دراسة خواص التوصيلية الكهربائية لأغشية ثاني أوكسيد القصدير المطعمة بالأنديوم والمستخدمة كعناصر تحسس للغازات

منير هليل جدوع عباس فاضل عيسى
جامعة واسط / كلية العلوم / قسم الفيزياء

Study of electrical conductivity characteristic of tin dioxide films doped with Indium used as gas sensing elements

Muneer H. J. & Abbas F. Essa - University of Wassit- College of Science

Abstract:

The electrical conductivity properties were studying characteristics of SnO_2:In_2O_3 thin films, prepared by thermal evaporation method by Magnetron Sputtering Technology with high quality. Optimal conditions for obtaining thin film with maximum gas sensitivity where revealed. During the results of this study was clear that the maximum sensitive degree for doped tin dioxide thin film by Indium at a temperature less than undoped tin dioxide thin films. Sensitivity values were studied for samples with the power of function $\delta \sim AP^{\beta}$, where found the value of β decreases from 0.88 for the SnO_2 films to 0.32 for the doped films with indium.

الخلاصة:

تمت دراسة خواص التوصيلية الكهربائية لأغشية SnO_2 :In_2O_3 المحضرة بتقاوة عالية بطريقة التبخير الحراري بوساطة تقنية Magnetron Sputtering Technology تحت شروط حصلنا من خلالها على أغشية ذات درجة تحسس عالية للغازات. أكدت النتائج أن أغشية ثاني اوكسيد القصدير المطعمة بوساطة الانديوم تمتلك درجة تحسس عالية عند درجة

حرارة اقل من الأغشية غير المطعمة.من دراسة قيم التحسس للنماذج مع قوة الاس للعلاقة $\delta \sim AP^{\beta}$ وجدنا فيها ان قيمة β تتناقص من 0.88 للغشاء SnO_2 الى القيمة 0.32 بالنسبة للاغشية المطعمة بالانديوم.

المقدمة:

تعد مشاكل المراقبة والتحكم في الأجواء التي تحيط بالبشر وبشكل خاص الهواء الجوي من المسائل التي شغلت ومازالت تشغل بال الكثير من العلماء لما لهذا الموضوع من أهمية كبيرة وبخاصة في الأماكن المزدحمة والمغلقة للحفاظ على سلامة الموجودين في تلك الأماكن من أخطار الاختناق بسبب الغازات السامة مثل أول اوكسيد الكاربون او الغازات المتفجرة او القابلة للانفجار وذلك من خلال قياس نسبة تركيز تلك الأبخرة والغازات الخطرة والتحكم بها والتحذير منها. حيث اخذ الاهتمام بتصنيع وتطوير المواد التي تدخل عناصر تحسس والتي هي أساس عمل متحسسات الكشف وقياس الغازات يتطور بشكل كبير من خلال اكتشاف وتطوير الكثير من المركبات للمواد التي تدخل في تصنيعها من اجل الحصول على متحسسات ذات درجة عالية من التحسس ضد هذه الغازات أو الأبخرة وبنفس الوقت زيادة نطاق انتقائيتها لمدى واسع من الغازات وكذلك العمل على تقليل كلفة تصنيعها[1,2,3,5].

أن أغلب عناصر التحسس ذات أساس من اكاسيد المعادن على سبيل المثال $SnO_2, ZnO, TiO_2, NiO, WO_3$ [4] ، وتعد أغشية ثاني اوكسيد القصدير(SnO_2) من أكثر تلك المواد استخداما في هذا المجال لما تملكه أغشيته من حساسية عالية وسرعة استجابة مقبولة للتحسس ضد مجموعة كبيرة من الأبخرة والغازات مثل (الهيدروجين والميثان وأول اوكسيد الكاربون ..الخ). ان ثاني اوكسيد القصدير ينفرد عن باقي اكاسيد المعادن المشار إليها أعلاه والتي تستخدم كمتحسسات للغازات لما يملكه من خواص فيزيائية وكيميائية ومنها:

أولا - يعد شبه موصل من النوع السالب n-type ولذلك فان توصيليته الكهربائية تكون عالية بحسب حالته السطحية surface state ولمدى درجات حرارة (50 – 400 K) حيث تحدث تفاعلات الاكسدة والاختزال على سطح المادة.

