

**الخصائص التركيبية لأغشية ZnO الرقيقة المشوبة بالانديوم  
بطريقة التحلل الكيميائي الحراري.**

أ. خضير عباس مشجل      رشا صلاح عباس

الجامعة المستنصرية - كلية التربية - قسم الفيزياء

**المستخلص :-**

تم تحضير أغشية اوكسيد الخارصين ( ZnO ) غير المشوبة والمشوبة بالانديوم ( ZnO:In ) وبنسب تشويب (1,3,5,7) % باستخدام طريقة التحلل الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية وبدرجة حرارة ( 400 ° C ) ، وقد كان سمك الاغشية المحضرة ( 20 ± 300 ) nm . حيث تم تشخيص طبيعة تبلور الاغشية المحضرة وذلك عن طريق دراسة نمط حيود الاشعة السينية ، اذ تبين ان الاغشية المحضرة المشوبة وغير المشوبة تمتلك تركيب متعدد التبلور من النوع السداسي ، والاتجاه السائد ( 101 ) للأغشية غير المشوبة و المشوبة بالانديوم وبنسب تشويب ( 3 ، 1 ) ويتغير الاتجاه السائد فيصبح ( 002 ) عند نسب التشويب ( 7,5 ) % وايضا تبين ان معدل حجم البلوريات يقل مع زيادة نسب التشويب ( 37.3 - 8.5 ) nm . من صور (AFM) هناك اختلاف في طبيعة سطوح الاغشية المحضرة وان قيم معدل الحجم الحبيبي يقل مع زيادة نسب التشويب كافة ( 87.99 - 104.57 ) nm وقد لوحظ اختلاف في طبيعة السطوح المحضرة من خلال صور المجهر الالكتروني الماسح (SEM) ومن خلال تقنية (EDS) تم التعرف على المواد الداخلة في الاغشية المحضرة.

**الكلمات المفتاحية :-** الخصائص التركيبية ، أغشية ZnO:In ، التحلل الكيميائي الحراري .

**Structural properties of ZnO films doped with Indium  
by chemical spray pyrolysis.**

**Prof. Khudheir A. Mishjil. Rasha Salah Abbas ,  
Al-Mustansiriyah University- Education College (2017).**

**Abstract:-**

Undoped Zinc Oxide and Indium doped Zinc Oxide with different doping percentage (1,3,5,7)% by chemical spray pyrolysis have been deposited on aglass substrate temperature (400 °C) , The thickness of the prepared films were (300±25) nm. The nature of Structure was examined by X-ray diffraction technique. It was found that. The prepared undoped ZnO and In doped ZnO have a hexagonal polycrystalline structure . With a preferred Orientation along (101) for the undoped and In doped ZnO with doping percentage (1,3)% . The preferred orientation was changed to be (002) for the doping percentage (5,7)% . Also it was found that the average crystallite size decrease as the increase in doping percentage (37.3 – 8.5) nm. AFM images confirm that there is a difference in the nature of film surfaces and the average grain size decrease with the increase of doping percentage (104.57 – 87.99) nm . It was noticed there is a variation in nature of film surface through the images of Scanning electron microscope . From the EDS it has been identified.

**Key Words:** Structural properties , ZnO:In films , Chemical Spray Pyrolysis.

**المقدمة :-**

الأستخدام الواسع والضروري في كافة مجالات الحياة للأجهزة الالكترونية مثل الحاسبة الالكترونية والاقمار الصناعية والخلايا الشمسية وما الى ذلك أدى الى الحاجة لدراسة خواص المواد الفيزيائية والكيميائية المستخدمة في تصنيع هذه الاجهزة علماً انه قد يكون من الصعوبة معرفة خواص المواد الفيزيائية والكيميائية لمادة في حالتها الطبيعية ، ولكن في حالة جعلها على شكل غشاء رقيق يمكن التعرف على خواصها التركيبية بشكل ابسط واسهل ، وتعد طريقة التحلل الكيميائي الحراري من الطرق الشائعة للحصول على أغشية رقيقة [1].

**العمل التجريبي :-**

سبق ان تطرق العديد من الباحثين حول آلية عمل منظومة التحلل الكيميائي الحراري . تم تحضير اغشية اوكسيد الخارصين على الزجاج وذلك باستخدام محلول كلوريد الخارصين وصيغته الكيميائية (  $ZnCl_2$  ) و هي عبارة عن مسحوق ابيض اللون وزنه الجزيئي ( mol / 136.28 g ) وبتركيز مولاري (0.1M) وللحصول على الاوزان المناسبة من المواد المستخدمة في تحضير الاغشية استخدمنا المعادلة التالية [2].

$$M = (W_t / M_{wt}) \times (1000 / V) \text{----- (1)}$$

$M$  - التركيز المولاري .  $W_t$  - الوزن المطلوب اذابته.

