دراسة بعض الخواص التركيبية والبصرية والكهربائية لاغشية ZnO المحضر بطريقة التحلل الكيميائي الحراري

م. بان خالد محمد

الجامعة التكنلوجية/ قسم العلوم التطبيقية
فرع الفيزياء التطبيقية

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير غشاء اوكسيد الزنك ZnO بطريقة التحلل الكيميائي الحراري وبسمك (300nm) على قاعدة من الزجاج حيث تم دراسة الخصائص البصرية والكهربائية .

تبين من خلال نتائج حيود الاشعة السينية (X-Ray) ان الاغشية ذات تركيب متعدد البلورة وجرى دراسة علاقة كل من الامتصاصية و النفاذية كدالة لطاقة الفوتون لاغشية ZnO كما جرى حساب فجوة الطاقةالمسموحة للانتقال المباشر المسموح للاغشية وكانت (3.14eV) وتم دراسة معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون .

اظهرت نتائج سبيك بان اغشية اوكسيد الزنك ZnO ذات توصيلية مانحة ( ) n-type .

كلمات مفتاحيه : البصرية ، الكهربائية ، اغشية اوكسيد الزنك الرقيقة ، التحلل الكيميائي الحراري.

المقدمة

احدى اهم اشباه الموصلات تلك هي ما يسمى بأكاسيد التوصيل الشفافة (Transparent Conductive Oxides) ويطلق عليها اختصارا (TCO) ، وهي عبارة عن اشباه موصلات مركبة مكونة من معدن متحد مع الاوكسجين اي انها اشباه موصلات اوكسدية مثالها ZnO, In_2O_3, SnO_2 ، حيث تجمع هذه المواد بين خصلتين من اهم خصال الاجهزة الالكترونية ، ارتفاع توصيليها ونفاذيتها البصرية (شفافة) فيمتد طيف النفاذية فيها مابين (400- nm 1500)وبالرغم من كبر فجوة طاقتها تكون حزمة التوصيل مليئة بالالكترونات الحرة بسبب

الشواغر الاوكسجينية (Oxygen Vacancies) الناتجة عن عدم التكافؤ الكيميائي (Non-Stoichiometry) [1,2,3] ومن التطبيقات التي يستخدم بها هي التوصيل الشفافة (Transparent Conductive Electrods) [4,5] والشاشات السائلة (Liquid Crystal Display) والطلاءات النافذة (Window Coatings) والمراريا الحرارية (Heat Mirrors) ومتحسسات غاز (Gas Sensors) والصمامات الباعثة للضوء (Light Emitting Diodes) [6,7] . وكمحولات طاقة اجهادية (Piezoelectric Transducers) والمقومات المتغيرة (Varistors) واجهزة الموجات السمعية السطحية (Surface-Acoustic Wave Devices) وسماعات الترددات فوق السمعية (Ultrasonic Transducers) [8,9] وغيرها [10,11].

ان التوسعات الكبيرة في استخدامات TCO كاغشية رقيقة على اختلاف انواع المواد ومواصفاتها اوجدت الحاجة الماسة الى ظهور تقنيات تحضير تلائم خصائص تلك الاغشية ومجالات تطبيقاتها ، لذا شهدت تقنيات التحضير تطورات كبيرة هي الاخرى فاستحدثت العديد من الطرائق التي لم تكن معهودة منذ زمن قريب [12,13] .

جرت العادة في تحضير اغشية TCO بمعظم الطرائق المستخدمة لترسيب الاغشية الرقيقة اذ تعتمد بعض التقنيات على ترسيب الاغشية من الاوساط السائلة كما في تنقية التحلل الكيميائي الحراري (وهي الطريقة المعتمدة في هذا البحث) او من الاوساط الغازية (البخار) كما في طرائق الترذيذ او التبخير.

اجريت دراسات متعددة حول المادة ZnO بشكل اغشية رقيقة ودرست امكانية الاستفادة منها في كثير من التطبيقات المهمة ومنها في عام 1982 قام الباحث Coporaletti [2] بتحضير غشاء ZnOبطريقة الترذيذ المنحاز ومن نتائج القياسات البصرية تبين بأن الغشاء المحضر ذونفاذية عالية ويمتلك فجوة طاقة بصرية مقدارها eV (3.3) وله حافة امتصاص ضمن المدى nm(340-380)لاغشية ذات سمك يتراوح بين $(0.3-0.56)nm$ ومن دراسة تأثير ظروف الترذيذ على الخواص الكهربائية للأغشية المحضرة توصل الباحث الى أن الفولتية المسلطة لها تأثير مباشر وكبير في كل من تركيز حاملات الشحن (n) والمقاومية فعند زيادة الفولتية المسلطة تزداد n حتى تصل الى أعلى قيمة لها وتبلغ $(10^{19}cm^{-3})$. اما في عام 1986 تمكن الباحث Chartier وزملائه [14] من تحضير غشاء ZnO ذي التصاقية جيدة على قواعد زجاجية بطريقة التحلل باستخدام محلول مائي

