة الامتصاص القوي. لذلك فإن حساب معامل الامتصاص للغشاء في هذه المنطقة يحسب باستخدام العلاقة [24]:

$$a = \frac{2.303A}{t} \quad \dots (11)$$



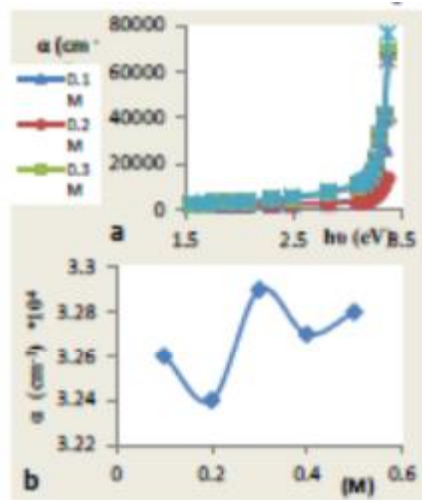
الشكل (6) ثابت العزل الحقيقي كدالة (a) للطول الموجي (b) لتركيز المولارية عند (700nm)



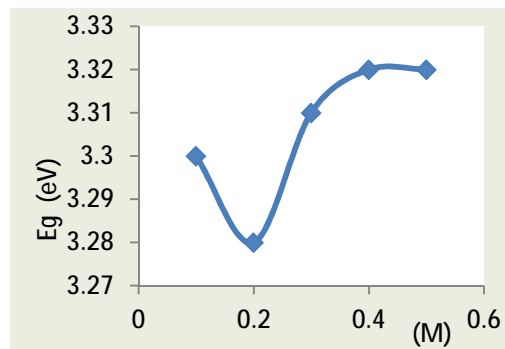
الشكل (7) ثابت العزل الخيالي كدالة (a) للطول الموجي (b) لتركيز المولارية عند (700nm)

الموجية الأقصر منه) وتبدأ بالتناقص مع زيادة الطول الموجي وصولاً إلى 500nm بعدها تبدأ بالثبوت وصولاً إلى 900nm إذ يلاحظ أن كل التراكيز تسلك نفس السلوك والتغيير يكون طفيفاً بين سلوك تركيز وآخر.

البصرية نحو الطاقات الواطئة. وقد وجد أيضاً بأن أعلى قيمة لمعامل الامتصاص لأغشية ZnO النقية وبجميع التراكيز كانت عند طول الموجي 360nm الذي يدعى بطول موجة القطع (الذي تكون المادة شبه الموصلة شفافة للأطوال الموجية الأعلى منه وماصة للأطوال



الشكل (8) معامل الامتصاص كدالة (a) لطاقة الفوتون، (b) لتركيز المحلول



الشكل (9) فجوة الطاقة البصرية لأغشية ZnO كدالة لتركيز المولارية

الى ظروف التحضير المتماثلة وطبيعة المواد الأولية المستخدمة وكذلك على الطريقة المستخدمة في تحضير هذا النوع من الأغشية.

الاستنتاجات

من خلال دراسة حيود الأشعة السينية لبعض أغشية ZnO وجد بأنها متعددة التبلور في الطبيعة وبتركيب سداسي متراس، أما الحجم الحبيبي فيتراوح ضمن (18-24) nm. تم حساب الثوابت البصرية لجميع أغشية ZnO بطريقة الغشاء، مثل معامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل الكهربائي وقد وجد بان زيادة المولارية تزيد معامل الانكسار وتقلل معامل الخمود. تم إيجاد فجوة الطاقة لجمع العينات ووجد بان تأثير المولارية يكون قليل وتتراوح قيمتها (3.28-3.32) eV.

فجوة الطاقة البصرية

أن حافة الامتصاص البصري تحلل من خلال المعادلة الآتية [25]:

$$\alpha h\nu = B(h\nu - E_g)^{1/2} \dots (12)$$

حيث: B هو ثابت ، ولغرض حساب فجوة الطاقة البصرية فقد تم رسم العلاقة $(\alpha h\nu)^2$ كدالة لطاقة الفوتون (hν) لجميع الأغشية المحضرة . الشكل (9) يوضح قيم فجوة الطاقة البصرية كدالة للمولارية. يلاحظ أن القيم متقاربة لجميع أغشية ZnO النقية والمحضرة بتركيز مختلف ولهذا فإن تغير التركيز لم يؤثر كثيراً على قيمة فجوة الطاقة البصرية لأكسيد الزنك التي تقع ضمن المدى (3.28-3.32)eV ويعود ذلك

المصادر

- [1]-John F. Wager and Douglas A. Kessler and Rick E. Presley "Transparent Electronics", Oregon State University Corvallis (2007).
 [2]-ef Poortmans and Vladimir Arkhipov, "Epitaxial Thin Film Crystalline Silicon Solar Cells on low Cost Silicon Carriers", John Wiley & Sons, Ltd , (2006).
 [3]-P. Mitra, and A.K. Mukhopadhyay, "ZnO thin film as methane sensor", Bulletin of the Polish

Academy of Sciences Technical Sciences, Vol. 55, No. 3 (2007).

- [4]-Seong Hun Jeong, Bit Na Park, Dong-Geun Yoo and Jin-Hyo Boo, " Al-ZnO Thin Films as Transparent Conductive Oxides: Synthesis, Characterization, and Application Tests", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 50, No. 3, pp. 622-625 (2007).

