

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان<sup>1</sup> ، صلاح قدوري هزاع<sup>2</sup> و سرى جمال عباس<sup>3</sup>

## تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان<sup>1</sup> ، صلاح قدوري هزاع<sup>2</sup> و سرى جمال عباس<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة ديالى  
<sup>2</sup> قسم الفيزياء- كلية التربية- الجامعة المستنصرية

### الخلاصة

حُضرت أغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب % (1,3,5) ذات السمك (400±20)nm والمرسبة على قواعد زجاجية بدرجة حرارة (400°C) بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي، وقد تمت دراسة تأثير تغير نسب التشويب على الخصائص التركيبية للأغشية المحضرة كافة. أظهرت نتائج فحوصات الأشعة السينية (XRD) بأن جميع الأغشية المحضرة ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع السداسي (Hexagonal)، والاتجاه السائد للنمو هو (002)، وقد وجد ان زيادة نسبة التشويب ادت الى زيادة في الحجم البلوري والذي يدل على تحسن التركيب البلوري للأغشية المحضرة كافة باستثناء الغشاء المحضر بنسبة تشويب (3%) اذ يقل الحجم البلوري عند نسبة التشويب هذه ومن ثم يزداد الحجم البلوري بزيادة نسبة التشويب، وايضاً تم حساب ثوابت الشبكة وكثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة للأغشية المحضرة كافة فضلاً عن ذلك فقد أوضحت نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) زيادة في قيم الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة و خشونة السطح للأغشية المحضرة كافة بزيادة نسبة التشويب باستثناء الغشاء المحضر بنسبة تشويب (3%) حيث يقل الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة و خشونة السطح عند نسبة التشويب هذه ومن ثم تزداد قيم الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة و خشونة السطح بزيادة نسبة التشويب. ومن خلال صور المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) وجد هناك اختلاف في طبيعة السطوح وانه كلما زادت نسبة التشويب يزداد الحجم البلوري، وحصلنا على نسب العناصر المكونة للأغشية من خلال تقنية (EDX).

**الكلمات المفتاحية:** اغشية اوكسيد الخارصين (ZnO)، التشويب بالقصدير (Sn)، الخصائص التركيبية، الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي.

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة  
المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

## Effect of Sn Doping on Structural Properties of ZnO Thin Films Prepared by Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition Method

Sabah A. Salman<sup>1</sup>, Salah Q. Hazaa<sup>2</sup> and Sura. J. Abass<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Department of Physics - College of Science - University of Diyala

<sup>2</sup> Department of Physics - College of Education - Al-Mustansiriyah University

<sup>1</sup> [sabah\\_anwer74@yahoo.com](mailto:sabah_anwer74@yahoo.com)

Received 9 January 2017

Accepted 22 January 2017

### Abstract

Undoped and Sn-doped Zinc Oxide (ZnO) thin films with doping percentage (1,3,5)% with thickness  $(400 \pm 20)$  nm which deposited on glass substrates at temperature  $(400^\circ\text{C})$  have been prepared by atmospheric pressure chemical vapor deposition method, The effect change of doping percentage on the structural properties for all prepared films were studied. XRD investigations results showed that all prepared films were polycrystalline in nature and had a hexagonal structure with preferred orientation along (002) plane, and we found that the increase in doping percentage lead to increase the crystallite size as well improve the crystal structure for all prepared films expect the film which prepared with doping percentage (3%) where the crystallite size decreases at this doping percentage and then the crystallite size increasing when the doping percentage increases, The lattice constants, dislocation density and number of crystals per unit area, microstrain, were calculated for all prepared films, also the results of atomic force microscope (AFM) showed that the values of root mean square and the surface roughness for all prepared films increases with the increase in doping percentage expect the film which prepared with doping percentage (3%) where the root mean square and the surface roughness decreases at this doping percentage and then the root mean square and the surface roughness increasing when the doping percentage increases. The (SEM) images show that the different surface morphologies for all the prepared films and the increasing in

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

doping percentage leads to increase the crystallite sizes, we having a ratio of elements by (EDX) technique.

**Keywords:** ZnO Thin Films, Sn Doping, Structural Properties, Atomic Pressure Chemical Vapor Deposition.

### المقدمة

أوكسيد الخارصين النقي (ZnO) هو مادة شبه موصلة واحد مركبات الخارصين الكيميائية، ينتمي الى مجموعة الأكاسيد الموصلة الشفافة (Transparent Conducting Oxide) ويتميز بنفاذية عالية في المنطقة المرئية للطيف وانعكاسية في المنطقة تحت الحمراء، بالإضافة الى ذلك يمتلك توصيلية كهربائية قيمتها (22.6 S/cm) من النوع السالب (n-type) [1,2]. وهو عنصر كيميائي من عناصر السلسلة الأولى في الفلزات الانتقالية يرمز له بالرمز (Zn) عدده الذري (30) وهو العنصر الأول في المجموعه 12 من الجدول الدوري. ويتميز بفجوة طاقة مباشرة كبيرة نسبياً تصل الى (3.42 eV)، وطاقة ربط عالية تصل الى (60 meV) مقارنة مع شبه الموصل (GaN) الذي يمتلك طاقة ربط (25meV) [3-6]. ان أوكسيد الخارصين (ZnO) هو مركب صلب أبيض اللون يصفر عند التسخين بسبب تشوهات الشبيكة، وكذلك هو مادة غير سامة بعكس مركبات الكاديوم، وأيضاً يحضر من حرق عنصر الخارصين في الهواء أو بواسطة التهشم الحراري لكاربوناته اونتراتة [7].

