

## أغشيه ثاني أوكسيد القصدير $\text{SnO}_2$ النانويه الرقيقه المحضره بخطوهه واحدة بسيطة بواسطه فرن المايكرويف وأستخدامها كمتحسس لغاز الأمونيا)

فراص كامل محمد العصفور  
قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة كربلاء، العراق  
تاريخ الاستلام: 5 / 10 / 2016  
تاريخ قبول النشر: 29 / 7 / 2016

### Abstract

For the first time, tin dioxide ( $\text{SnO}_2$ ) have been one-step synthesized as thin films by microwave method and used as gas sensor. These films were characterized using X-ray diffraction (XRD) and field emission scanning electron microscopy (FESEM) to study their crystal structure and morphology. The X-ray diffraction study confirm that all the synthesized  $\text{SnO}_2$  thin films have tetragonal cassiterite structure, with lattice constants ( $a = b = 4.738\text{\AA}$  and  $c = 3.187\text{\AA}$ ). The FESEM images shows that the surface morphology of the samples were homogeneous and have regular grain distribution. The sensing performance of  $\text{SnO}_2$  thin films were examined under the presence of ammonia ( $\text{NH}_3$ ) gas. The experiments were conducted in a wide range of operating temperatures (300–500)°C. The performance of the sensor prepared at (70%) microwave power exhibited the highest sensitivity of (5.44) when exposure to (1000) ppm  $\text{NH}_3$  at (350) °C. The lowest response time achieved by the  $\text{SnO}_2$  nanoparticles prepared in (70%) microwave power was (18) s against (100) ppm ammonia. These results indicated that a modification in the morphology of sensing device may strongly affect the sensitivity and optimum operating temperature as well as the respond time.

### Key words

microwave power, ammonia, tin dioxide, gas sensor

## حالياً يحاول العلماء بالتحكم بالمورفولوجيا والتراكيب

أن ازيداد الحاجه الى الكشف المبكر عن تسرب الغازات البلوري لأكسيد المعادن عند تحضيرها لتحسين ادائها [5]. لقد كرس الباحثين الكثير من جهودهم لتحسين متساو في المنازل أو المصانع دفع الباحثون للأهتمام بتطوير جسيمات ثاني أوكسيد القصدير<sub>2</sub> SnO<sub>2</sub> النانوية وتحويتها متخصصات الغاز تكون ذات كفاءة عاليه وكلفة زهيدة. وقد تكون هذه الغازات إما قابله للاشتعال Combustible (gas) والتي يكشف عنها باستخدام تقنيات العامل المساعد أو الاشعه تحت الحمراء. أو قد تكون غازات سامة Toxic (gas) يكشف عنها بالطرق الاكتروكيميائيه او باستخدام أكسيد المعادن شبه الموصله [1]. إن متحسسات الغازات المصنعة من أشباه الموصلات و تحديداً أكسيد المعادن (على سبيل المثال، SnO<sub>2</sub> ، ZnO ، In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ، WO<sub>3</sub> ، TiO<sub>2</sub>) تمتاز بالعديد من المزايا منها صغر الحجم، والحساسية العالية وإمكانية الترسيب على مختلف الركائز كما وتعد ذات تكلفة زهيدة [2]. إن اعتماد المقاومة الكهربائية على الحدود الحبيبية (grain boundary) في المتحسسات يؤدي إلى تأثير أدائها بالحجم [3]. لذا فقد ركز العلماء والباحثين جهودهم في السنوات الأخيرة على تحضير المواد بأبعاد النانومتر و تطوير استخدام هذه المواد في مختلف التطبيقات وذلك لكونها مواد ذات مواصفات مميزة. من بين هذه المواد هو ثاني أوكسيد القصدير<sub>2</sub> SnO<sub>2</sub> وهو مادة شبه موصلة ذو فجوة طاقة واسعة النطاق V.e. (3.6.). وقد تم استخدامه بشكل كبير كمتحسس للغازات كونه ذو حساسية عالية تجاه أنواع مختلفة من الغازات [4]. ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على أداء المتحسسات هو زيادة المساحة السطحية للطبقة الفعالة أذ أهتم العديد من الباحثين بتحضير مواد بلورية ذات مساحة سطحية كبيرة، حيث تكون خصائص وأنشطة المواد البلورية حساسة جدا على سطح التراكيب الذرية و خاصة في التطبيقات التي تشمل على تفاعلات سطحية الماء متزوع الأيونات (DIW) كل على حدة للحصول مثل متحسسات الغازات والخلايا الشمسية. فلهذا السبب على تركيز 1 M. تخلط جميع المحاليل مع التحرير المستمر