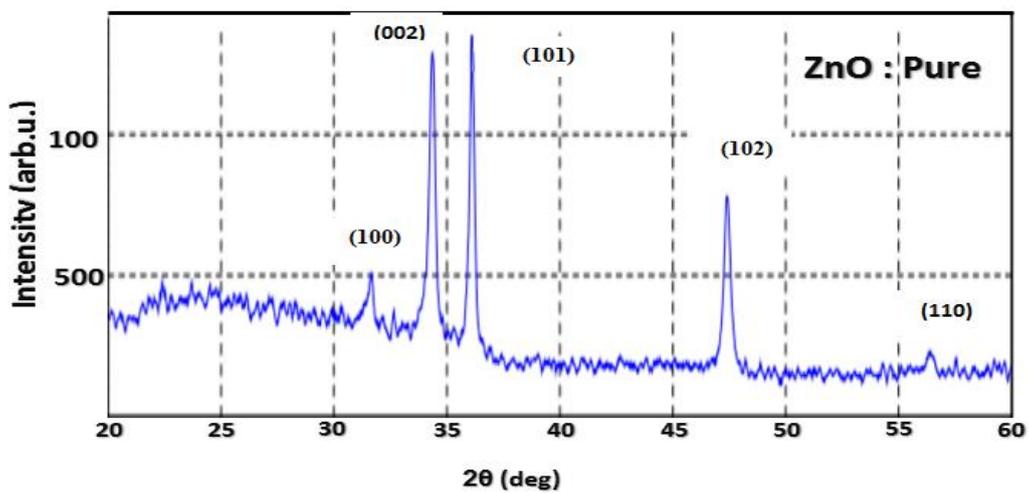
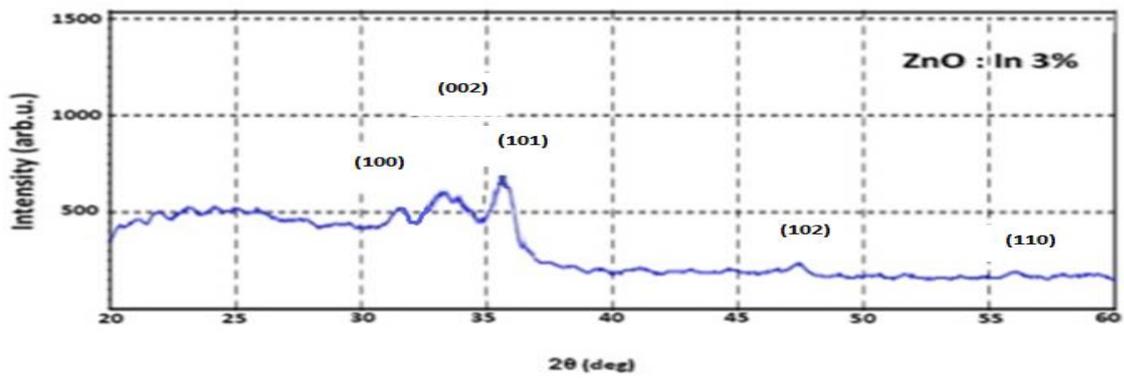
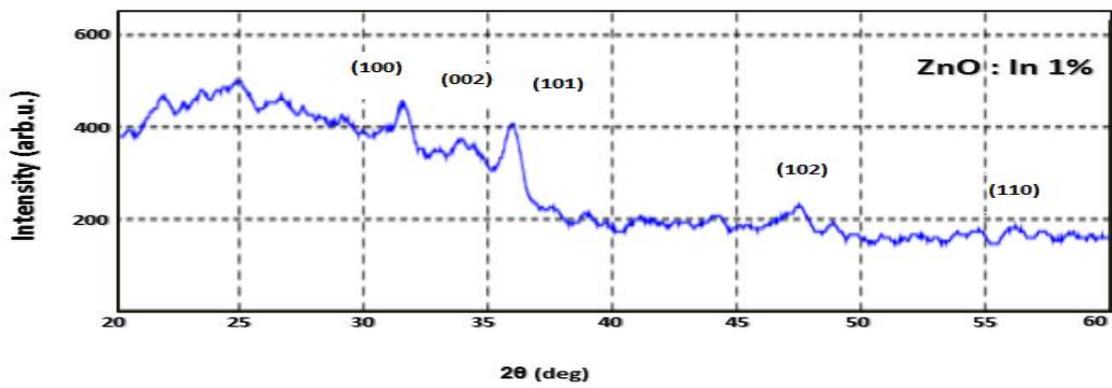
$M_{wt}$  - الوزن الجزيئي للمادة .  $V$  - حجم الماء المقطر الذي اذيب به المسحوق ( ml ) .