بمولارية مقدارها 0.1 مكون من اذابة نترات الزنك المائية في ماء لاأيوني مع قليل من حامض النتريك حيث أظهرت أن نتائج الفحص بالاشعة السينية بأن الغشاء عبارة عن أوكسيد الزنك النقي ذي التركيب السداسي المتراص . ومن دراسة طيف الامتصاص الضوئي تبين أن الاغشية تمتلك شفافية عالية تتراح من (95-90)% في المنطقة المرئية وبحافة امتصاص عند الطول الموجي(380 nm) والذي يوازي أو يطابق امتلاكه فجوة طاقة مباشرة تبلغ (3.2eV) أما خواصه الكهربائية فقد أظهرت امكانية زيادة التوصيلية بما يقارب خمسة أضعاف قيمتها عند تلدينه في الهيدروجين عند 400 درجة سيليزية حتى تصل الى قيمة مقدارها($10\Omega^{-1}.cm^{-1}$) تقريبا لاغشية ذات سمك($10nm$). وفي عام (2004) قام عدد من الباحثين منهم Norton[15] بتحضير غشاء ZnO النقي بتقنية الترسيب بالليزر النبضي على قواعد من Al_2O_3 عند درجة حرارة (600^oC) . لينتج تركيز حاملات شحن (الكترونات) ضمن المدى cm^{-3} ($1.5*10^{20}$ - $7.5*10^{15}$) . وقد اشاروا الى امكانية زيادة هذا المدى الى قيمة تتراوح cm^{-3} ($2-5*10^{20}$) من تركيز الالكترونات عن طريق اشابتها بالتذرية بالحزمة الايونية لعنصر المنغنيز (Mn) ومن ثم التلدين عند درجة (600^oC) .

اما في عام 2005 قام الباحثون Asadov[16] بدراسة العلاقة المتبادلة بين الخواص التركيبية والخواص الكهربائية لاغشية ZnO المحضرة باسلوبين الاول الترذيذ بالموجات الراديوية والثاني الترذيذ بالتيار المستمر على قواعد زجاجية . حيث ان الخصائص الكهربائية لغشاء ZnO يتحدد بالتركيب البلوري للغشاء .

وتهدف هذه الدراسة الى امكانية تصنيع غشاء رقيق من مادة ZnO واجراء الفحوصات البصرية والكهربائية بدرجة حرارة الغرفة .

المواد وطرائق العمل

إن الالية التي تستند عليها تحضير غشاء اوكسيد الزنك ZnO بطريقة التحلل الكيميائي الحراري هي حدوث التفاعل الكميائي على سطح القاعدة اعتماداً على درجة حرارة تلك القاعدة، اي ان الاغشية تتكون نتيجة التحلل الكيميائي – الحراري على سطح القاعدة تتطلب عملية التحلل الحراري عند سطح القاعدة بإن تحفظ المادة الاولية تحت درجة حرارة التفكك. يتم هذا باذابة المادة

الاولية في المذيب وترذيذها بشكل قطرات محمولة بالغاز الى سطح القاعدة الساخن. هذه العملية تتم من خلال السيطرة على التركيب الكيميائي وكفاءة ترذيذ قطرات المحلول [17,18,19] .

عند تحضير المحلول المستخدم لترسيب أغشية ZnO استخدمت المادة الكيميائية نترات الخارصين المائية [$Zn(NO_3)_2\ 6H_2O$] وهي مسحوق ابيض اللون سريعة الذوبان في الماء.

تم حساب وزن المادة باستخدام ميزان حساس من نوع (Metller. A. E-116) حساسيته (10 mg) وسعته (160 g) ثم تذاب المادة في (50 ml) من الماء المقطر والقليل من حامض النتريك (HNO_3).

وقد حضر المحلول بتركيز مولاري (M) مقداره (0.1) mol / l حيث استخدمت العلاقة الآتية لحساب الوزن المطلوب :

$$M = \frac{W / Mw}{V(Litre)} \quad \text{.....} \quad (1)$$

حيث W: الوزن

Mw: الوزن الجزيئي

V: حجم المحلول

وبعد ذوبانها كليا نحصل على محلول نترات الخارصين المائية وهو محلول رائق عديم اللون يتم حفظه في قنينة حجمية

ويترك مدة 24 ساعة $2Zn(NO_3)_2 \xrightarrow{180^oC} 2ZnO\downarrow +4NO_2\uparrow +4O_2\uparrow$ للتأكد من عدم وجود

رواسب مختلفة فيه عند رش المحلول على القواعد الزجاجية وبفعل الحرارة تترسب مادة أوكسيد الزنك ZnO على سطح القاعدة وفق التفاعل الاتي:

.....(2)

توجد عوامل عدة يجب مراعاتها أثناء تحضير الاغشية وهي ثبوت درجة حرارة القاعدة Stability of Substrate Temperature وإرتفاع جهاز الرش The Height of Spray Nozzle ومعدل الرش The Spray Rate وزمن الرش The Spray Time و ضغط غاز التذرية The Pressure of Carrier Gas .