## 1. المقدمة

لأول مرة، ثاني أوكسيد القصدير (SnO<sub>2</sub>) تم تحضيره بخطوة واحدة كأغشية رقيقة بطريقة المايكرويف ومن ثم مستخدم كمتحسس للغازات. لقد تم فحص هذه الأغشية باستخدام حيود الأشعة السينية والمجهر الإلكتروني الماسح ذات الأنبعاث المجلبي لدراسة تركيبها البلوري و مورفولوجيا سطحها. أن دراسة حيود الأشعة السينية أكدت أن جميع الأغشية الرقيقة لها تركيب رباعي الزوايا (tetragonal) SnO<sub>2</sub> المحضرة مع ثوابت الشبيكة البلورية (a = 4.738 Å و c = 3.187 Å). لقد أوضحت صور المجهر الإلكتروني بأن سطوح العينات متجانسة و ذات توزيع حبيبي منتظم. تم فحص أداء الأغشية الرقيقة من SnO<sub>2</sub> للتحسس بوجود غاز الأمونيا (NH<sub>3</sub>) تحت مدى واسع من درجات حرارة التشغيل (300 - 500) درجة مئوية. أن أداء أجهزة التحسس التي أعدت في (70%) من قدرة المايكرويف قد أبدت أعلى حساسية وهي (5.44) عند التعرض إلى (1000) جزء في المليون من غاز NH<sub>3</sub> عند (350) درجة مئوية. وكان أقل زمن مستغرق للأستجابة لغاز الأمونيا بتركيز (100) جزء في المليون بواسطة SnO<sub>2</sub> والتي حضرت في (70%) من قدرة المايكرويف هو (18) ثانية. وأشارت هذه النتائج إلى أن التغير في المورفولوجيا للعينات قد تؤثر بشدة على الحساسية، درجة حرارة التشغيل المثل وزمن الاستجابة.

## الكلمات المفتاحية

طاقة المايكرويف، أمونيا، ثاني أوكسيد القصدير، المتحسس الغازي

## 2. الجزء العملي

### 2.1. طريقة التحضير

تمت عملية تحضير أغشية ثاني أوكسيد القصدير<sub>2</sub> SnO<sub>2</sub> باستخدام فرن المايكرويف كمصدر حراري ذو مواصفات Sharp model R-369T (1100) W. ويتم التحضير أولاًً بإعداد المحاليل المائية لكل من كلوريد القصدير المائي (SnCl<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O) وسترات الصوديوم (Trisodium citrate, Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>) و بورهيدريد الصوديوم NaBH<sub>4</sub>. وقد جهزت هذه المواد بنقاوة عالية (99.9%) من شركة سيكا (Sigma). تم إذابة كل من هذه المواد في 110 ml من الماء متزوع الأيونات (DIW) كل على حدة للحصول على تركيز 1 M. تخلط جميع المحاليل مع التحرير المستمر

الشكل (3) يبين دراسة سطح العينات بواسطة المجهر (100) للمرة نفسها (هواء-أمونيا) ثم يطرد الأمونيا بتمرير الهواء مجدداً (أمونيا - هواء). وتكرر العملية ثلاثة مرات ويتم ذلك في حجرة الأختبار لمدة زمنية مقدارها (300s). ذات توزيع حبيبي منتظم ومتجانس حيث أن هناك طبقة خفيفة من  $\text{SnO}_2$  تغطي الركيزة بالكامل تعلوها وينسب وقت الاستجابة والاستعادة (response and recovery time) على أساس مقدار الوقت الذي يستغرقه تراكيب نمت مكونة أشكال متباينة. يوضح مسح العينة المتتحسين لتحقق (90%) من التغيير الكلي للمقاومة عند طبقة رقيقة من ( $\text{SnO}_2$  thin film) على أساس مقدار الوقت الذي يستغرقه دخول الغاز وعند خروجه.

3. النتائج والمناقشة  
1.3. الخواص التركيبية

يُبين حيد الأشعة السينية للعينات في الشكل (2) باستخدام طاقة مايكروف عالية كالعينة (Sn70%) فقد نَمت فوق  $\text{SnO}_2$  thin film شبكة متفرعة ذات نهايات بأن الطيف المنعكس عنها مطابق لثاني أوكسيد القصدير  $\text{SnO}_2$  النقى. الشبكة البلورية رباعية الأوجه ذات طور الكاسترایت رباعي الزوايا (Tetragonal Cassiterite) تتطابق التائج التي تم الحصول عليها من بطاقة التصاريض السطحية تؤثر بشكل كبير على أداء هذه العينات كمتحسن للغاز، حيث إن تفاعل العينة مع الغاز يعتمد على مساحة الجزء المعرض للغاز بالنسبة للحجم الكلي للعينة (surface to volume ratio).