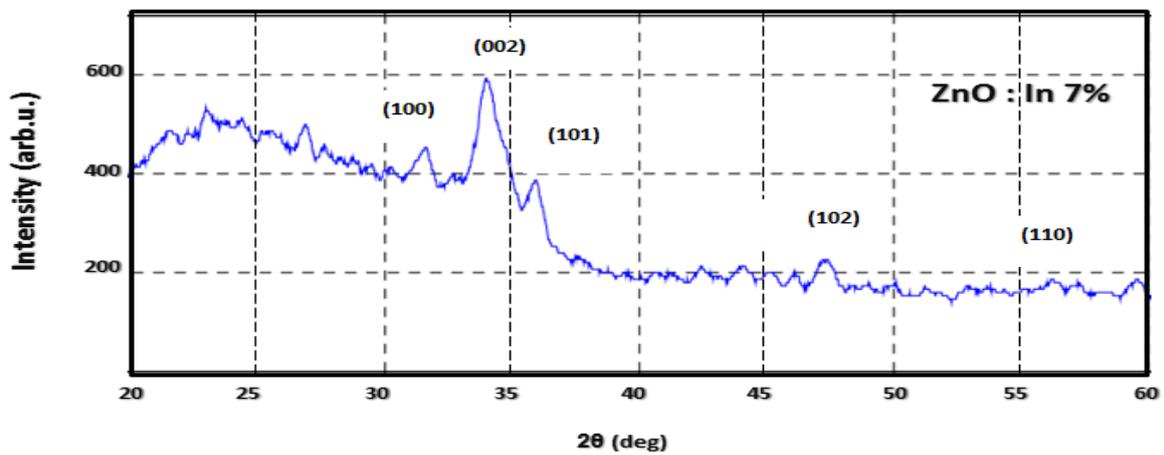
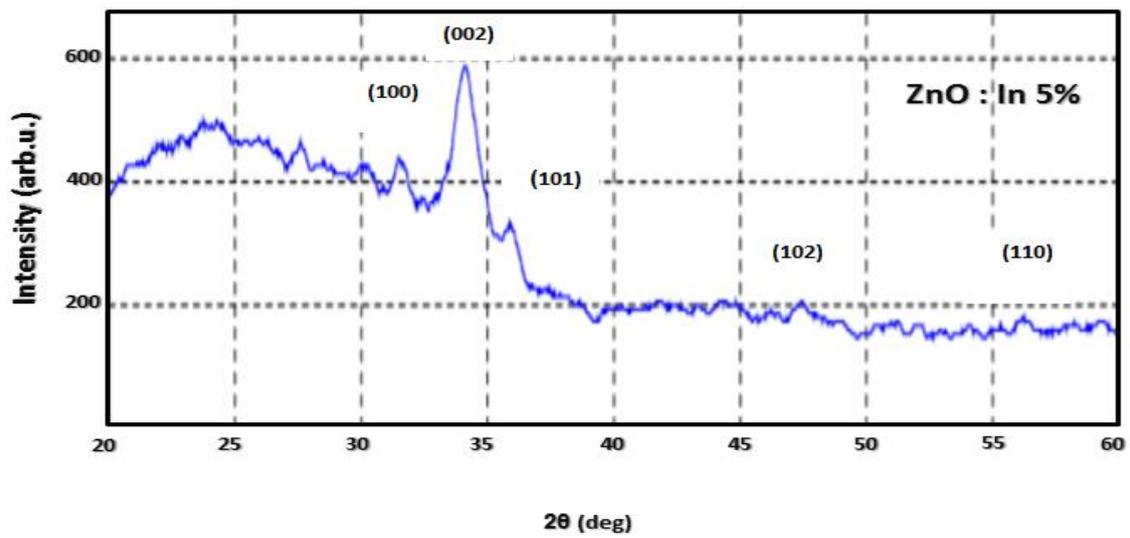
حيث اذيب المسحوق في (100ml) من الماء المقطروباستخدام خلاط زجاجي في درجة حرارة الغرفة ,وبعدها تم ترميد المحلول على قواعد زجاجية مسخنه بدرجة حرارة (  $400^{\circ} C$  ) وبسمك (300±25) nm. لتحضير اغشية اوكسيد الخارصين المشوبة بالانديوم تم اذابة كمية من الانديوم في ( 100ml ) من الماء المقطر ومزج المحلول مع محلول كلوريد الخارصين وبنسب حجمية مختلفة ( 1,3,5,7 ) % , تم قياس سمك الاغشية المحضرة باستخدام ميزان من نوع Mettler-AE160 ذو حساسية تصل (  $10^{-4}g$  ) من معرفة فرق الكتله وكثافة المادة المترسبة وابعاد القاعدة. كانت الظروف المتبعة لتحضير الاغشية اوكسيد الخارصين غير المشوبه والمشوبه بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة كما في الجدول (1) .

**جدول ( 1 ) الظروف المتبعة لتحضير الاغشية اوكسيد الخارصين غير المشوبه (ZnO) والمشوبه ( ZnO:In )**

<b>400 °C</b>	<b>درجة حرارة القاعدة</b>
<b>3 bar</b>	<b>ضغط غاز الترميد</b>
<b>9 Sec</b>	<b>زمن الترسيب</b>
<b>90 Sec</b>	<b>زمن التوقف</b>
<b>5 ml/min</b>	<b>معدل الترميد</b>

**النتائج والمناقشة :-** من خلال نتائج الفحص لحيود الأشعة السينية (XRD) ومقارنتها بالبطاقة الدولية (JCPDS) (The Joint Committee on Powder Diffraction Standards) لأوكسيد الخارصين (ZnO) وذات الرقم التسلسلي (no.36-1451) ومن خلال دراسة نمط حيود الأشعة السينية ومعرفة مواقع القمم التي تظهر لكافة الأغشية المحضرة فتبين انها ذات تركيب متعدد التبلور (Polycrystalline) ومن النوع السداسي المتراص (Hexagonal wurtzite) وهذا اتفق مع سلوك الباحثين [4,3] والشكل (1) يمثل مخطط حيود الأشعة السينية (XRD) للأغشية (ZnO) غير المشوبة والمشوبة بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة، ويبين وجود قمم (Peaks) حيود تناظر المستويات (100, 002, 101, 102, 110) ، وان الاتجاه السائد للأغشية أوكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالانديوم بالنسبة (3,1) % (101) ، وظهرت النتائج ان التركيب البلوري لأغشية أوكسيد الخارصين (ZnO) لا تتأثر بعملية التشويب بالانديوم (In) حيث تظهر جميع الأغشية المشوبة بانها ذات تركيب سداسي متعدد التبلور مع ظهور تغير في اتجاهية الأغشية المشوبة عند النسب (7,5) % حيث يكون الاتجاه السائد لها (002) وهذا يتفق مع الباحثة Ajili وجماعتها [5] . حيث نلاحظ ان الاتجاهية تغيرت للأغشية المشوبة بالنسب (7,5) % ويعزى هذا النمو البلوري للأغشية في هذا الاتجاه الى فرضية نموذج (A Van der drift) [6]. وبحسب هذه الفرضية فان عملية تكوين النوى (Nucleations) تأخذ عدة اتجاهات في المراحل الاولى من نمو الغشاء ، ثم تبدأ هذه الاتجاهات بالتنافس في أثناء نموها . فتستمر النوى الاسرع في النمو ، في حين تتوقف نمو النوى الاخرى وهذا مايفسر نمو أغشية (ZnO) باتجاه (002) ويعد هذا هو الاتجاه السائد والاسرع في النمو لانه يمثل اتجاه التحلل . والشكل (1) يبين ان شدة القمة للاتجاه السائد (101) تقل مع زيادة نسبة التشويب بالانديوم عما كانت عليه قبل التشويب مع زيادة في العرض عند منتصف القمة ولجميع نسب التشويب ويعزى السبب لكون نصف القطر الايوني للانديوم (0.80 Å) اكبر من نصف قطر الايوني للخارصين (0.74 Å) مما يسبب نقصان في درجة التبلور . والجدول (٢) يظهر مواقع القمم وقيم المسافات البينية والعرض الكامل عند منتصف الذروة العظمى (FWHM) وقيم (2θ) للأغشية أوكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالانديوم وبنسب تشويب (7,5,3,1) % .