يعتبر من المركبات غير العضوية ويستعمل في نطاق واسع في المنتجات الصناعية التي تتضمن المواد البلاستيكية والسيراميكية والزجاج ويستخدم كمرهماً طبيياً وفي الأصباغ والبطاريات وبالإضافة الى ذلك تطبيقاته المتعددة في مجال تصنيع النبايط الألكترونية [3,8].

### طريقة العمل

تم استعمال طريقة المواد الصلبة لتحضير اغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة، اذ تم استعمال مادة خلات الخارصين المائية التي تكون بشكل مسحوق ذات لون ابيض ورمزها الكيميائي  $(Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O)$  ووزنها الجزيئي (219.49g/mol) وذات نقاوة (99.99%) والمجهزة من شركة (Sharlo-Aspania). تم وضع (5g) من هذه المادة في كل عملية في بودقة التبخير وغلقت المنظومة بأحكام ثم البدء بعملية تسخين المنظومة تدريجياً للوصول الى الدرجة المطلوبة التي عندها تبدأ عملية ترسيب الأغشية. اما بالنسبة للأغشية المشوبة فتم مزج كمية معينة من خلات الخارصين وكلوريدات القصدير وبنسب وزنية معينة، اذ تم استعمال كلوريدات القصدير المائية التي هي عبارة عن مسحوق ابيض اللون ويكون سريع الذوبان في الماء ووزنها الجزيئي (350.58g/mol) ورمزها الكيميائي  $(SnCl_4 \cdot 5H_2O)$  و المجهزة من شركة (Limited pool-England-General Purpose Reagent BDH)

وبنفس الطريقة السابقة تم تحضير الأغشية المشوبة.

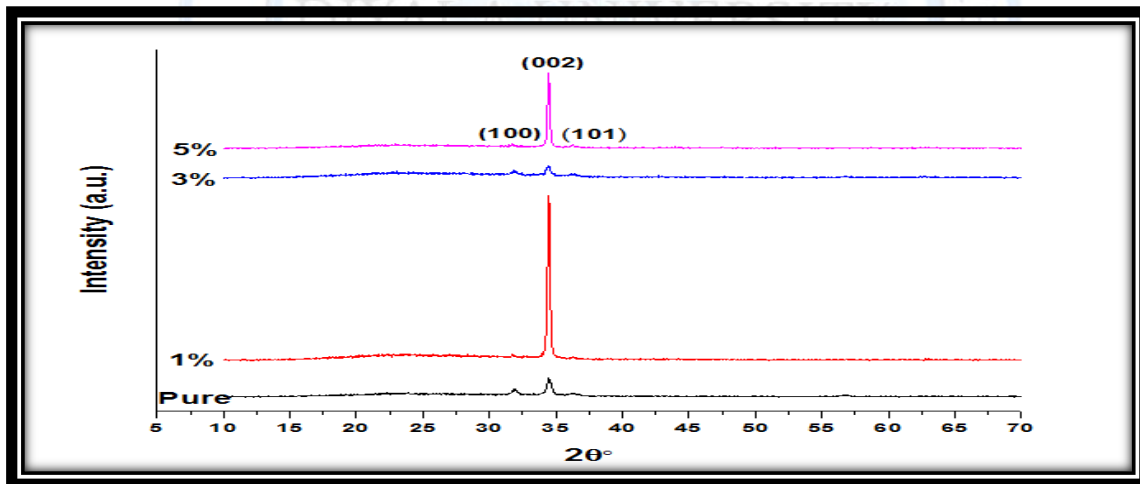
تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

### النتائج والمناقشة

#### نتائج القياسات التركيبية

يوضح الشكل (1) نتائج الفحص بتقنية حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب (1,3,5)% ذات السمك  $(400 \pm 20)$  nm والمرسبة على قواعد زجاجية بدرجة حرارة  $(400^\circ\text{C})$  بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي، اذ بينت النتائج بأن كافة الأغشية المحضرة هي ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع السداسي (Hexagonal) والاتجاه السائد للنمو هو (002)، ونلاحظ كذلك من خلال الشكل ظهور عدة قمم وهذه القمم هي للمستويات (101)، (002)، (100)، وعند مقارنة كافة مواقع وشدة القمم والمسافة البينية بين المستويات لهذه القمم مع بطاقة (JCPDS) لمادة أكسيد الخارصين (ZnO) المرقمة (36-1451) نجد انها متقاربة الى حد ما، وكذلك نلاحظ بأن شدة كافة هذه القمم تزداد مع زيادة نسبة التشويب وهذا يؤكد ان نسبة التبلور قد ازدادت بسبب نقصان عرض المنحني لمنتصف القمة العظمى (FWHM)، حيث ان زيادة ارتفاع القمم دليل على زيادة التبلور وتقليل العيوب البلورية بمنح ذرات المادة طاقة كامنة لإعادة ترتيب نفسها في الشبكة بأستثناء الغشاء المحضر بنسبة تشويب (3%) حيث تقل شدة كافة القمم عند هذه النسبة ومن ثم تزداد شدة كافة القمم مع زيادة نسبة التشويب.