### 2.3. أداء متحسنات الغاز

للتتحقق ومقارنة خصائص  $\text{SnO}_2$  كمتحسن لغاز  $\text{NH}_3$  يجرب أولاً تحديد درجة حرارة التشغيل المثلث وكما مُبين في الشكل (4). لقد تم اختبار سلوك العينات الثلاث (Sn70%, Sn30%, Sn10%) بتركيز ثابت (1000 ppm) في درجات حرارية مختلفة (230-500°C). نلاحظ أيضاً إن زيادة قدرة الميكروف عملت على تحويل المستويات البلورية السائدة من (110) إلى (211). كذلك تم حساب الحجم البلوري للعينات المحضره وكما مدرج في الجدول (1). ونلاحظ إن الحجم البلوري يتراوح من (5-7.4) nm<sup>3</sup> وذلك نجد إن حجم البلورات المحضره في هذا البحث صغير عند مقارنته مع الأبحاث المنشورة سابقاً حيث تتراوح بين (8-10) nm<sup>3</sup>  $\text{NH}_3$  أذ تزداد الاستجابة بأرتفاع درجات الحرارة لتبلغ

بدرجة حرارة الغرفة. بعدها توضع الركائز الزجاجية المنطقه سلفاً داخل قارورة محكمة مصنوعة من التفلون، أن المنظومة مؤلفة من حجرة تم فيها الاختبارات حيث يزود الغاز المرغوب باستخدامه من أسطوانات خاصة. يُضخ الغاز من الأسطوانة ويتم التحكم بتدفق الغاز بواسطة صمامات خاصة بحيث يمكن الحصول على التركيز المطلوب بواسطة مقياس تدفق الكتلة (Mass Flow Meter). كما أن المنظومة مزودة بدائرة كهربائية خارجية لقياس ورصد التغيرات بالمقاومة الكهربائية. حيث يُستخدم لقراءة وتسجيل المقاومة عدادات رقمية ذات دقة عالية مرتبطة بالحاسوب. أن تحسن العينات بغاز الأمونيا قد درس تحت ضغط ثابت. في البدء كل العينات تُسخن بدرجة حرارة 250°C لمدة 30 دقيقة قبل التشغيل.

درست مقاومة المتحسنات للحصول على معلومات عن درجة حرارة التشغيل، الحساسيه و زمن الاستجابة. أن

القياسات تم تكرارها عدة مرات للحصول على نتائج دقيقة.

لدراسة الخواص التركيبية للعينات باستخدام تقنية حيد الأشعة السينية XRD بواسطة جهاز Bruker D8 Discover ذي هدف من نوع Cu-K $\alpha$  وذي طول موجي 1.5406 Å. وقد أستخدم برنامج X'Pert Highscore لتحليل نتائج حيد الأشعة السينية وهو برنامج مرفق مع جهاز الأشعة السينية، يقوم بتحليل النتائج أوتوماتيكياً حيث تم أعتماد المعادلة التالية لحساب حساسية العينات [10]

$$(1) S = \frac{R_a}{R_g} \quad (1)$$

أذ أن  $S$  تمثل الحساسية،  $R_a$  ترمز لمقاومة المتحسن في الهواء الجاف و  $R_g$  هي مقاومته بوجود غاز الأمونيا.

يمكن دراسة سرعة استجابة العينات للغاز عن طريق تمرير الغاز والهواء بالتناوب على العينة. أولاً يمرر الهواء الجاف النقي ثم يتم تمرير غاز الأمونيا بتركيز معين ppm لدراسة تحسن العينات بمرور غاز الأمونيا، فقد

### 2. الخواص التركيبية والمورفولوجية

تم دراسة الخواص التركيبية للعينات باستخدام تقنية حيد الأشعة السينية XRD بواسطة جهاز Bruker D8 Discover ذي هدف من نوع Cu-K $\alpha$  وذي طول موجي 1.5406 Å. وقد أستخدم برنامج X'Pert Highscore لتحليل نتائج حيد الأشعة السينية وهو برنامج مرفق مع جهاز الأشعة السينية، يقوم بتحليل النتائج أوتوماتيكياً حيث يأخذ بنظر الاعتبار إضافة عامل تصحيح الأتساع عند حساب الحجم البلوري للعينات المحضره. أما الصفات المورفولوجية فقد شخصت بواسطة المجهر الألكتروني الملاس ذو الأنبعاث المجالي FE-SEM موديل SUPRA 55VP.

### 3. اختبارات أداء متحسنات الغاز

لدراسة تحسن العينات بمرور غاز الأمونيا، فقد

إنتحال حاملات الشحنة و توفير موقع أكثر نشاطا للتفاعل مع الغاز. وهكذا فإن تحضير  $\text{SnO}_2$  بشكل نانوي متشعب أظهر إمكانيات كبيرة في تطبيقات التحسس بالغاز. وعلاوة على ذلك، فإن هذا العمل يطرح طريقة بسيطة وجديدة تمكن الباحث من السيطرة والتحكم على أشكال و تراكيب المركبات المحضررة والتي يمكن أن تطبق على المواد الأخرى من أكسيد المعادن، مثل  $\text{WO}_3$ ،  $\text{In}_2\text{O}_3$ ،  $\text{ZnO}$ ،  $\text{TiO}_2$ .