الشكل (١) حيود الاشعة السينية لأغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) غير المشوبه والمشوبه بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة.

جدول (٢) مواقع القمم وقيم المسافات البينية والعرض الكامل عند منتصف الذروة العظمى وقيم (2θ) لأغشية  
او كسيد الخارصين غير المشوبه والمشوبه بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة .

Sample	2θ(degree)	d <sub>hkl</sub> (Å)	FWHM(degree)	hkl
ZnO (JCPDS)	31.769	2.8149		100
	34.421	2.6036		002
	36.252	2.4760		101
	47.538	1.9111		102
	56.602	1.6255		110
ZnO (pure)	31.646	2.8250	0.2373	100
	34.362	2.6076	0.2886	002
	36.125	2.4844	0.2236	101
	47.403	1.9162	0.2645	102
	56.585	1.6251	0.0800	110
ZnO: In (1%)	31.611	2.8280	0.4600	100
	34.428	2.6028	0.0300	002
	36.040	2.4929	0.6400	101
	47.529	1.9115	0.4400	102
	56.225	1.6347	0.0400	110
ZnO:In (3%)	31.521	2.8359	0.5600	100
	34.153	2.6231	1.3700	002
	36.000	2.4969	0.7734	101
	47.419	1.9156	0.4600	102
	55.915	1.6430	0.1800	110
ZnO:In (5%)	31.571	2.8315	0.3800	100
	34.158	2.6227	0.9200	002
	35.917	2.4983	0.1600	101
	47.479	1.9134	0.1400	102
	56.055	1.6392	0.1800	110
ZnO:In (7%)	31.561	2.8324	0.4000	100
	34.123	2.6253	0.9700	002
	35.887	2.5003	0.4200	101
	47.259	1.9217	0.5400	102
	56.245	1.6341	0.1600	110

تم حساب ثابتي الشبكة (a<sub>0</sub> , c<sub>0</sub>) من العلاقة التالية [7]:-

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{4}{3} \left[ \frac{h^2 + hk + k^2}{a_0^2} \right] + \frac{l^2}{c_0^2} \quad \text{----- ( 2 )}$$

d<sub>hkl</sub>:- المسافة بين المستويين الذريين المتتاليين . hkl:- معاملات ملر. a<sub>0</sub> , c<sub>0</sub>:- ثابتي الشبكة .

ومن الملاحظ قيم ثابتي الشبكة العملية تتفق مع في البطاقة القياسية للاغشية المشوبة وغير المشوبة المدرجه في الجدول (٣).

جدول (٣) قيم ثوابت الشبكة ( $a_0$  ,  $c_0$ ) مع قيم المسافات البينية ومعاملات ملر للمستويات البلورية لأوكسيد الخارصين غير المشوبه والمشوبه بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة.

Sample	$a_0$ (Å)	$c_0$ (Å)	$d_{hkl}$ (Å)	hkl
ZnO (JCPDS)	3.2498	5.2066	2.8149 2.6036	100 002
ZnO(pure)	3.2620	5.2153	2.8250 2.6076	100 002
ZnO:In (1%)	3.2655	5.2057	2.8280 2.6028	100 002
ZnO:In (3%)	3.2746	5.2463	2.8359 2.6231	100 002
ZnO:In (5%)	3.2696	5.2455	2.8315 2.6227	100 002
ZnO:In (7%)	3.2706	5.2507	2.8324 2.6253	100 002

وايضا تم حساب معدل حجم البلوريات ( $D_{av}$ ) للاغشية غير المشوبة ذات الاتجاه السائد (101) والاغشية المشوبة ذات الاتجاه السائد (101,002) باستخدام معادلة شرر وفق المعادلة (٣) [8]،

$$D_{av} = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (٣)$$

$\beta$  - عرض المنحني عند منتصف الذروة العظمى ويقاس بالزوايا النصف قطرية.

وقد لوحظ ان معدل حجم البلوريات يقل مع زيادة نسبة التشويب بالانديوم (In) كما موضح في جدول (4) وهذا يتفق مع ماتوصل اليه الباحث llican وجماعته [9]. ويعزى تفسير هذا الى ان ايون الشائبة ( $In^{+3}$ ) ذات نصف قطراايوني ( $r = 0.80 \text{ \AA}$ ) اكبر من نصف قطر الايوني ( $Zn^{+2}$ ) ( $r = 0.74 \text{ \AA}$ ) فهو يسبب عدم الانتظام في شبكة ZnO، فذلك يؤدي الى احلال الشائبة مواقع استبدالية فضلاً عن اتخاذه مواقع بينيه مما يؤدي الى نقصان درجة التبلور ونقصان حجم البلوريات وبهذا تزداد المسافة بين المستويات البلورية ( $d_{hkl}$ ) ونقصان ( $2\theta$ ) ومعظم ذرات

الانديوم تقع بالقرب من الحدود الحبيبية فلاتسمح للحبيبات بالنمو ويعني هذا ان ذرات الشائبة يمكن ان تمارس قوة السحب على حدود الحبيبات والنمو الحبيبي فلماذا يقل حجم البلوريات .  
وتم حساب عامل التشكيل ( $T_{hkl}$ ) وفق العلاقة (٤) [10].

$$T_{C(hkl)} = \frac{I_{(hkl)}/I_{o(hkl)}}{\frac{1}{M_o} \sum I_{(hkl)}/I_{o(hkl)}} \text{-----} (٤)$$

$M_o$  - عدد القمم في نمط حيود الاشعة السينية .  
 $I_{hkl}$  - الشدة المقاسة .  
 $I_{o(hkl)}$  - الشدة المقاسة في البطاقة القياسية (JCPDS).