أن قياس سمك الاغشية الرقيقة تم باستخدام الطريقة الوزنية التقريبية وبنسبة خطأ (±50nm) حيث يتم قياس وزن القاعدة المراد الترسيب عليها قبل وبعد الترسيب بإستخدام الميزان الحساس ومن معرفة كثافة المادة (الغشاء الرقيق) وكذلك مساحة الغشاء يمكن حساب سمك الغشاء بإستخدام العلاقة الاتيه [20].

$$t = \frac{\Delta m}{p_t \times A_\circ} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث Δm : فرق وزن القاعدة (قبل وبعد الترسيب).

p_t : كثافة الغشاء الرقيق.

$A_\circ$: مساحة الغشاء الرقيق.

وقد كان سمك الغشاء بهذه الطريقه 300nm .

ومن اجل دراسة القياسات الكهربائية لأغشية ZnO الرقيقة يتم ترسيب أقطاب ألمنيوم النقي بطريقة التبخير الحراري في الفراغ كأقطاب توصيل على الجانب الامامي للقاعدة الزجاجية بعد ترسيب الغشاء عليه باستخدام اقنعه خاصة مصنوعه من رقائق الالمنيوم بما يتلائم ومتطلبات كل قياس كما موضح بالشكل (1).

لأجل التعرف على الطبيعة البلورية وطبيعة التركيب للاغشية الرقيقة لاغشية ZnO استخدمت تقنية حيود الاشعة السينية (XRD) بأستخدام مصدر (Cu. $K\alpha$) وبطول موجي (0.15405nm) .

ولقد اجريت قياسات الخواص البصرية التي تشمل الامتصاصية (Absorptance) والنافذية (Transmittance) لأغشية ZnO المرسبة على قواعد زجاجية بإستخدام جهاز المطياف نوع (UV/VIS-PU-8800 Spectrophotometer) المجهز من شركة (Pye Unicom) لمدى طيفي يمتد من (0.35-0.9μm) .

اما القياسات البصرية فتشمل حساب فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح للنماذج للاغشية ، وايجاد علاقة كل من الامتصاصية والنفاذية بطاقة الفوتونات ومن خلال الامتصاصية والنفاذية تم ايجاد بمعامل الامتصاص .

حيث حسب معامل الامتصاص من طيف الامتصاصية للاغشية ZnO والمحضرة في درجة حرارة الغرفة (R.T) باستخدام المعادلة التالية .

$a = 2.303(A'/t)$ ..... (4)

حيث A' : الامتصاصية ،

t : سمك الغشاء الرقيق

وان فجوة الطاقة حسبت من خلال العلاقة الاتية [22] :

$a(h\nu) = A(h\nu - E_g)^g$ ..... (5)

حيث g : تساوي قيمته $\frac{1}{2}$ في الانتقالات المباشرة المسموحة :

$h\nu$: طاقة الفوتون الساقط (eV)

Eg : فجوة الطاقة للغشاء الرقيق (eV)

A : ثابت ويساوي $2X10^4$

وبرسم العلاقة بين $(\alpha h\nu)^2$ وطاقة الفوتون ($h\nu$) وبمد الجزء المستقيم او المماس للمنحني ليقطع محور طاقة الفوتون عند النقطة $((\alpha h\nu)^2=0)$ ، نحصل على قيمة فجوة الطاقة وهذا يحقق المعادلة $(h\nu=Eg)$ ، وهذه تمثل فجوة الطاقة البصرية الممنوعة للانتقال المباشر المسموح ، اي ان نقطة القطع سوف تمثل فجوة الطاقة البصرية الممنوعة للانتقال المباشر المسموح [23,24,25]

اما فيما يخص الخواص الكهربائية فشملت معامل سيبك (S) والذي يعرف بانه النسبة بين فرق جهد سيبك (ΔV) والفرق بدرجة الحرارة (ΔT) اي :

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad .....(6)$$

ويرتبط معامل سيبك بمستوى فيرمي وفق العلاقة الاتية :

$$S = -\frac{E_C - E_F}{qT} + A \quad .....(7)$$

حيث ان A : ثابت ، E_C : مستوى الطاقة عند قمة حزمة التوصيل ، E_F : مستوى فيرمي ،T: درجة الحرارة المطلقة ، q :شحنة الالكترون .