## References

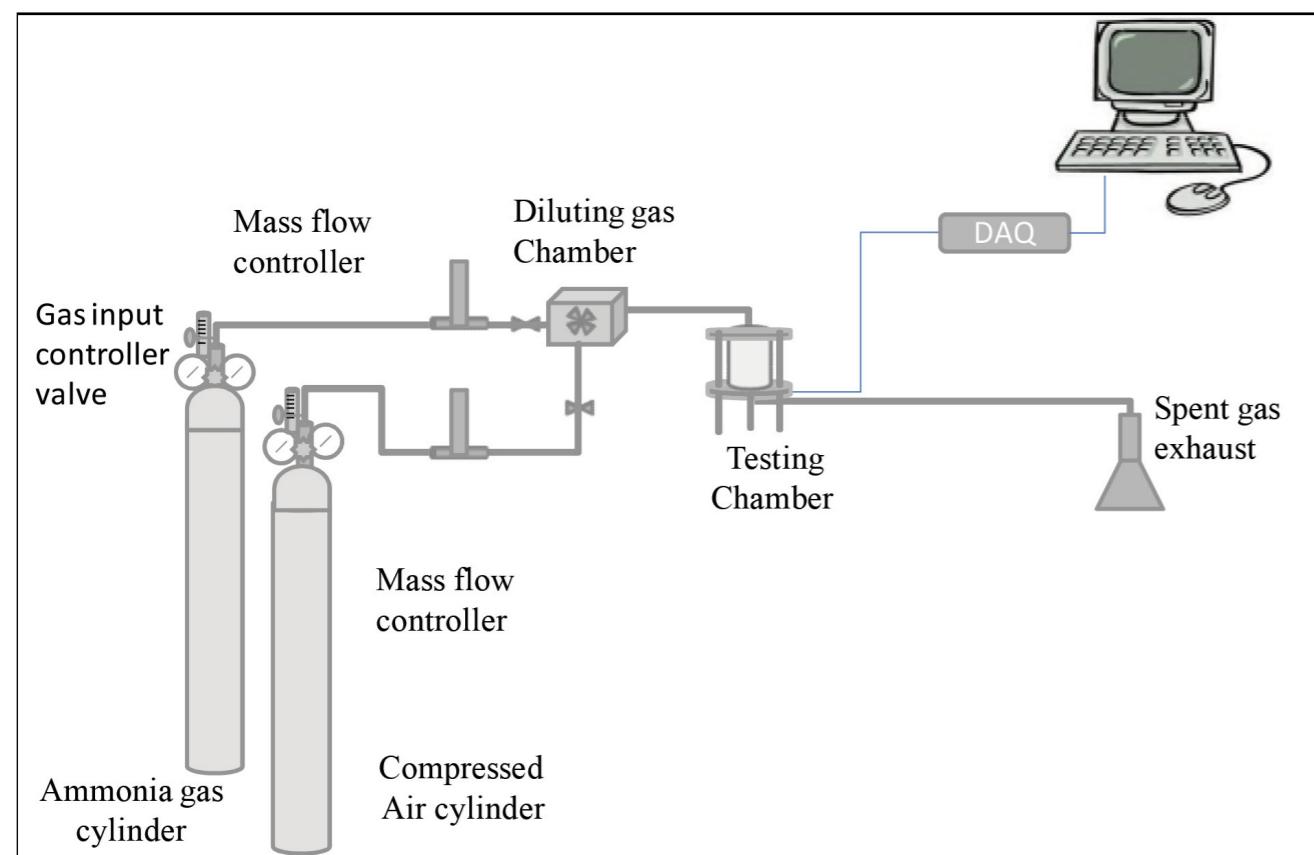
- [1] Mondal B, Meeti M, Das J, Chaudhuri C R, Saha H. Quantitative recognition of flammable and toxic gases with artificial neural network using metal oxide gas sensors in embedded platform. *Engineering Science and Technology, an International Journal.* ;18:229-34. (2015).
- [2] Wang C, Yin L, Zhang L, Xiang D, Gao R. Metal oxide gas sensors: sensitivity and influencing factors. *Sensors.* ;10:2088-106. (2010).
- [3] Yoo K, Han S, Moon H, Yoon S, Kang C. Highly sensitive  $\text{H}_2\text{S}$  sensor based on the metal-catalyzed  $\text{SnO}_2$  nanocolumns fabricated by glancing angle deposition. *Sensors.* ;15:15468-77. (2015).
- [4] Sohn J, Kim S, Kim Z, Yu Y.  $\text{H}_2\text{S}$  gas sensing properties of  $\text{SnO}_2$ :  $\text{CuO}$  thin film sensors prepared by E-beam evaporation. *Transactions on Electrical and Electronic Materials.* ;10:135-9. (2009).
- [5] Trakhtenberg L, Khatami S, Gerasimov G, Ilegbusi O. Effect of composition and