حيث يمثل الاتجاه السائد لمستوى التبلور ( $hkl$ ) في الاغشية متعددة التبلور، ووجد ان قيم عامل التشكيل ( $T_{hkl}$ ) للاغشية غير المشوبة ( $ZnO$ ) للمستوي (101) والاغشية المشوبة وبنسب مختلفة ( $ZnO:In$ ) للمستوي (101,002) اكبر من واحد كما هو موضح بالجدول (4).

الجدول (4) يمثل مقدار معدل حجم البلوريات ( $D_{av}$ ) وعلاقتها بعرض المنحني لمنتصف الذروة العظمى ( $FWHM$ ) وقيم عامل التشكيل ( $T_{hkl}$ ) لأوكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة.

Sample	$\theta$ (degree)	FWHM(rad)	$D_{av}$ (nm)	$T_C$ (hkl)	hkl
ZnO (pure)	18.0625	0.0039	37.3	1.4714	101
ZnO:In (1%)	18.0200	0.0111	13.0	1.0575	101
ZnO:In (3%)	18.000	0.0135	10.8	1.6665	101
ZnO:In (5%)	17.0794	0.0160	9.0	1.2824	002
ZnO:In (7%)	17.0618	0.0169	8.5	1.0842	002

تم حساب المطاوعة المايكروية ( $S$ ) من العلاقة (٥) [8] .

$$S = \left[ \frac{C_0 - C_{XRD}}{C_0} \right] \times 100\% \text{.....} (5)$$

$C_0$ : قيمة ثابت الشبكة في بطاقة (JCPDS) .  
 $C_{XRD}$ : القيمة المحسوبة لثابت الشبكة من (XRD).

ولوحظ ان المطاوعة المايكروية تتغير بتغير نسب التشويب للغشاء وذلك بسبب تشوهات الشبكة مع زيادة الاجهادات المايكروية والنتيجة من عملية التشويب ، كما موضح بالجدول (٥).  
وايضا تم حساب كثافة الانخلاعات ( $\delta$ ) من العلاقة (٦) [11] .

$$\delta = \frac{1}{D_{av}^2} \text{-----} (٦)$$

ولوحظ ان قيمة كثافة الانخلاعات للأغشية المشوبة تزداد مع زيادة نسب التشويب مقارنة مع قيمتها في الاغشية غير المشوبة لان كثافة الانخلاعات تتناسب عكسيا مع مربع معدل حجم البلوريات، وتمثل كثافة الانخلاعات هي احدى العيوب التركيبية ويتم التخلص منها بواسطة الحرارة (تلاين الاغشية) والجدول (5) يوضح قيم كثافة الانخلاعات للأغشية المحضرة كافة. وايضا تم حساب عدد البلوريات لوحدة المساحة ( $N_0$ ) من العلاقة (7) [12].

$$N_0 = \frac{t}{D_{av}^3} \quad \text{----- (7)}$$

**t - سمك الغشاء الرقيق .**

حيث لوحظ ان عدد البلوريات تزداد مع زيادة نسب التشويب وذلك لكونها تتناسب عكسياً مع مكعب معدل حجم البلوريات كما هو موضح في جدول (5).

الجدول (5) قيم (المطووعة المايكروية ، كثافة الانخلاعات ، عدد البلوريات لوحدة المساحة) لأغشية اوكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة.

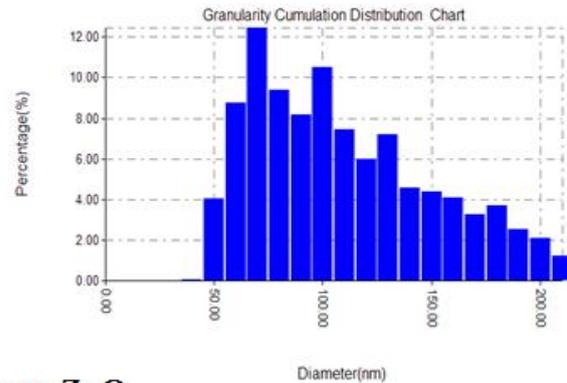
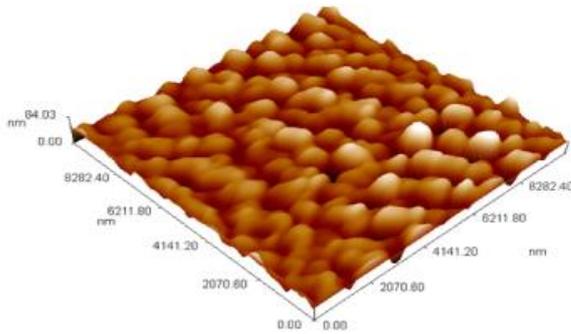
Sample	Microstrain (S)	Dislocation Density ( $\delta$ ) $\times 10^{11} / \text{cm}^2$	Number of crystallites/Area ( $N_0$ ) $\times 10^{12} / \text{cm}^2$
ZnO (pure)	0.1670	0.7187	0.6744
ZnO:In (1%)	0.2172	5.9171	15.9308
ZnO:In (3%)	0.7624	8.5733	27.7841
ZnO:In (5%)	0.7471	12.3456	48.0109
ZnO:In (7%)	0.8470	13.8408	56.9916

لدراسة طوبوغرافية سطوح الاغشية المحضرة المشوبة وغير المشوبة ومعرفة مدى تأثير التشويب فيها تم استخدام مجهر القوة الذرية (AFM) وذي قدرة تصوير وتحليل هذه الصور واعطاء قيم احصائية في غاية الدقة عن معدل الحبيبات وتوزيعها ، وايضا قيم خشونة السطح (Roughness) ، بالاعتماد على الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة (RMS) (Root Mean Square) ، وقد اظهرت صور ونتائج (AFM) من خلال تحليل القياسات ، ان عملية التشويب بالانديوم تؤثر بشكل واضح على طوبوغرافية السطوح المحضرة ، اذا يتضح من عملية المسح بالابعاد  $(10 \times 10) \mu\text{m}^2$  لتراكيب السطوح غير المشوبة و المشوبة ولنسب التشويب كافة تكون الحبيبات ذات سطوح متجانسة اكثر مع نقصان قيم الخشونة (Roughness) كما هو موضح في جدول (6) . الشكل (2) يوضح صور لاسطح اغشية اوكسيد الخارصين غير المشوبة والمشوبة بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة. ومن ملاحظة الصور ونتائج (RMS) نستنتج