ثانيا - سطح ثاني اوكسيد القصدير يمتلك خصائص امتزاز (امتصاص) عالية لما يملكه من الكترونات حرة في حزمة التوصيل لشبه الموصل[2].

في عملنا الحالي درسنا خواص التوصيلية الكهربائية لغشاء $SnO_2:In_2O_3$ ومقارنتها مع التوصيلية الكهربائية مع غشاء SnO_2 ودراسة إمكانية استخدامه عنصر تحسس.

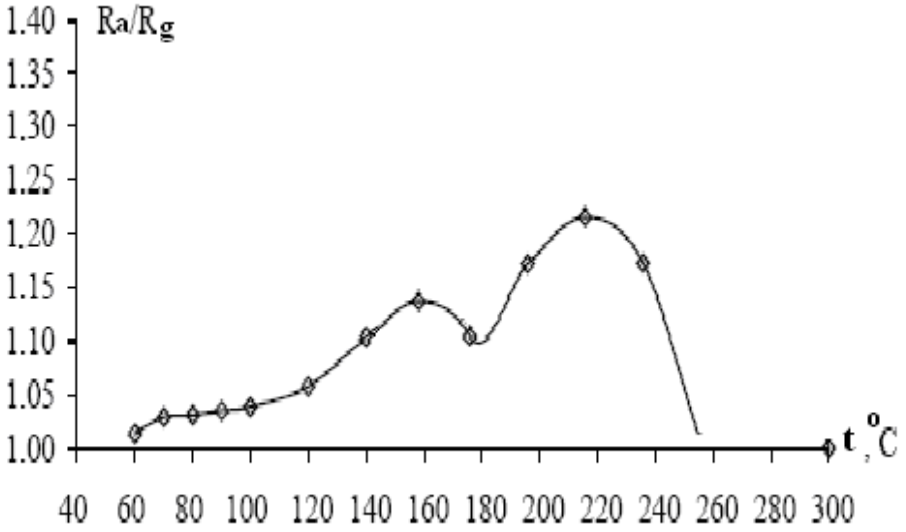
الجزء العملي:

النماذج التي استخدمت في هذا العمل حضرت بوساطة تقنية Magnetron Sputtering Technologyبنقاوة عالية بطريقة التبخير الحراري على هدف لمنظومة VOP-5Mtd في إحدى مختبرات الأغشية الرقيقة في جامعة فارونيش الحكومية في روسيا الاتحادية. في عملية التبخير الحراري استخدم المركب التالي: SnO_2,(90%)SnO_2:(10%)In_2O_3 و المركب SnO_2,(70%)SnO_2:(30%)In_2O_3 على شكل أقراص بقطر 40 mm . تم تحضير النماذج على اساس من الكوارتز بسمك 0.25

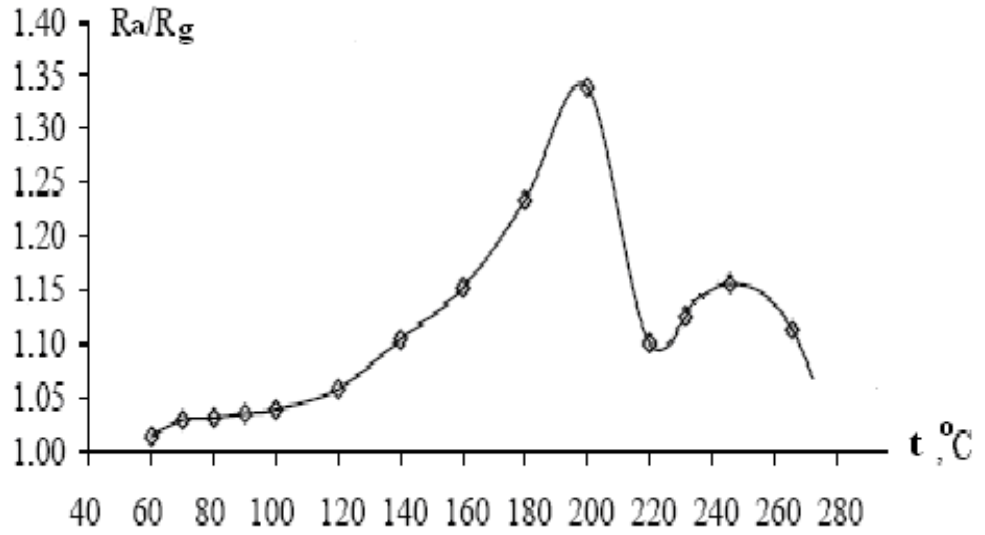
0.4 µm –. ومقاومة كهربائية سطحية(200 – 1900 Ohm/□) . تم قياس المقاومة الكهربائية للأغشية في مدى درجة حرارة (20 – 400 °C) بطريقة الأقطاب الأربعة[1].