بعد تحديد درجة حرارة التشغيل المثل تم اختبار أنماط استجابة العينات لترابيز مختلفة من غاز الأمونيا  $\text{NH}_3$   $\text{Sn}30\%$ ,  $\text{Sn}10\%$  (100، 500، 1000) جزء بالمليون (ppm)، حيث تم الأختبار تحت درجة الحرارة المثل لكل منهم. من الشكل (5) تُبيّن منحنيات إستجابة العينات  $\text{Sn}30\%$ ,  $\text{Sn}10\%$  تكون عالية عند درجات هذا السلوك بأن مقاومة  $\text{SnO}_2$  تكنع المخضرة و ذلك لقلة حاملات الشحنة في حين

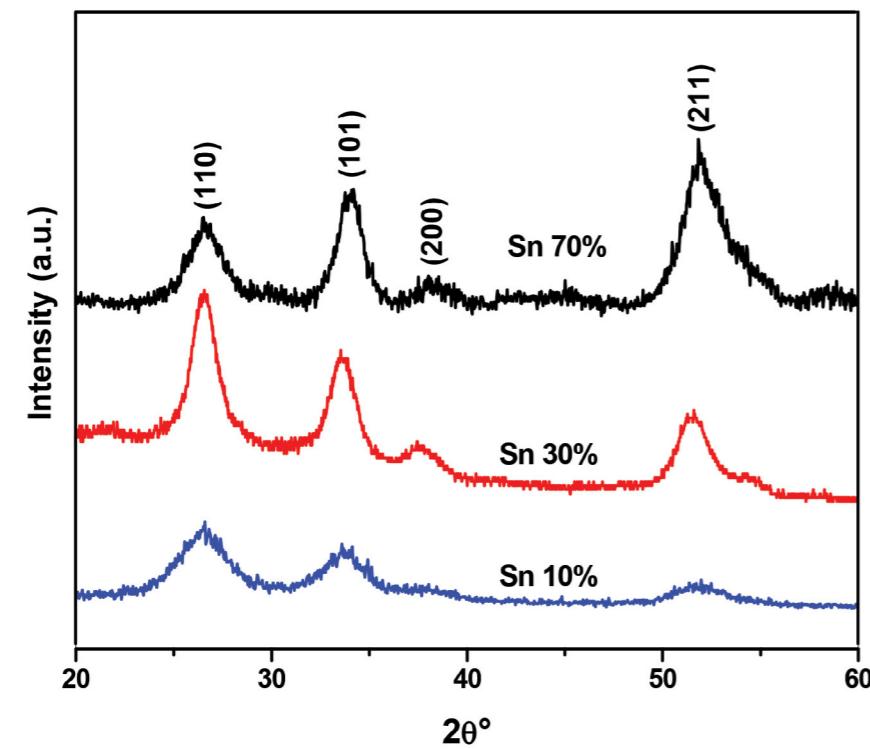
عند ارتفاع درجات الحرارة تقل هذه المقاومة بسبب أزيداد حاملات الشحنة. كذلك نلاحظ أن أداء العينات متباين أذ ان حساسية العينة  $\text{Sn}10\%$  منخفضة ولم يتجاوز (2.1)  $\text{NH}_3$   $\text{Sn}70\%$ ، زيادة الحساسية مع زيادة تركيز غاز  $\text{NH}_3$  وكما كان متوقعاً. ويمكن ملاحظة أن العينة  $\text{Sn}70\%$  لديها أعلى إستجابة إتجاه تراكيز غاز  $\text{NH}_3$  ويمكن أن يعزى هذا السلوك إلى التركيب المورفولوجي لهذه العينة مما يدل على أن الأستجابة هي ذات إعتماد مباشر على مورفولوجي العينة. وجدنا من الشكل (6) أن إستجابة العينات لغاز  $\text{NH}_3$  تبدي علاقة طردية مع تركيز الغاز.

إن لدراسة و تحديد زمن الأستجابة والأسترداد لمحاسنات الغاز أهمية كبيرة في التطبيقات العملية . الشكل (7) يُبيّن التغيير في مقاومة العينات عند التعرض لغاز  $\text{NH}_3$  بتركيز (100) جزء في المليون عند درجة الحرارة المثل لكل منها. تم حساب زمن الأستجابة للتعرض لغاز [T90%]  $\text{Sn}30\%$  (هواء-أمونيا) وكذلك حسب زمن الأسترداد [T90%]  $\text{NH}_3$  (أمونيا-هواء). من الشكل نجد أن زمن الأستجابة وأن درجة حرارة التشغيل المثل لها أقل، وذلك لزيادة كثافة وانتشار الحبيبات النانوية على سطح الركيزة والذي يؤدي إلى أزيداد تفاعلات الجسيمات مع جزيئات الغاز على السطح وكذلك فإن تقارب الحبيبات من بعضها على السطح يزيد من حاملات الشحنة وبذلك تنخفض مقاومة العينة لذلك تتحفظ درجة حرارة التشغيل. أما العينة  $\text{Sn}70\%$  فتميزت بأستجابة عالية تصل إلى (5.4) عند درجة حرارة  $\text{NH}_3$  (350) وهي أوطئ من العينات السابقة، ويعود ما يدل إنها تعمل بأداء جيد.