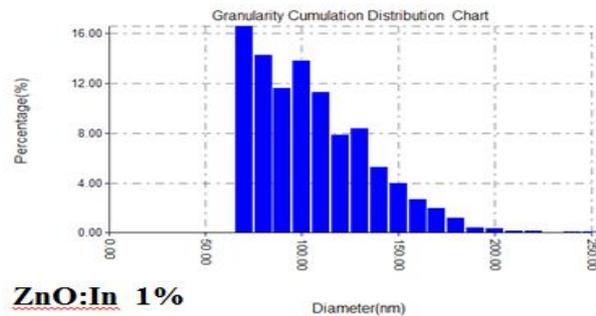
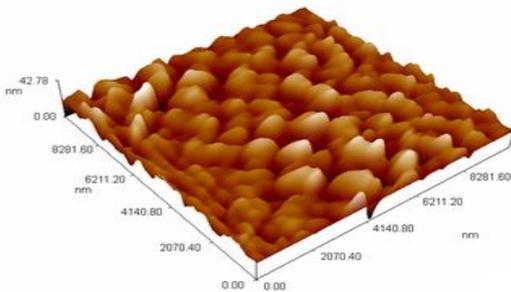
ظهور بعض التراكيب النانوية للاغشية المشوبة وايضاً نرى هناك توافقاً في سلوك حيود الاشعة السينية المتضمنة حساب معدل حجم البلوريات.

جدول (٦) قيم خشونة السطوح وقيم الجذر التربيعي لمربع متوسط الخشونة وقيم معدل الحجم الحبيبي لأوكسيد الخارصين غير المشوبه والمشوبه بالانديوم حسب قياس (AFM) وبنسب تشويب مختلفة.

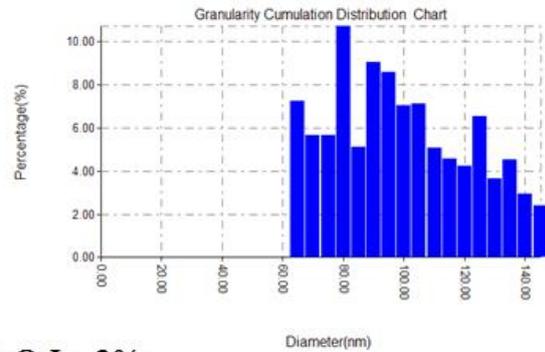
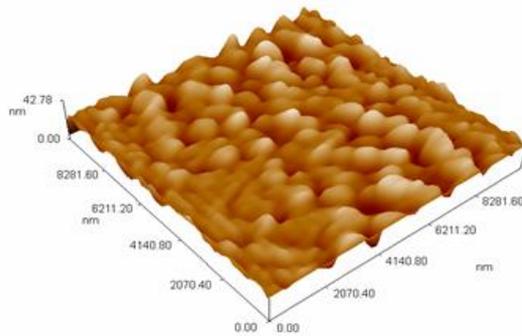
Sample	Avg.Diameter (nm)	Surface Roughness (nm)	RMS (nm)
ZnO(pure)	104.57	9.89	12.8
ZnO:In (1%)	100.66	4.31	5.68
ZnO:In (3%)	96.86	3.27	4.33
ZnO:In (5%)	90.66	9.72	12.7
ZnO:In (7%)	87.99	9.32	12.1



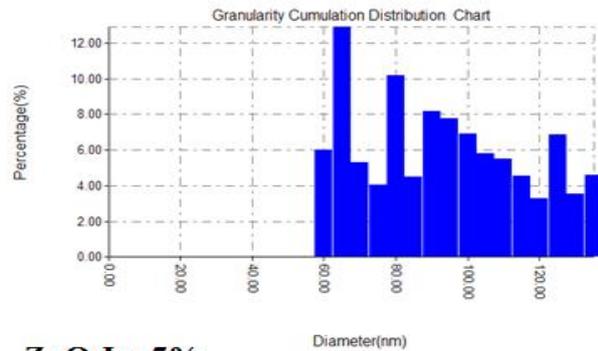
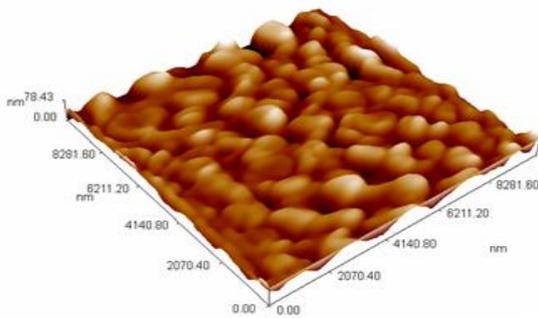
**Pure ZnO**



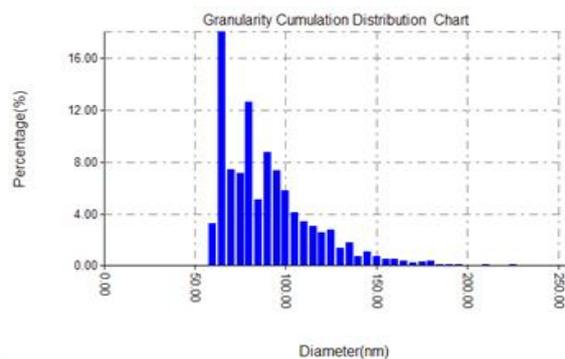
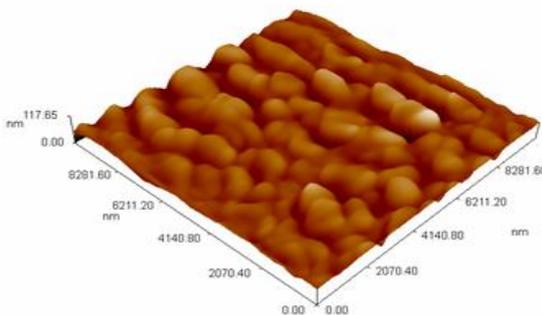
**ZnO:In 1%**