الشكل (1): حيود الأشعة السينية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير

ثوابت الشبكة  $(c_0, a_0)$

تم حساب ثوابت الشبكة  $(c_0, a_0)$  لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب (1,3,5)% وذات التركيب البلوري من النوع السداسي (Hexagonal) بأستخدام العلاقة الآتية [9]:

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

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

حيث ان:

معاملات ميلر. hkl:

اذ نلاحظ بأن كافة قيم ثوابت الشبكة للأغشية المحضرة كافة تتفق تقريبا مع القيم الموجودة في البطاقة الدولية لمادة أكسيد الخارصين (ZnO) المرقمة (36-1451) وكما موضح بالجدول (1).

### معدل الحجم البلوري

تم حساب معدل الحجم البلوري لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب % (1,3,5) باستخدام علاقة شيرر (Scherrer Formula) [10]:

$$D_{av} = K\lambda/\beta \cos\theta \dots\dots\dots (2)$$

حيث ان:

K: ثابت = 0.94.

$\beta$ : عرض المنحني عند منتصف القمة (Full Width at Half Maximum) (FWHM) يقاس بالوحدات نصف القطرية.

$\theta$ : زاوية حيود براك.

$\lambda$ : الطول الموجي للأشعة السينية الساقطة على الهدف ويساوي 1.5406 Å.

كذلك تم حساب معدل الحجم البلوري من خلال استخدام طريقة (Williamson -Hall Formula) وهذه الطريقة لا تعتمد على عرض منتصف القمة فقط كما في طريقة شيرر وانما تعتمد أيضا على الإجهاد المسلط على البلورة بمعنى أن (FWHM) ناتج من الحجم البلوري زائدا الإجهاد (S) (Strain) وكما في العلاقة الآتية [11]:

$$\beta_{hkl} = \beta_S + \beta_D \dots\dots\dots (3)$$

حيث أن :

$\beta_{hkl}$ : عرض منتصف القمة الكلي.

$\beta_S$ : العرض الناتج من الاجهاد.

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

$\beta_D$ : العرض الناتج من الحجم الحبيبي.

من خلال ملاحظة علاقة شيرر نلاحظ أنها تعتمد على  $(1/\cos\theta)$  بينما علاقة (Williamson -Hall Formula) فتعتمد على  $(4S \tan\theta)$  وبعد تعويض هذه العلاقات في العلاقة (3) نحصل على العلاقة الآتية:

$$hkl = K\lambda/D\cos\theta + 4 S \tan\theta \quad \beta \quad (4)$$

نضرب طرفي العلاقة بـ  $(\cos\theta)$  نحصل على العلاقة الآتية:

$$hkl\cos\theta = K\lambda/D + 4 S \sin\theta \quad \beta \quad (5)$$

يرسم العلاقة بين  $(4\sin\theta)$  و  $(\beta_{hkl} \cos\theta)$  ولجميع القمم لكل نموذج وبمقارنة العلاقة (5) مع العلاقة الحاسوبية  $(y=a+b*x)$  وللحصول على نقطة القطع (intercept) (a) أي أن:

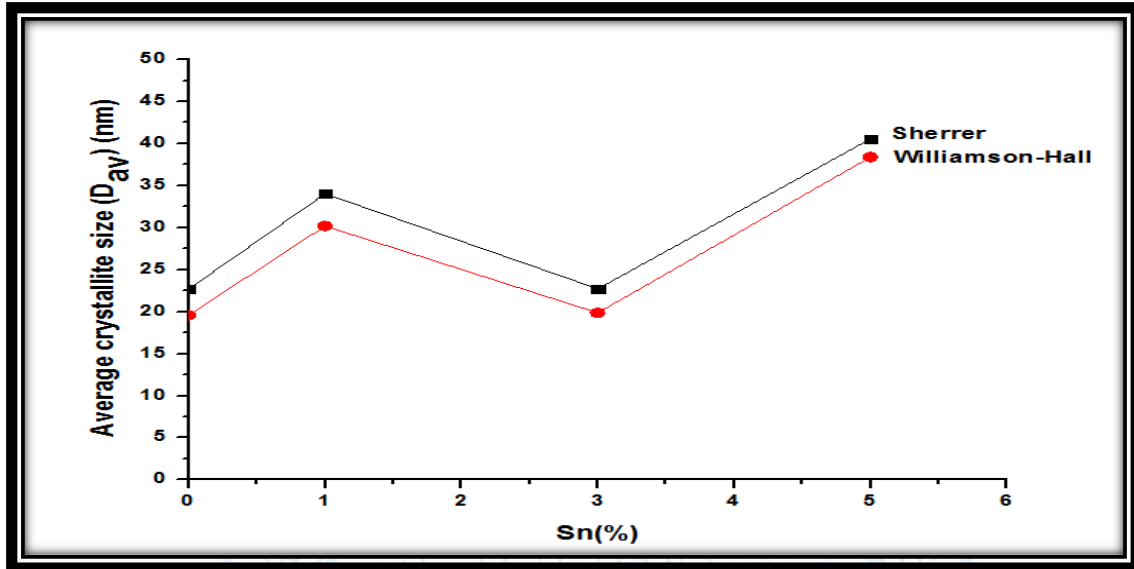
$$a = K\lambda/D_{av} \quad (6)$$

$$D_{av} = K\lambda/a \quad (7)$$

وكذلك نحصل على قيمة (b) (slope) التي تمثل قيمة الإجهاد (S). والشكل (2) يبين معدل الحجم البلوري المحسوب وفق الطريقتين اعلاه كدالة لنسبة التشويب، اذ نلاحظ ان معدل الحجم البلوري للأغشية المحضرة كافة يزداد بزيادة نسبة التشويب وان السبب في ذلك يعود الى ان زيادة نسبة التشويب تؤدي الى نقصان عرض المنحني عند منتصف القمة العظمى وبالتالي زيادة الطاقة الحركية للذرات المترسبة وبذلك يسهل عليها اشغال مواقعها الصحيحة في الشبيكة وبالتالي زيادة في حجم البلوريات باستثناء الغشاء المحضر بنسبة تشويب (3%) حيث نلاحظ نقصان معدل الحجم البلوري عند نسبة التشويب هذه ومن ثم تزداد بزيادة نسبة التشويب.

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس



الشكل (2): معدل الحجم البلوري المحسوب بطريقتين مختلفتين كدالة لنسبة التشويب لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة

#### عامل التشكيل

يستخدم عامل التشكيل لوصف الاتجاه السائد للأغشية الرقيقة [12]، وقد وجد ان قيمة عامل التشكيل للأغشية المحضرة كافة هي اكبر من واحد وهذا يدل على ان النمو البلوري يكون ضمن الاتجاه السائد (002) فقط. وقد تم حساب عامل التشكيل وفق العلاقة الآتية [10]:

$$T_c (hkl) = \frac{I(hkl)/I_0(hkl)}{N^{-1}\sum I(hkl)/I_0(hkl)} \dots \dots \dots (8)$$

حيث إن:

N: تمثل عدد القمم الظاهرة في حيود الأشعة السينية (XRD).

I (hkl): تمثل الشدة النسبية المقاسة للمستوي (hkl).

I<sub>0</sub>(hkl): تمثل الشدة القياسية للمستوي (hkl) المأخوذ من بطاقة (JCPDS).

كثافة الانخلاعات (δ) وعدد البلوريات لوحدة المساحة (N<sub>0</sub>)

تمثل كثافة الأنخلاعات عدد خطوط الانخلاع التي تقطع وحدة المساحة في البلورة [13]، وهي تمثل النسبة بين الطول الكلي لخطوط الانخلاع جميعها وحجم البلورة، ومن خلال معرفة الحجم البلوري يمكن حساب كثافة الانخلاع الناتجة عن الحجم البلوري من العلاقة الآتية [14]:

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

$$= 1/D_{av}^2 \dots \dots \dots (9) \quad \delta$$

أما عدد البلوريات لوحدة المساحة ( $N_0$ ) فيتم حسابه وفق العلاقة الآتية [14]:

$$N_0 = t / D_{av}^3 \dots \dots \dots (10)$$

حيث ان t: سمك الغشاء.

تم حساب كثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب % (1,3,5) من خلال العلاقتين (9) و (10) على التوالي، إذ تم الحصول على قيمتين لكل من كثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة بالأعتماد على قيمة معدل الحجم البلوري المحسوبة بطريقة (SherrerFormula) وطريقة (Williamson-Hall Formula). إذ نلاحظ بأن كل من كثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة المحسوبتان وفق الطريقتين اعلاه للأغشية المحضرة كافة تقلان مع زيادة نسبة التشويب وأيضاً تقلان مع زيادة معدل الحجم البلوري وذلك لأن كثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة تتناسبان عكسياً مع مربع ومكعب معدل الحجم البلوري على التوالي مما يدل على زيادة ترتيب الذرات في الشبكة البلورية بأستثناء الغشاء المحضر بنسبة تشويب (3%) حيث نلاحظ زيادة كثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة عند نسبة التشويب هذه ومن ثم تقل كثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة بزيادة نسبة التشويب وكما موضح بالجدول (1).