النتائج والمناقشة

1-الخواص التركيبية

- حيود الاشعة السينة

يظهر من طيف الاشعة السينية الموضح بالشكل (2) ان اغشية ZnO متعددة التبلور (Polycrystalline) وهذا يتفق مع البحوث المنشورة [21-16-15-14-2] .

يتضح من طيف الاشعة السينية وجود اربع قمم متميزة جميعها تخص أغشية ZnO سداسي التركيب (Wurtizite) اذ اجريت مطابقتها مع بطاقة ASTM المرقمة 0664-5.

- طوبوغرافية السطح

تبين صور المجهر الضوئي العاكس (ORM) وبدرجة تكبير مقدارها (108) مرة في الشكل (3)، أن أغشية ZnO ذات تركيب سطحي يتميز بمظهر حلقي (Circular Feature) مع وجود ثقوب أنبوبية (Pin holes) ويظهر أيضا أن سطح الأغشية ناعمة وذات لونه داكن كما تظهر تشققات سطحية (Cracks) على سطح الأغشية .

ان اقطار الحلقات واعدادها تتاثر بدرجة حرارة التحضير ومعدل انسياب الهواء عبر خرطوم الرش اذ وجد انه بزيادة درجة الحرارة تصبح الحلقات اصغر بينما هذه الحلقات بزيادة انسياب الهواء كما هو واضح بالشكل(4) والشكل (5) .

2- القياسات البصرية

حيث ان الشكل (6) يبين تغير طاقة الفوتون مع الامتصاصية لغشاء ZnO حيث يزداد معامل الامتصاصية بزيادة طاقة الفوتون الساقط وذلك لحصول انتقالات مباشرة في هذه الاغشية.

والشكل (7) يبين النفاذية كدالة للطول الموجي لغشاء ZnO حيث يتبين يظهر منحنى النفاذية زيادة مفاجئة وقوية (Jump) عند الطول الموجي (370nm) ثم يميل الى التشبع بعد الطول الموجي (450nm) 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 وهذا ما يبرر الاهتمام المتزايد من قبل الباحثين في استخدام اغشية ZnO كنوافذ بصرية في الخلايا الشمسية السليكونية.

والشكل (8) يوضح تمثيل فجوة الطاقة لغشاء ZnO ، , حيث ان قيمة فجوة الطاقة لمادة ZnO (3.14eV) في درجة حرارة الغرفة.

3- القياسات الكهربائية

ان الشكل (9) يبين تغير المقاومة النوعية مع درجة حرارة المحيط لاغشية ZnO حيث تظهر المقاومة النوعية تناقصا تدريجيا مع زيادة درجة حرارة المحيط ثم زيادة حادة عند درجات الحرارة العالية . يعزى تناقص المقاومية الى انتقال الالكترونات من مستويات العيوب القريبة من حزمة التوصيل الى حزمة التوصيل بسبب الطاقة الحرارية (K_B T/q) ، حيث ان K_B ثابت بولتزمان و T : درجة الحرارة المطلقة و q :شحنة الالكترون . اما الزيادة في المقاومية تعود الى زيادة المقاومة الكهربائية بسبب التسخين الذي يؤدي بدوره الى زيادة الاهتزازات الحرارية في الشبيكة وبالتالي زيادة عمليات تصادم الحاملات مع الشبيكة.

ان الشكل (10) يبين العلاقة الخطية بين ($ln\sigma$) و (T^{-1}) لأغشية ZnO . نلاحظ أن طاقة التنشيط للأغشية بمقدار (0.13eV) وهذه القيمة اكبر من القيم المنشورة سابقا [9] . أن طاقة التنشيط هنا تمثل مستويات العيوب الناشئة عن الشواغر الاوكسيجينية وذرات Zn البينية ، وتقع هذه المستويات اسفل حزمة التوصيل وفوق مستوى فيرمي كون المادة سالبة التوصيلية.

حيث يبين الشكل (11) تغير فرق الجهد كدالة للفرق بدرجات الحرارة لاغشية ZnO ونلاحظ ان الاغشية مانحة التوصيلية وان الشكل (12) يبين تغير معامل سبيك مع مقلوب درجة الحرارة اما مستوى فيرمي فقيمته موضحة داخل الرسم ،حيث كان بمقدار (45meV) .