**ZnO:In 3%**



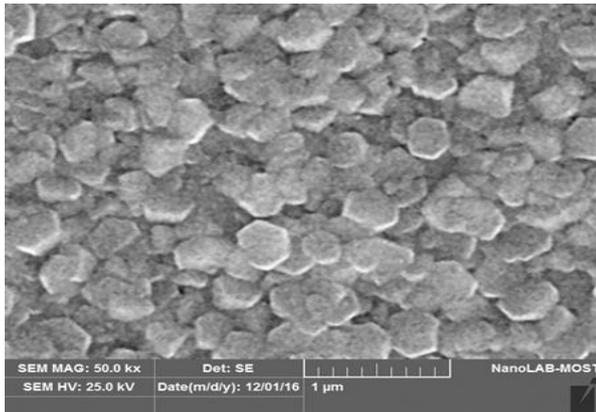
**ZnO:In 5%**



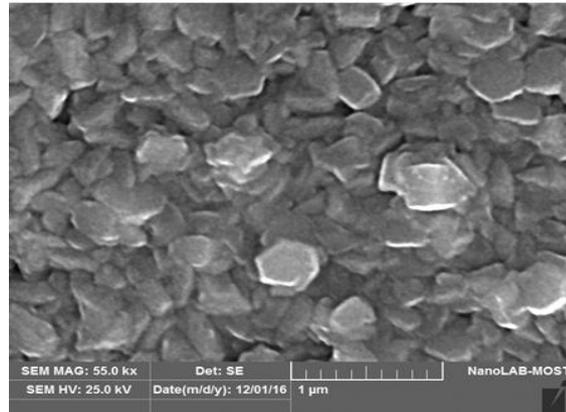
**ZnO:In 7%**

الشكل (٢) صور تراكيب السطوح للاغشية اوكسيد الخارصين غير المشوبه والمشوبه بالانديوم وبنسب تشويب مختلفة بتقنية AFM.

الشكل (٣) يبين صورة ونتائج تحليلات قياسات (SEM) و تأثير التشويب بالانديوم بنسبة (5%) والمرسبة على قاعدة زجاجية وبدرجة حرارة (400 ° C) ، لوحظ من الشكل وجود عدد كبير من الحبيبات على سطح الغشاء وبتوزيع منتظم على القاعدة وذات شكل سداسي في اغلب الاحيان، وهذا يتفق مع الباحث Biswal وجماعته [13].



**pure ZnO**



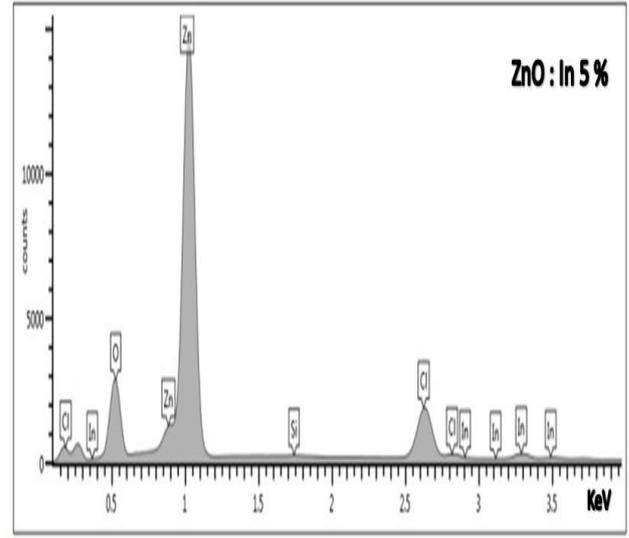
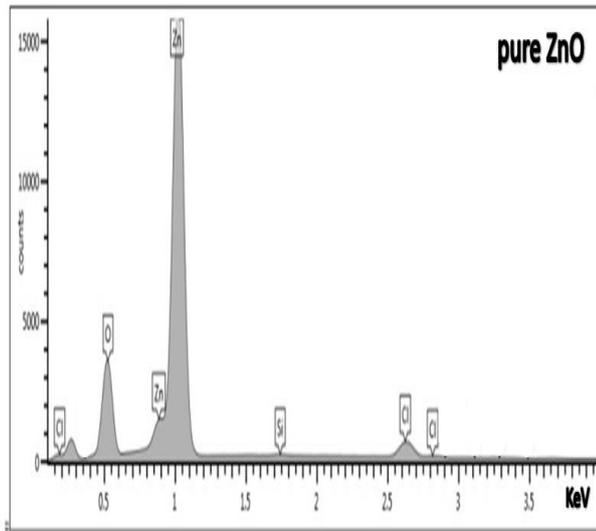
**ZnO : In 5%**

الشكل (٣) صورة غشاء (ZnO) غير المشويه والمشويه بـ(In) وبنسبة تشويب (5%) باستخدام طريقة (SEM).

استخدمت تقنية (EDS) لدراسة نوعية ونسب المواد الداخلة في تركيب الاغشية المحضرة كما هو موضح في الشكل (4) حيث يبين الشكل نوعية المواد الداخلة وهي (Zn, In) اضافة لوجود الاوكسجين وعناصر مادة القاعدة (الزجاج) ، والجدول (7) يوضح نسب المواد الداخلة ، ومن خلال معرفة نسبة الخارصين الى الاوكسجين للغشاء وهي اكثر من (80% ) دليل واضح على التوصيلية العالية لغشاء (ZnO) وتقل هذه النسبة عند التشويب بنسبة (5%) لكون الكترولونات تكافؤ الخارصين تنقيد بوجود الاوكسجين فكلما ازدادت نسبة الخارصين امام الاوكسجين زادت التوصيلية وبالعكس ، والملاحظ عند التشويب بمادة الانديوم سوف يحصل تخلل بالنسبة المئوية للخارصين امام نسبة الاوكسجين وقد يكون سبب ذلك هو تفاعل الخارصين مع الانديوم بوجود الاوكسجين [14].