#### المطاوعة المايكروية

تؤدي التشوهات في البلورة الى تغير المسافة البينية (d) حيث تتأثر قيمة (d) بتوسع او انضغاط الشبكة الذي يؤدي الى أزاحة الذرات عن موقع الشبكة الأصلي والذي يسبب انحراف ثابت الشبكة عن قيمته الأصلية في بطاقة (JCPDS) [15]، يتم حساب المطاوعة المايكروية من خلال العلاقة الآتية [16]:

$$S = [|C_{JCPDS} - C_{XRD}| / C_{JCPDS}] \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

حيث ان:

$C_{JCPDS}$ : مقدار ثابت الشبكة القياسي من بطاقة JCPDS.

$C_{XRD}$ : مقدار ثابت الشبكة المستخرج عملياً عن طريق جهاز حيود الأشعة السينية (XRD).

تم حساب المطاوعة المايكروية لأغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب % (1,3,5) من خلال العلاقة (11)، وتنتج المطاوعة المايكروية عن الأجهادات المايكروية والشد المايكروي في الشبكة والتي تسبب انحراف ثابت الشبكة للتركيب السداسي (Hexagonal) عن قيمته في بطاقة (JCPDS)، إذ وجد ان المطاوعة المايكروية للأغشية المحضرة كافة تتغير مع تغير نسبة التشويب، حيث تقل مع زيادة نسبة التشويب بسبب



تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

نقصان الأجهاد (لأن الأجهاد هو الذي يسبب المطاوعة)، وبالتالي زيادة في معدل الحجم البلوري والذي تم ملاحظته سابقاً مع زيادة نسبة التشويب [17] باستثناء الغشاء المحضر بنسبة تشويب (3%) حيث نلاحظ زيادة المطاوعة المايكروية عند نسبة التشويب هذه ومن ثم تقل المطاوعة المايكروية بزيادة نسبة التشويب وكما موضح بالجدول (1). والجدول (1) يبين قيم المعلمات التركيبية عند الاتجاه السائد (002) لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة بنسب تشويب مختلفة.

الجدول (1): قيم المعلمات التركيبية عند الاتجاه السائد (002) لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة بنسب

#### تشويب مختلفة

Sample	Pure	ZnO:Sn (1%)	ZnO:Sn (3%)	ZnO:Sn (5%)
Hkl	(002)	(002)	(002)	(002)
2θ(deg)	34.5040	34.4770	34.4346	34.4679
d <sub>hkl</sub> (Å)	2.59732	2.5992	2.60240	2.59996
FWHM	0.38330	0.20210	0.38530	0.19120
T <sub>c</sub>	2.33133	1.9527	2.22030	2.90238
D <sub>av</sub> (nm) Scherrer	22.70	34.03	22.72	40.56
D <sub>av</sub> (nm) Williamson-Hall	19.59	30.20	19.87	38.4
δ (nm <sup>-2</sup> ) Scherrer	0.00194	0.000863	0.00193	0.000607
δ (nm <sup>-2</sup> ) Williamson-Hall	0.00206	0.00109	0.00253	0.000678
N <sub>o</sub> (nm <sup>-2</sup> ) Scherrer	0.03419	0.01015	0.03410	0.00599
N <sub>o</sub> (nm <sup>-2</sup> ) Williamson-Hall	0.05320	0.01452	0.05098	0.00706
S (Å)	0.21820	0.04225	0.06223	0.03034
(Lattice constant (a <sup>o</sup> ) (JCPDS)3.2498 Å)	3.2499	3.249	3.2507	3.2412
(5.206 Å) (Lattice Constant (c <sup>o</sup> ) JCPDS)	5.19464	5.19858	5.2048	5.19992

#### نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية

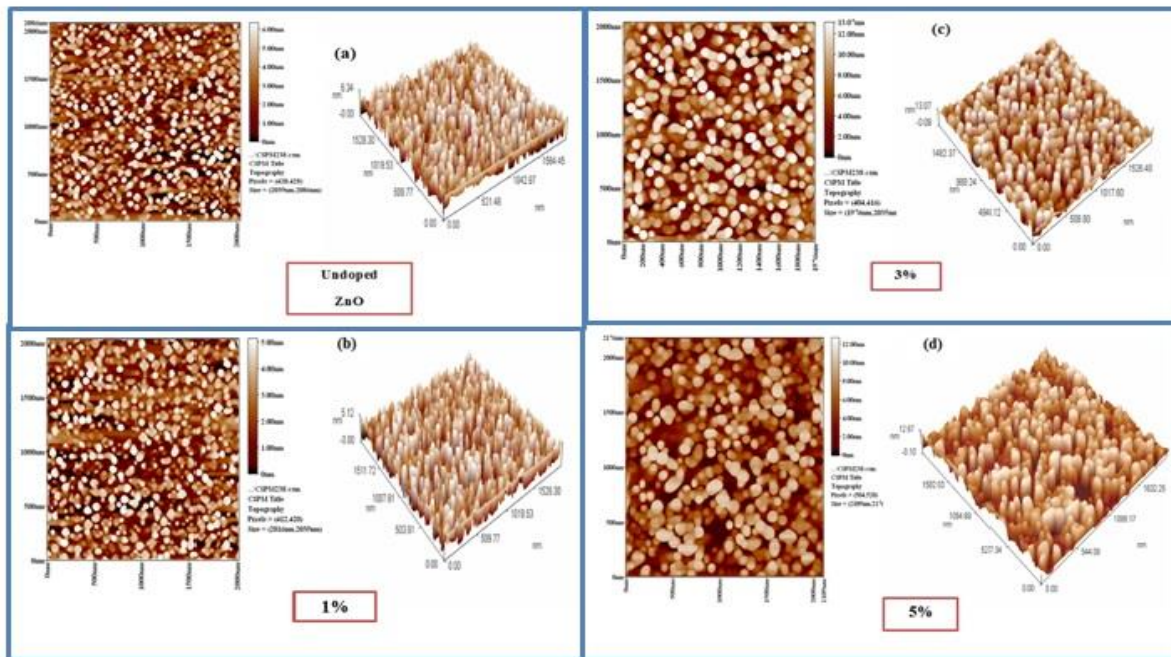
تم دراسة طوبوغرافية سطوح المواد المرسبة لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب (1,3,5%) ومدى تأثير تغيير نسبة التشويب عليها عند نفس ظروف التحضير المتبعة لكل نسبة تشويب باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM) ذي القدرة العالية على تصوير هذه السطوح وتحليلها عند مقياس المسح (2\*2)μm<sup>2</sup>، وأعطت قيم احصائية في غاية الدقة عن معدل حجم الحبيبات وتوزيعها، والجدول (2) يبين قيم كل من خشونة السطح (Surface Roughness) والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS) (Root Mean Square) ومعدل الحجم البلوري للأغشية المحضرة كافة، اذ نلاحظ بأن زيادة نسبة التشويب للأغشية المحضرة كافة تزيد من خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة، وبما ان الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة يتناسب طردياً مع معدل الحجم البلوري فالنتائج هذه تؤكد زيادة معدل الحجم البلوري ونقصان الحدود الحبيبية باستثناء الغشاء المحضر بنسبة تشويب (3%) حيث نلاحظ بأن خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة تقلان عند نسبة التشويب هذه ومن ثم تزداد خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة بزيادة نسبة التشويب. والشكل (3) يوضح صور (AFM) كدالة لنسبة التشويب لأغشية (ZnO) الرقيقة.

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

الجدول (2): قيم خشونة السطح والجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة ومعدل الحجم البلوري لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة بنسب تشويب مختلفة

Sample	Surface roughness (nm)	RMS (nm)	Average Crystallite Size ( $D_{av}$ ) nm
ZnO	2.03	2.36	86.13
ZnO:Sn (1%)	2.57	2.96	93.09
ZnO:Sn (3%)	2.1	2.48	88.91
ZnO:Sn (5%)	7.51	8.79	97.05



الشكل (4): صور (AFM) لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة بنسب تشويب مختلفة

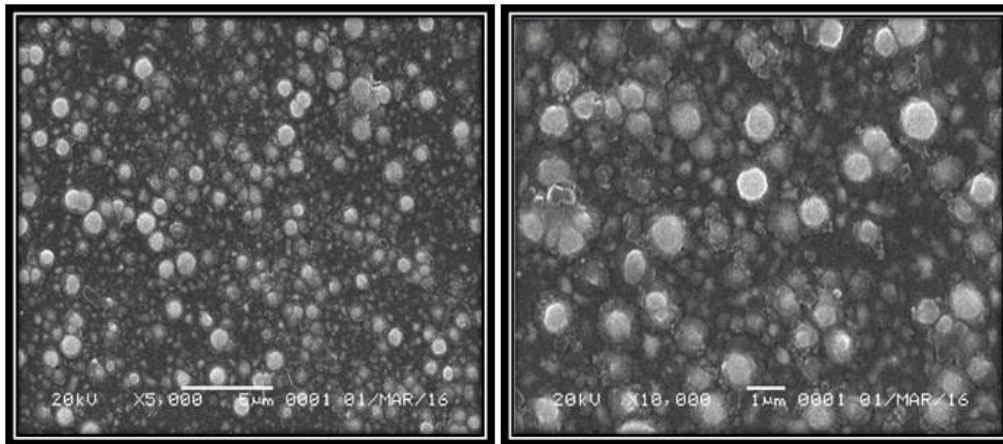
#### نتائج فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح

تم استخدام تقنية المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لمعرفة طبيعة سطح غشاء اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيق المشوب بالقصدير (Sn) بنسبة تشويب (5%) ذو السمك  $(400 \pm 20)$  nm والمرسب على قاعدة زجاجية بدرجة حرارة  $(400^\circ\text{C})$  وكذلك لحساب الحجم البلوري له، اذ يمكننا من خلال هذه الفحوصات ان نلاحظ ان سطح الغشاء مكون من تراكيب سداسية غير متماثلة الشكل وغير منتظمة تماما (تقترب من الشكل السداسي)، وتم حساب معدل الحجم البلوري للغشاء بأخذ معدل القطر لعدة حبيبات وبأستخدام الحسابات الرياضية نستطيع ان نحسب الحجم البلوري للغشاء، ونلاحظ ان قيمة معدل الحجم البلوري المستحصلة من قياسات (SEM)  $(60.23\text{nm})$  هي اكبر من قيمة معدل الحجم البلوري المستحصلة من خلال

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

استخدام علاقة شرر (Scherrer) (40.56nm). والشكل (4) يوضح صور (SEM) لغشاء اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيق المحضر بنسبة تشويب (5%).



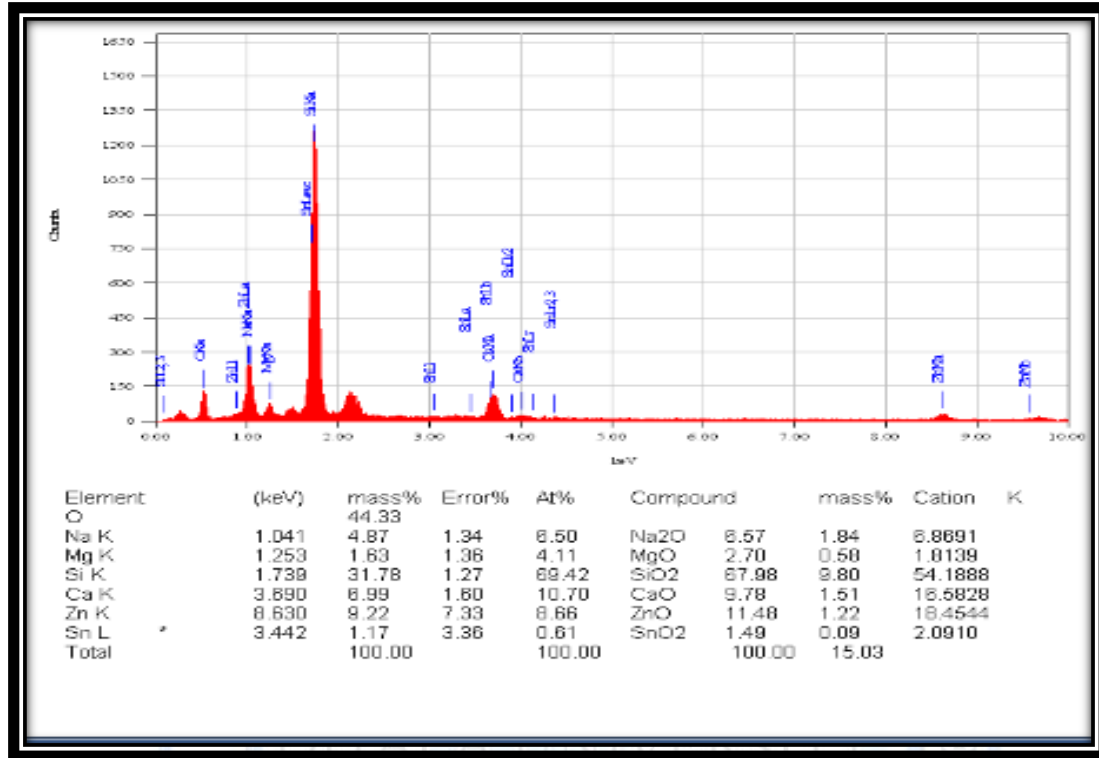
الشكل (4): صور (SEM) لغشاء اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيق المحضر بنسبة تشويب (5%)

#### نتائج قياسات تحليل طاقة الأشعة السينية المتشنتة

تتضمن قياسات تحليل طاقة الأشعة السينية المتشنتة (EDX) تقنية تحليل طاقة الأشعة السينية المنعكسة والمنتشرة من مادة غشاء اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيق المشوب بالقصدير (Sn) بنسبة تشويب (5%) ذو السمك  $(400 \pm 20) \text{nm}$  والمرسب على قاعدة زجاجية بدرجة حرارة  $(400^\circ \text{C})$  الى مكوناتها الأساسية اذ نرى مخطط يشبه الى حد كبير من حيث الشكل مخطط حيود الأشعة السينية ولكن القمم هنا تشير الى نوع العنصر الموجود فعلا في تركيبة الغشاء. حيث تختلف نسبة العناصر الموجودة في الغشاء تبعا لأختلاف مادة الغشاء وكما موضح بالشكل (5) حيث نلاحظ من خلال هذا الشكل وجود عنصرين هما القصدير واوكسيد الخارصين وهذا يدل على ان الغشاء مكون من مادة (ZnO:Sn).