الاستنتاجات

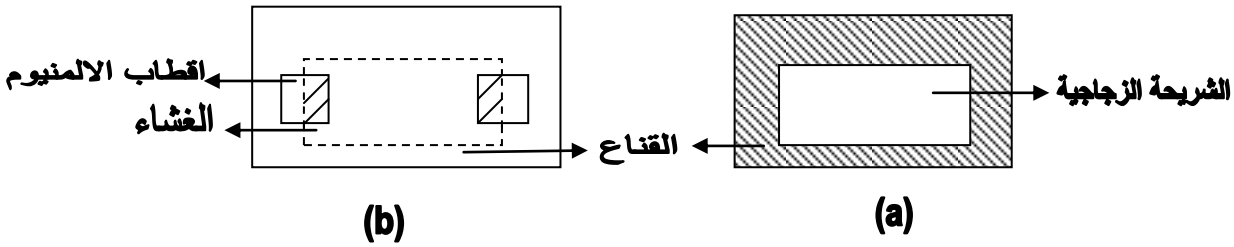
1- ان اغشية ZnO متعددة التبلور (Polycrystalline) سداسي التركيب (Wurtizite) .
2- ان اغشية ZnO ذات فجوة طاقة مقدارها (0.14eV) .
3- ان اغشية ZnO ذات طاقة تنشيط مقدارها (0.13eV) .
4- ان معامل الامتصاص لاغشية ZnO يزداد بزيادة طاقة الفوتون الساقط .
5- ان مستوى فيرمي لاغشية ZnO قيمته (45meV) .

المصادر

1. A. Roth, D. Williams , " properties of ZnO films prepared by oxidation of diethylzinc " J. Appl. Phys., Vol. 52, No. 11, P. 6685, 1981.
2. O. Caporaletti, "Electrical and Optical properties of sputtering ZnO thin films ", Solar Energy Material, Vol. 7, P. 65, 1982.

3. R. Schropp , A. Madan , " properties f conductive ZnO films for transparent electrods applications prepared br rf magnetron sputtering ' , J. Appl. Phys., Vol. 66, No. 5, P. 2027, 1989.
4. Roy Gordon, Hu Jianhua, " Electrical and Optical of doped tin and zinc oxide thin films by atmospheric pressurechemical vapor deposition", AIP Conference proceedings , Vol. 268 No. 1, P.381, 1992.
5. S. Takada, "Relation between optical property and crystallinity of ZnO thin films prepared by rf magnetron sputtering ", J. Appl. Phys., Vol. 73, No. 10, P. 4739, 1993.
6. عباس محمد سلمان ، " دراسة الخواص الكهربائية والبصرية لاغشية اوكسيد الزنك الرقيقة وتأثيرها كطلاء للانعكاس على الخلايا الشمسية السلكونية " ، رسالة ماجستير ، كلية العلوم الجامعة المستنصرية ، 2003.
7. J. Eboth , A. Hichou and M. Addam, " Flow rate and interface riughness of zinc oxide thin films deposited by spray Pyrolysis technique " , J. Appl. Phys., Vol. 93, No. 1, P. 632, 2003.
8. S.Studeuikin , N. Golego, M. Cocivera , " carrier mobility and density contributions to photoconductivity transients in polycrystalline ZnO films", J. Appl. Phys., Vol. 87, No. 5, P. 2413, 2000.
9. S. Poarton, P. Norton, Y. Park and M. Overberg. "Wide band gap ferromagnetic semiconductors and oxide films", J. Appl. Phys., Vol. 93, No. 1, 2003.
10. E. Sonmez, S. Aydin, M. Yilmaz , " Study of Structural and Optical Properties of Zinc Oxide Rods Grown on Glasses by Chemical Spray Pyrolysis" , Journal of Nanomaterials , Vol. 2012 ID 950793, P. 5 , 2011 .
11. N. Tamaekong, C. Liewhiran, A. Wisitsoraat, and S. Phanichphant, “Flame-spray-made undoped zinc oxide films for gas sensing applications,” Sensors, Vol. 10, No. 8, P. 7863–7873, 2010.
12. M. Kanagai , M. Yohino , " Electrical and Optical properties for solar cells grown by metalorganic chemical vapor deposition" , J. Appl. Phys., Vol. 70, No. 11, P. 7119, 1991.
13. D. Juarez, R. Perez and G. Delgado , “ Properties of ZnO:Al thin films obtained by the Sol-Gel method”, Modern Physics Letters B, Vol. 15, Nos. 17, 18, 19, P. 730, 2001.
14. J. F. Koening, P. Chartier, " Studies on semiconducting prepared by the spray Pyrolysis technique for photoelectrochemical solar cell