الجدول (٧) يبين علاقه النسب المئوية لتركيز العناصر الداخلة لتركيب غشاء (ZnO) غير المشوب والمشوب بـ (ZnO : In 5%) باستخدام تقنيته (EDS).

Sample	Zn %	In %	O %	Si %	Cl %
Pure ZnO	82.18	—	13.48	0.20	4.14
ZnO : In 5%	70.34	5.77	12.00	0.10	11.79



الشكل (4) نسب ونوعية العناصر الداخلة في تركيب غشاء (ZnO) غير المشوبه والمشوبه بـ(In) وبنسبة (5%) باستخدام طريقة (EDS).

#### الاستنتاجات :-

- 1- اظهرت نتائج حيود الاشعة السينية لاغشية اوكسيد الخارصين (ZnO) غير المشوبه والمشوبه بالانديوم (ZnO:In) وبنسب تشويب (1,3,5,7)% والمرسبة على قواعد زجاجية وبدرجة حرارة (400 °C) ان كافة الاغشية المحضرة متعددة التبلور ومن النوع السداسي .
- 2- الاتجاه السائد لاغشية اوكسيد الخارصين غير المشوبه هو (101) والمشوبه بالانديوم بنسبة (1,3)% هو (101) اما بزيادة نسبة التشويب يحدث انقلاب في الطور فيصبح الاتجاه السائد عند نسبة التشويب (7,5)% هو (002).
- 3- من خلال نتائج مجهر القوة الذرية (AFM) تبين ان مقدار خشونة السطح تقل مع زيادة نسبة التشويب بالانديوم.
- 4- من خلال تحليلات وقياسات (SEM) اثبتت ان الاغشية المحضرة كافة ذات تركيب سداسي.
- 5- من خلال فحوصات (EDS) اوضحت نوعية ونسب العناصر الداخلة في تركيب الاغشية المحضرة كافة .
- 6- ظهور تراكيب نانوية عند التشويب بالانديوم .

المصادر :-

- 1- K.L.Chopra, "**Thin Film Devices Application**", Plenum Press, New York, 1983 .
- 2- A.S. Filonov I.V. Yaminsky "**Scanning Probe Microscopy Image Processing Software User,s Manual FemtoScan**" Moscow. Advanced Technologies Center, (2009).
- 3- G.Machadoa, D.N.Guerra, D.Leinenb, J.R.Ramos-Barradob,R.E.Marottia,\* , E.A.Dalchielea"**Indium doped zinc oxide thin films obtained by electrodeposition**" Universidad de Ma laga, E29071 Ma laga , Spain (2005) p 124.
- 4- E.Vitoratos, S.Sakkopoulos, Ch.Anestis, J.Splliotopoulos, K.Govender D.C Conductivity of Transparent Conductive ZnO:Al Films in the "**Temperature Range 80-360K**" Proceeding of conference on solid state ionics-Transport properties, Patras, Greece, Sept.14-18, (2005).
- 5-Mejda Ajili,Neila Jebbari,Najoua Kamoun Turki,Michel Castagne,"**Study of physical properties of aluminum doped ZnO sprayed thin layers**",International Renewable Energy Congress November 5-7(2010) 305.
- 6-AVan der drift "**evolutionary Selection, aprinciple govering growth orientation in vapor- deposited layers**" Philips Res, Rep (1968) ,p (267).
- 7- Y. Sirotin and M. Shaskolskya, "**Fundamental of Crystal Physics**", Mir Pub., Moscow (1982).
- 8- B.D. Cullity, S.R. Stock, "**Elements of X-Ray Diffraction**" 3nd ed. ,Prentice Hall, New York,( 2001).
- 9- S.Ilican\*, Y.Caglar, M.Caglar, B.Demirci " **Polycrystalline Indium-doped ZnO thin films preparation and characterization**" Optoelectronics And Advanced Materials ,**10**, (2008), p.2592.
- 10- P.S. Shinde, S.M. Pawar, A.V. Moholkar, C.H. Bhosale, and K.Y. Rajpure, "**Physical properties of transparent and conducting sprayed fluorine doped zinc oxide thin films**", Solid State Sciences, **10** (2008) 1214.

11- S. Ilican, Y. Caglar, M. Caglar, and F. Yakuphanoglu, "**Structural, optical and electrical properties of F-doped ZnO nanorod semiconductor thin films deposited by sol-gel process**", Applied Surface Science, **255**(2008)2353.

12- Li-Wei Wang, Zheng Xu, Li-Jian Meng, Teixeira Vasco, Shi-Geng Song, Xu-Rong Xu, "**Influence of concentration of vanadium in zinc oxide on structural and optical properties with lower concentration**", Chin. phys. lett. **26**(2009) 77801.

13- Rajesh Biswal 1,\* , Arturo Maldonado 1, Jaime Vega-Pérez 2, Dwight Roberto Acosta 3 and María De La Luz Olvera "**Indium Doped Zinc Oxide Thin Films Deposited by Ultrasonic Chemical Spray Technique, Starting from Zinc Acetylacetonate and Indium Chloride**" Instituto Politécnico Nacional, Sección de Electrónica del Estado Sólido, Código Postal 07360,(2014).

14- Julio Aranovich , Armando Ortiz "**Optical and electrical properties of ZnO films prepared by spray pyrolysis for solarcell application**" J . Vac . Sci . Tech, **16** (1979) 944.