- [5]-C. Jagadish and S. Pearton, *"Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures"*, Elsevier Limited (2006).
- [6]-C. Gumus, O. M. Ozkendir, H. Kavak, Y. Ufuktepe *"Structural and optical properties of zinc oxide thin films prepared by spray Pyrolysis method"*, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, **Vol. 8**, No. 1, p. 299 – 303 (2006).
- [7]-Z. Kebbab, M. Medles, F. Miloua, R. Miloua, F. Chiker, N. Benramdane, *"Experimental Study on Structural and Optical Properties of ZnO Thin Films Prepared by Spray Pyrolysis Technique"*, International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, **Vol. 62**, No. 6 (2008).
- [8]-Klaus Ellmer, Andreas Klein and Bernd Rech, *"Transparent Conductive Zinc Oxide"*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2008).
- [9]-Ahmad Al-Ahmadi *"Fabrication and Polycrystalline Sintered Pellets Doped with Rear Earth Ions"*, M.Sc. Thesis, Ohio University (2003).
- [10]-Haibo Zeng, Guotao Duan, Yue Li, Shikuan Yang, Xiaoxia Xu, and Weiping Cai, *"Blue Luminescence of ZnO Nanoparticles Based on Non-Equilibrium Processes: Defect Origins and Emission Controls"*, Adv. Funct. Mater., **Vol. 20**, p. 561–572 (2010).
- [11]-Hadis Morkoc and Umit Ozgur, *"Zinc Oxide" Fundamentals, Materials and Device Technology*, Wiley- Vch Verlag Gmb H &Co. KGaA, Weinheim (2009).
- [12]-J.L. van Heerden and R. Swanepoel, *"XRD analysis of ZnO thin films prepared by spray pyrolysis"*, Thin Solid Films **Vol. 299**, p. 72–77 (1997).
- [13]-Nanda Shakti, *"Structural and Optical Properties of Sol-gel Prepared ZnO Thin Film"*, Applied Physics Research, **Vol. 2**, No. 1 (2010).
- [14]-Hadis Morkoc and Umit Ozgur, *"Zinc Oxide" Fundamentals, Materials and Device Technology*, Wiley- Vch Verlag Gmb H &Co. KGaA, Weinheim (2009).
- [15]-Mario Birkholz *"Thin Film Analysis by X-Ray Scattering"*, Chapter 5, Wiley- VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, (2006).
- [16]-Norbert H. Nickel and Evgenii Terukov, *"Zinc Oxide -A Material for Micro- and Optoelectronic Applications"*, Springer (2005).
- [17]-J. Singh, *"Optical Properties of Condensed Matter and Applications"*, John Wiley & Sons Ltd (2006).
- [18]-Naser M. Ahmed, Zaliman Sauli, Uda Hashim, Yarub Al-Douri, *"Investigation of the absorption coefficient, refractive index, energy band gap, and film thickness for Al_{0.11}Ga_{0.89}N, Al_{0.03}Ga_{0.97}N, and GaN by optical transmission method"*, Int. J. Nanoelectronics and Materials, **Vol. 2** p. 189-195 (2009).
- [19]-S. Ilcan, M. Caglar, Y. Caglar *" Determination of the thickness and optical constants of transparent indium-doped ZnO thin films by the envelope method"*, Materials Science-Poland, **Vol. 25**, No. 3 (2007).
- [20]-M. R. Islam and J. Podder *"Optical properties of ZnO nano fiber thin films grown by spray pyrolysis of zinc acetate precursor"*, Cryst. Res. Technol. **Vol. 44**, No. 3, p. 286 – 292 (2009).
- [21]-J. Wienke, A. Booi *"ZnO: In deposition by spray Pyrolysis influence of the growth conditions on the electrical and optical properties"*, 6th International conference of coatings on glass and plastics, Dresden, Germany (2006).
- [22]-M.E.L. Sabino, V.D. Falcão, C.P. Guerra, A.S. Diniz and J.R.T. Branco, *"Structure and Properties of ZnO Thin Films prepared by Reactive Electron Beam Evaporation Technique"*, Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, **Vol. 26**, No. 1, p. 11-14 (2007).
- [23]-Kiyoshi Takahashi, Akihiko Yoshikawa and Adarsh Sandhu (Eds.) *"Wide Band gap Semiconductors"*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2007).
- [24]-A. D. A. Buba, Ph.D. and J. S. A. Adelabu, Ph.D., *"Optical and Electrical Properties of Chemically Deposited ZnO Thin Films"*, The Pacific Journal of Science and Technology, **Vol. 11**, No. 2 (2010).
- [25]-B. A. Mansour, H. Shaban, S. A. Gad, Y. A. El-Gendy, and A. M. Salem, *"Effect of film thickness, annealing and substrate temperature on the optical and electrical properties of CuGa_{0.25}In_{0.75}Se₂ amorphous thin films"*, Journal of Ovonic Research, **Vol. 6**, No.1, p. 13-22 (2010).

Effect of molarity concentration on optical constants which calculated from envelope method for ZnO thin films

Sabry J. M. , Ayed N. S. , Marwa T. A.

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

(Received: 5 / 6 / 2012 ---- Accepted: 11 / 11 / 2012)

Abstract

ZnO thin film has been deposited onto glass substrates by the spray Pyrolysis method. Different concentrations of Zinc nitrite was used. XRD measurement of the ZnO shows that the films is crystallized in the wurtzite phase. Optical constants were determined from transmittance spectrum using envelope methods. The transmittance was found to decreased 86-65% and refractive index increased with concentration respectively. The energy gap was not affected by concentration and its value (3.28-3.32) eV.

Keywords: ZnO, Spray pyrolysis, Envelope method