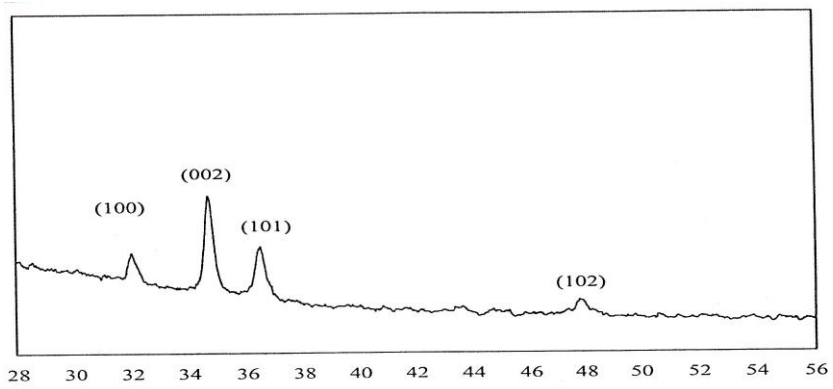
applications: preparation and properties ZnO " , j. of Solar Ener. Material, Vol. 14, P. 107, 1986.
15. Y. Heo, M. Livill, D. Norton, J. Kelly and F. Hebard, " Effect of high-dose Mn implantation in to ZnO grown on sphhire", J. Appl. Phys. Lett., Vol. 84, No. 13, P. 2292, 2004.
16. A. Asadov, W. Gao and Hodgson, " Correlation between Structural and electrical properties of ZnO thin films", Thin Solid Film , Vol. 476, No. 1, P. 201, 2005.
17. F.A.Shirland, "Solar Cells", edited by Bachus C, E. IEFF press New York, p: 36, 1976.
18. R.w.Berry, P.M.Hall and T.Harris, "Thin Film Technology", Litton Education Publishing, New York, 1969.
19. S. Gledhill, A. Grimm, D. Greiner," Doping induced structural and compositional changes in ZnO spray pyrolysed films and the effects on optical and electrical properties " , Thin Solid Films , Vol. 519 , P. 4293-4298 , 2011.
20. S.M.Sze , " Physics of Semiconductor Device " ,John wiley and Sons ,Inc. , New York , 1985.
21. J. Phillips, W. Bowen, E. Cagin, W. Wang,"Electronic and Optoelectronic Devices Based on Semiconducting Zinc Oxide", Comprehensive Semiconductor Science and Technology, Vol. 6, P. 101-127, 2011.
22. Pankov J., "Optical Processes in Semiconductors", Prentice-Hall, (1973).
23.منتهى جاسم الحسيني ، " دراسة الخواص الكهربائيه والبصريه لاغشية كبريتيد الخارصين وكبريتيد الرصاص الرقيقه طرقة الرش" ، رسالة ماجستير مقدمه الى كلية العلوم ، الجامعه المستنصريه ، (1998).
24. Tapio Kanniainen, "Studies of Zink and Lad Chalcopgeninde Thin Films Grown by Silar, (Successi-veionic Layer adsorption and Reaction) Techique", Thesis University of Helsinki, 2001.
25. Julio Aranovich, Armando Ortiz, "Optical and electrical properties for ZnO films prepared by spray Pyrolysis for solar cell application", Vac. Sci. Tech., Vol. 16, No. 4, P.944, 1979.



الشكل (1)

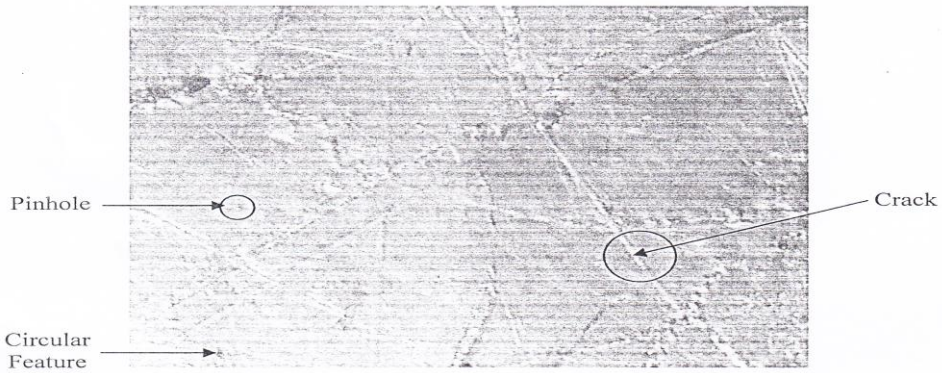
(a): قناع ترسيب الاغشية

(b): قناع ترسيب اقطاب التوصيل لقياس التوصيلية الكهربائية وتأثير سيبك.