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس



الشكل (5): مخطط (EDX) لغشاء (ZnO) الرقيق المحضر بنسبة تشويب (5%)

### الاستنتاجات

تم تحضير أغشية أكسيد الخارصين (ZnO) الرقيقة غير المشوبة والمشوبة بالقصدير (Sn) بنسب تشويب (1,3,5%) ذات السمك  $(400 \pm 20)$  nm والمرسبة على قواعد زجاجية بدرجة حرارة  $(400^\circ\text{C})$  بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي بنجاح. وتبين من خلال نتائج الفحوصات التركيبية للأغشية كافة بأنها ذات تركيب متعدد التبلور ومن النوع السداسي (Hexagonal) وبالأتجاه السائد للنمو (002)، وان زيادة نسبة التشويب ادت الى تحسن الحالة البلورية للأغشية اي زيادة معدل الحجم البلوري ونقصان كل من كثافة الأنخلاعات وعدد البلوريات لوحدة المساحة. بينت نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM) بأن قيم خشونة السطح و الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة تزداد مع زيادة نسبة التشويب للأغشية المحضرة كافة. بينت نتائج فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لغشاء اوكسيد الخارصين (ZnO) الرقيق المشوب بالقصدير (Sn) بنسبة تشويب (5%) بأن قيمة معدل الحجم البلوري المستحصل من خلالها يكون اكبر من قيمة معدل الحجم البلوري المستحصل من خلال استخدام علاقة (Scherre).

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة  
المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

### المصادر

1. P. J. Durrant, Bulter and Tanner Ltd, "General and Inorganic Chemistry", 3<sup>rd</sup> Ed., London, (1964).
2. كاظم مصطفى كاظم، "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الخارصين الرقيقة المشوبة بالفناديوم والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة ديالى، (2001).
3. ] J. K. Behera, "Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles", M. Sc. Thesis, National Institute of Technology, India, (2005).
4. K. Aurangzb, "Synthesis, Characterization and Luminescence Properties of Zinc Oxide nanostructures", Ph. D Thesis, The College of Arts and Science, Ohio University, (2006).
5. P. Y. YU and M. Cardona, "Fundamental of Semiconductors, Physics and Material Properties", 4th Edition, Springer Heidelberg Dordrecht London New York, (2010).
6. S. Todd, "Semiconductors Nanostructures for Optoelectronic Applications", Artech House, Inc. Boston London, (2004).
7. نور محمد علي، "دراسة الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية اوكسيد الخارصين الرقيقة المشوبة بالقصدير والمحضرة بطريقة التحلل الكيميائي الحراري"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة ديالى، (2012).
8. K. Aurangzb, "Synthesis, Characterization and Luminescence Properties of Zinc Oxide nanostructures", Ph. D Thesis, The College of Arts and Science, Ohio University, (2006).
9. P. Mitra and Khan, "Materials Chemistry and Physics", Vol. 98, pp. 279-283, (2008).
10. M. Caglar, S. I. Lican and Y. Caglar, "Influence of Substrate Temperature on Structural and Electrical Properties of ZnO Films", Trakyauniv Jsci, Vol. 2, pp. 153 – 159, (2006).
11. ]B. Joseph, P. K. Mango and V. K. Vaidyan, "Study on Preparation and Characterization of Indium Doped Zinc Film by Chemical Spray Deposition", Bull Mater. Sci. ,Vol. 28, No.5, pp. 487 – 491, (2005).
12. P. Sutta and Q. Jackuliak, "Matters structure", Vol. 5, No. 1, pp. 10-14, (1998).
13. M. G. Sridharana, S. K. Narayandass, D. Mangalaraj and H. C. Lee, "Influence of Thermal Annealing on The Structural and Optical Properties of Polycrystalline Cd<sub>0.96</sub> Zn<sub>0.04</sub>Te Thin Films", Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 7, No. 3, pp. 1438-1491, (2005).

تأثير التشويب بالقصدير (Sn) على الخصائص التركيبية لأغشية (ZnO) الرقيقة  
المحضرة بطريقة الترسيب البخاري الكيميائي عند الضغط الجوي الاعتيادي

صباح انور سلمان ، صلاح قدوري هزاع و سرى جمال عباس

14. A. Nilens, "Deep Impurity in Semiconductors", Wiley – Inter Science Publication, printing first, (1973).
15. L. We, Z. Li and W. F. Zhang, "Influence of Co Doping Content on its Valence State in  $Zn_{1-x}CO_xO$  ( $0 \leq x \leq 0.15$ ) Thin Films", Applied surface science, Vol. 255, pp. 4992-4999, (2009).
16. L. B. Duana, W. G. Chub, J. Yua, Y. C. Wang, L. N. Zhang, G. Y. Liua, J. K. Lianga and G. H. Rao, "Structural and Magnetic Properties of  $Zn_{1-x}CO_xO$  ( $0 \leq x \leq 0.30$ ) Nanoparticle", Journal of Magnetism and Magnetic Materials., Vol. 320, pp. 1573-1581, (2008).
17. C. Barret and T. B. Massalki, "Structure of Metals" Book, 3rd Edition, Pergamon Press, Oxford, (1980).