كما نلاحظ من الشكل رقم (7) بأن مقاومة العينات في الهواء ليست متساوية حيث أن مقاومة العينة  $\text{Sn}10\%$  أعلى من مقاومة العينة  $\text{Sn}70\%$ . أن هذا السلوك يعزى إلى تفاعل الجسيمات مع جزيئات الغاز.

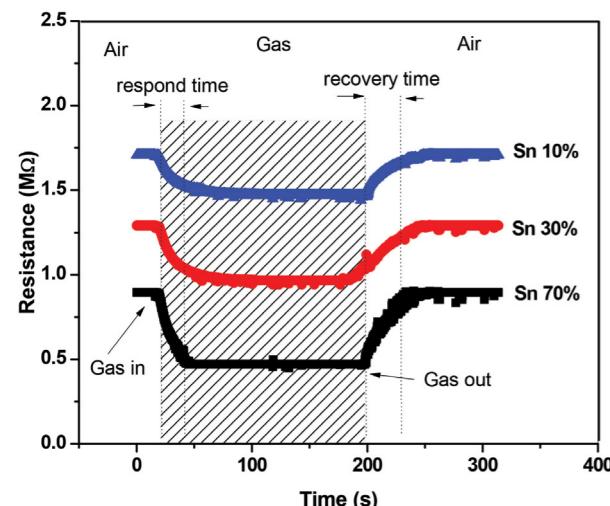


شكل (1) : خطط للمنظومة المستخدمة في دراسة اداء متحسسات الغاز.

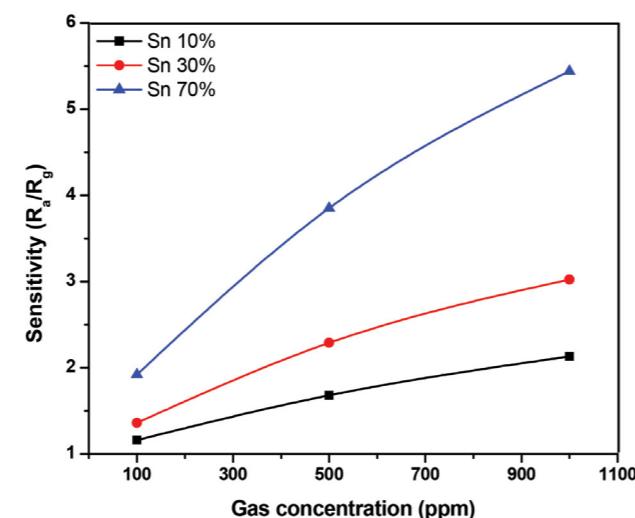


شكل (2): نمط حيود الاشعه السينية للعينات (Sn70%, Sn30%, Sn10%).

- [12] Gaspar D, Pimentel A, Mateus T, Leitao J, Soares J, Falcao B, Araújo A, Vicente A, Filonovich S, Aguas H, Martins R, Ferreira I. Influence of the layer thickness in plasmonic gold nanoparticles produced by thermal evaporation. *Scientific Reports*, ;3:1469-1474. (2013).
- [13] Naje A, Norry A, Suhail A. Preparation and characterization of  $\text{SnO}_2$  nanoparticles. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, ;2: 7068- 7072. (2013).
- [14] Wang Y, Wu X, Su Q, Li Y, Zhou Z. Ammonia-sensing characteristics of Pt and  $\text{SiO}_2$  doped  $\text{SnO}_2$  materials. *Solid-State Electronics*, ;45:347-50. (2001).
- [15] Jacob R, Thomas J, George R, Kumaran M. Comparative study on ammonia sensing properties of  $\text{SnO}_2$  nanocomposites fabricated via electrospinning and sol-gel processes. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, ;3: 599-605. (2014).
- [16] Shao F, Hernandez F, Prades D, Morante R, Lopez N. Assessment and modeling of  $\text{NH}_3$ - $\text{SnO}_2$  interactions using individual nanowires. *Procedia Engineering*, ;47:293-7. (2012).
- [17] Radecka M, Kusior A, Lacz A, Trenczek A, Lyson B, Zakrzewska K. Nanocrystalline  $\text{TiO}_2$ / $\text{SnO}_2$  composites for gas sensors. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, ; 108:1079–1084. (2012).
- morphology on sensor properties of aerosol deposited nanostructured  $\text{ZnO} + \text{In}_2\text{O}_3$  films. *Materials Sciences and Applications*, ;6:220. (2015).
- [6] Chiu H, Yeh C. Hydrothermal synthesis of  $\text{SnO}_2$  nanoparticles and their gas-sensing of alcohol. *The Journal of Physical Chemistry C*, ;111:7256-9. (2007).
- [7] Aziz M, Abbas S, Baharom W. Size-controlled synthesis of  $\text{SnO}_2$  nanoparticles by sol-gel method. *Materials Letters*, ;91:31-4. (2013).
- [8] Li Y, Peng R, Xiu X, Zheng X, Zhang X, Zhai G. Growth of  $\text{SnO}_2$  nanoparticles via thermal evaporation method. *Superlattices and Microstructures*, ;50:511-6. (2011).
- [9] Zhang H, Wang L, Tan Z, Li Z, Wang C, Jiao Z. Preparation of  $\text{SnO}_2$  nanoparticles by hard template method for high selectivity gas sensor. *Nanoelectronics Conference (INEC)*, 3rd International: IEEE; 2010;12: 1242-3. (2010).
- [10] Tian S, Gao Y, Zeng D, Xie C. Effect of zinc doping on microstructures and gas-sensing properties of  $\text{SnO}_2$  nanocrystals. *Journal of the American Ceramic Society*, ;1: 436–442. (2012).
- [11] Shariffudin S, Salina M, Herman S. Effect of film thickness on structural, electrical, and optical properties of sol-gel deposited layer-by-layer  $\text{ZnO}$  nanoparticles. *Transactions on Electrical and Electronic Materials*, ;(13), 102-105. (2012).