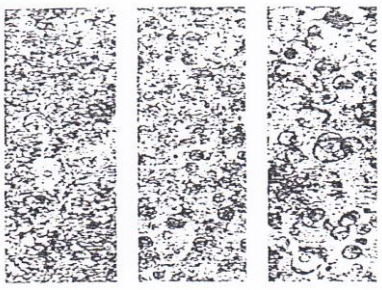


الشكل (2)

طيف حيود الاشعة السينية لغشاء ZnO



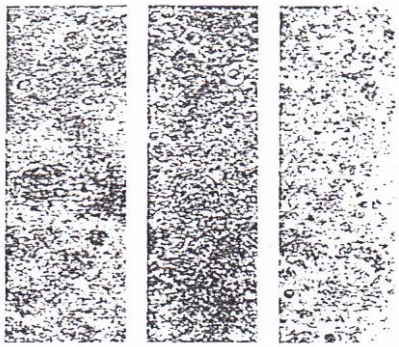
الشكل (3)غشاء ZnO



a b c

الشكل (4)

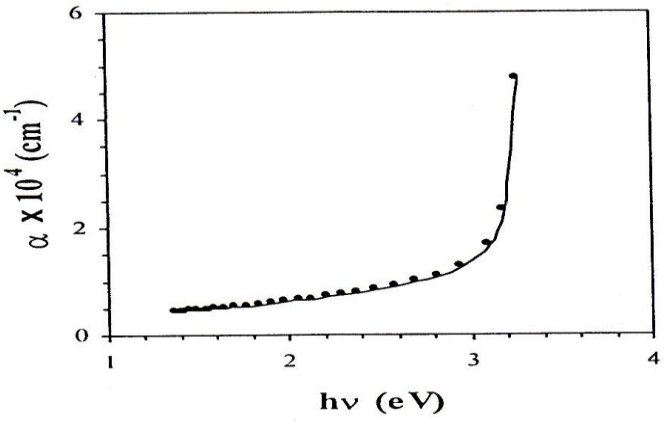
طبوغرافية غشاء ZnO عند درجة حرارة (360°C) كدالة لمعدل جريان الغاز
a) 8.6 L/min, b) 9.6 L/min, c)10.6 L/min



a b c

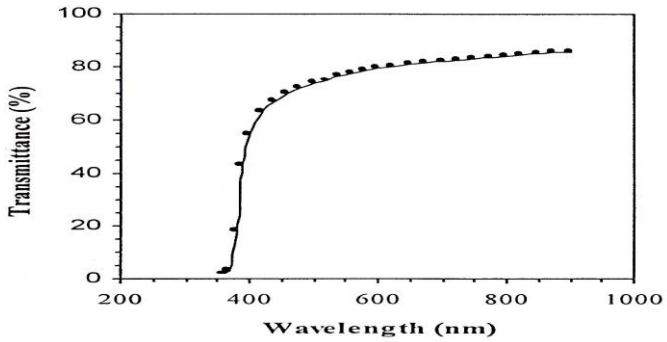
الشكل (5)

طبوغرافية غشاء ZnO عند درجة حرارة (420°C) كدالة لمعدل جريان الغاز
a) 8.6 L/min, b) 9.6 L/min, c)10.6 L/min



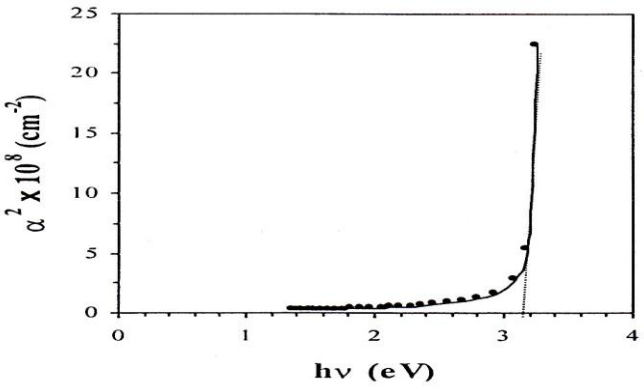
الشكل (6)

تغير معامل الامتصاص مع تغير طاقة الفوتون لاغشية ZnO



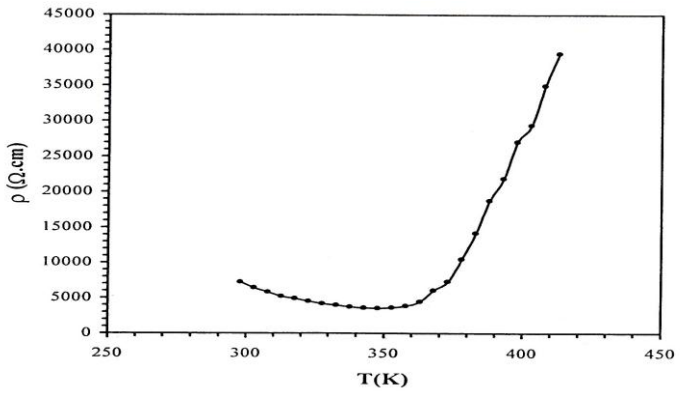
الشكل (7)

تغير النفاذية كدالة للطول الموجي لغشاء ZnO



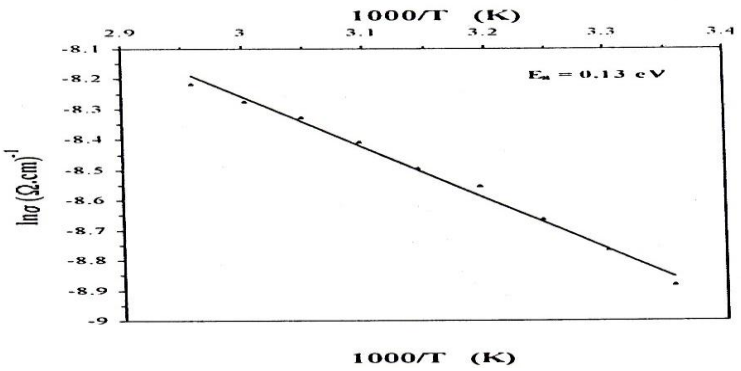
الشكل (8)

حساب فجوة الطاقة البصرية الممنوعة للانتقال المباشر المسموح لغشاءZnO



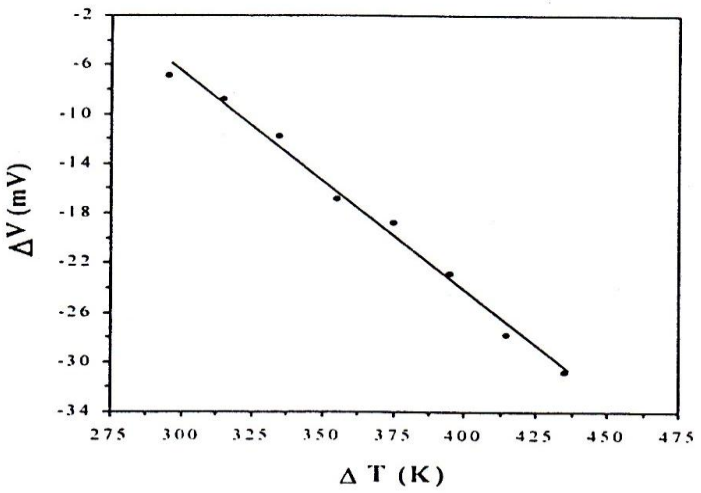
الشكل (9)

تغير المقاومة النوعية كدالة لدرجة الحرارة لغشاء ZnO



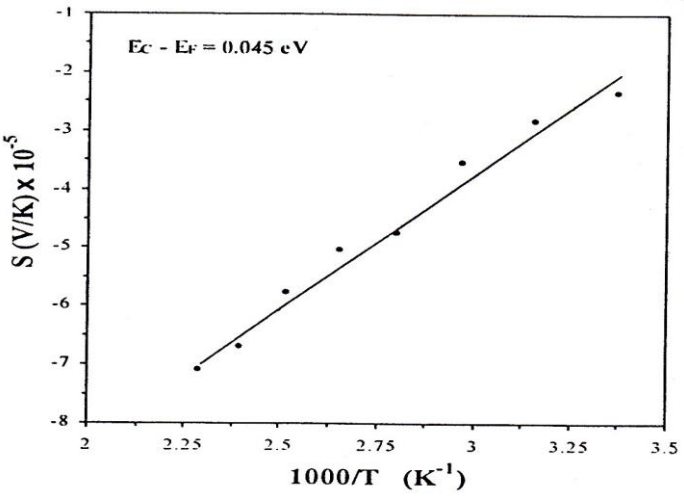
الشكل (10)

العلاقة بين لوغارتم المقاومة النوعية مع مقلوب درجة الحرارة لغشاء ZnO



الشكل (11)

تغير فرق الجهد كدالة للفرق بدرجات الحرارة لغشاء ZnO



الشكل (12)

تغير معامل سبيك مع مقلوب درجة الحرارة لغشاء ZnO

Study of some structural , optical, Electrical Properties of ZnO thin films deposited by chemical Spray Pyrolysis Method

Ban K. Mohammed
Lecturer- Applied Science Dept.-University of Technology

Keywords : optical , electrical , ZnO Thin film, Chemical Spray Pyrolysis.

Abstract

In this research we prepared ZnO thin films by Spray pyrolysis method with thickness (300nm) on a glass substrates and study its optical and electric properties.
The results of (X-Ray) diffraction showed that the films have a polycrystalline structure، The Absorption and The transmission as a function of photon energy for ZnO films had been studied، The investigated of energy gap of the direct allowed transitions of ZnO film showed a value of (3.14 eV). The optical Absorption coefficients have been study as a function of Photon Energy.
Seebeck measurements revealed that ZnO thin films are n-type.