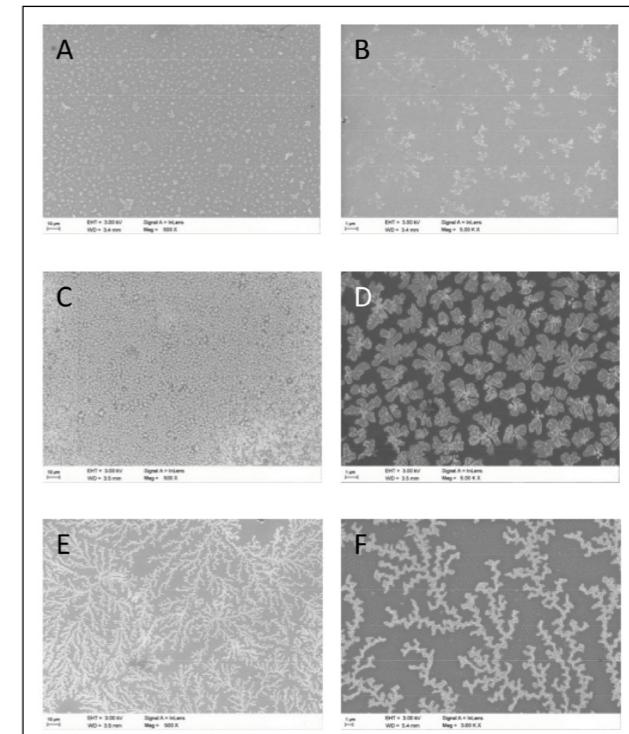
الشكل (7): زمن الاستجابة والاسترداد للعينات عند مرور غاز الأمونيا (100 ppm) من غاز الأمونيا عند درجة الحرارة المثلث لكل عينة.



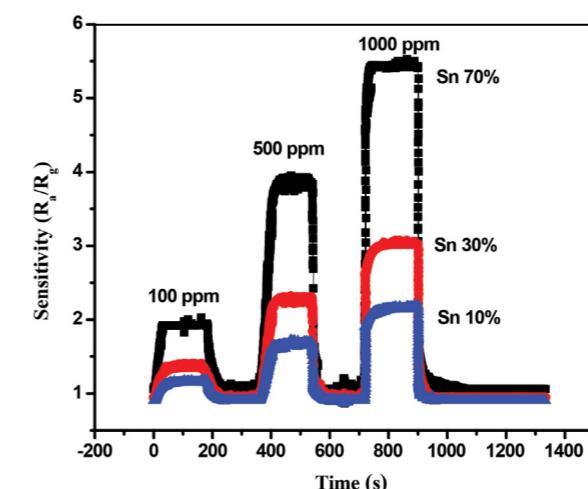
الشكل (6): إستجابة العينات لمرور غاز الأمونيا عند درجة الحرارة المثلث لكل عينة.

جدول (1): يبين نتائج تحليل حيود الأشعة السينية للعينات (Sn70%, Sn30%, Sn10%) اذ يشمل قيم زوايا الانعكاس ومعاملات ميل المسافات البينية بين السطوح العاكسة والحجم البلوري للعينات.

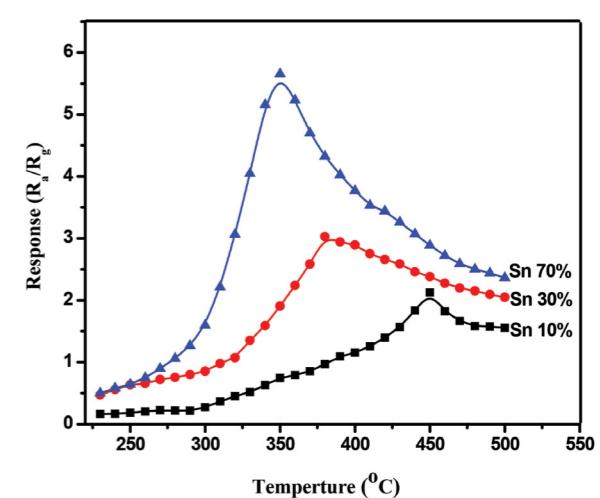
| Sample | $\Theta_2$ (degree) | (hkl) | d-spacing (Å) | fWHM $\Theta_2$ (degree) | Lattice % strain | Crystal size, D (nm) | Average Crystal size, (nm) |
|--------|---------------------|-------|---------------|--------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|
| Sn10%  | 26.446              | 110   | 3.36          | 1.417                    | 2.618            | 5.8                  | 5.8                        |
|        | 33.8                | 101   | 2.63          | 0.944                    | 1.356            | 8.8                  |                            |
|        | 51.61               | 211   | 1.76          | 3.072                    | 2.772            | 2.9                  |                            |
| Sn30%  | 26.6                | 110   | 3.34          | 1.44                     | 1.69             | 8.8                  | 7.4                        |
|        | 33.6                | 101   | 2.66          | 1.53                     | 1.53             | 7.8                  |                            |
|        | 51.5                | 211   | 1.77          | 1.53                     | 1.41             | 5.6                  |                            |
| Sn70%  | 26.34               | 110   | 3.34          | 2.16                     | 3.8              | 3.9                  | 5                          |
|        | 34                  | 101   | 2.63          | 1.44                     | 2.05             | 5.8                  |                            |
|        | 51.99               | 211   | 1.75          | 1.68                     | 1.51             | 5.3                  |                            |



شكل (3): صور المجهر الإلكتروني الماسح لثاني أوكسيد القصدير  $\text{SnO}_2$  المحضر بواسطة المايكرويف حيث (A,B) يمثلان التكبير الواطي والعالي الدقة على التوالي لمورفولوجيا العينة (Sn70%)، (C,D) (Sn 10%)، (E,F) (Sn30%) يمثل مورفولوجيا العينة (Sn70%).



الشكل (5): إستجابة العينات لمرور تراكيز متباينة من غاز الأمونيا عند درجة الحرارة المثلث لكل عينة. الشكل (4): إستجابة العينات عند تغير درجة التشغيل من 230°C إلى 500°C بوجود (1000 ppm) من غاز  $\text{NH}_3$  (تحديد درجة الحرارة المثلث).





جدول (2): يبين الحساسية و زمن الاستجابة والاسترداد للعينات (Sn70%, Sn30%, Sn10%) بالنسبة للتغير في تراكيز الغاز.

## السلوك الديناميكي لنموذج رياضي يبين تأثير البيئة على مستوى النجاح لطلبة المدارس

أحمد علي محسن

مديرية تربية بغداد الرصافة الأولى، وزارة التربية، العراق.

تاريخ الاستلام: 2016 / 4 / 30

تاريخ قبول النشر: 2016 / 8 / 8

| Sample | Sensitivity ( $R_a/R_g$ ) |         |          | Respond time (s) | Recovery time (s) |
|--------|---------------------------|---------|----------|------------------|-------------------|
|        | ppm 100                   | ppm 500 | ppm 1000 |                  |                   |
| Sn10%  | 1.16                      | 1.68    | 2.13     | 23               | 27                |
| Sn30%  | 1.36                      | 2.29    | 3.024    | 24               | 46                |
| Sn70%  | 1.92                      | 3.05    | 5.44     | 18               | 29                |

جدول (3): يبين نتائج مدرجة في الدراسات السابقة لورفولوجيا متباعدة من  $\text{SnO}_2$  وتحسسه بغاز الامونيا، بتراكيز و درجات حرارة تشغيل متباعدة.

### Abstract

There are many factors that affect on the educational process behaviors as the one of these factors is the environment in which the students live. The main objective of this paper is to study and find out the extent of the effect of the environment and interact it on the dynamic behavior of the proposed model. Assume that the student populations are divided into three levels: the first level, namely the success students, the second level the lazy students and the last level namely surrounding environment for students. The existence, uniqueness and boundedness of the solution of this model are investigated. The local and global dynamical behaviors of the model are studied. Finally, in order to confirm our obtained results and specify the effects of model's parameters on the dynamical behavior, numerical simulation of the XYV model is performed.

### Key words

Mathematical model, Local and Global Stability, Effect of Environment.

| Morphology $\text{SnO}_2$ | Response ( $R_a/R_g$ ) | NH3 concentration (ppm) | Operating temperature °C | Reference |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------|
| nanofiber                 | 1.75                   | 50-500ppm               | 225-400                  | [15]      |
| nanowire                  | 1.64                   | ppm 1000                | 250                      | [16]      |
| nanoparticle              | 1.5                    | 4500                    | 400                      | [17]      |