النتائج والمناقشة:

درجة التحسس للنموذج S تحت تأثير الغازات المدروسة (الايثانول، الأسيتون) تم تحديد ما بالعلاقة $S=R_a/R_g$ حيث R_a تمثل مقاومة الغشاء في الهواء و R_g تمثل مقاومة الغشاء عند وجود الغاز المدروس. الشكل (١) يوضح العلاقة بين تغير المقاومة الكهربائية (درجة التحسس S) للنماذج المدروسة عند مدى واسع من درجات الحرارة، النتائج تشيرالى إن نماذج أغشية SnO_2 غير المطعمة تمتلك أعلى قيمة تحسس تجاه بخار الايثانول عند درجة حرارة 220 °C ، وعند وجود بخار الأسيتون عند درجة حرارة 325°C. بينما نماذج غشاء $SnO_2:In_2O_3$ كانت تمتلك أعلى قيمة للتحسس عند وجود كل من بخار الايثانول والأسيتون عند درجة حرارة 200°C وجدنا زيادة ملحوظة في درجة التحسس لهذه النماذج كما هو مبين في الشكل (٢).



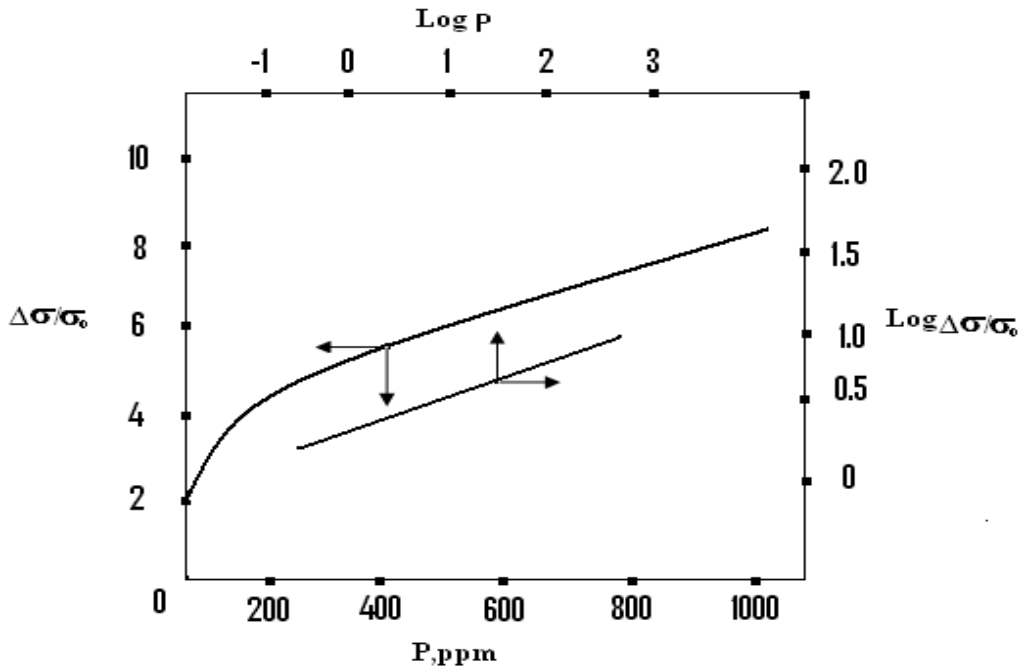
شكل (1): العلاقة بين درجة التحسس (S=Ra/Rg) لغشاء SnO_2 ودرجة الحرارة عند وجود بخار الايثانول في المحيط بتركيز 1000 ppm .



شكل (2): العلاقة بين درجة التحسس(S=Ra/Rg) لغشاء $SnO_2:In_2O_3$ ودرجة الحرارة عند وجود بخار الايثانول في المحيط بتركيز 1000 ppm .

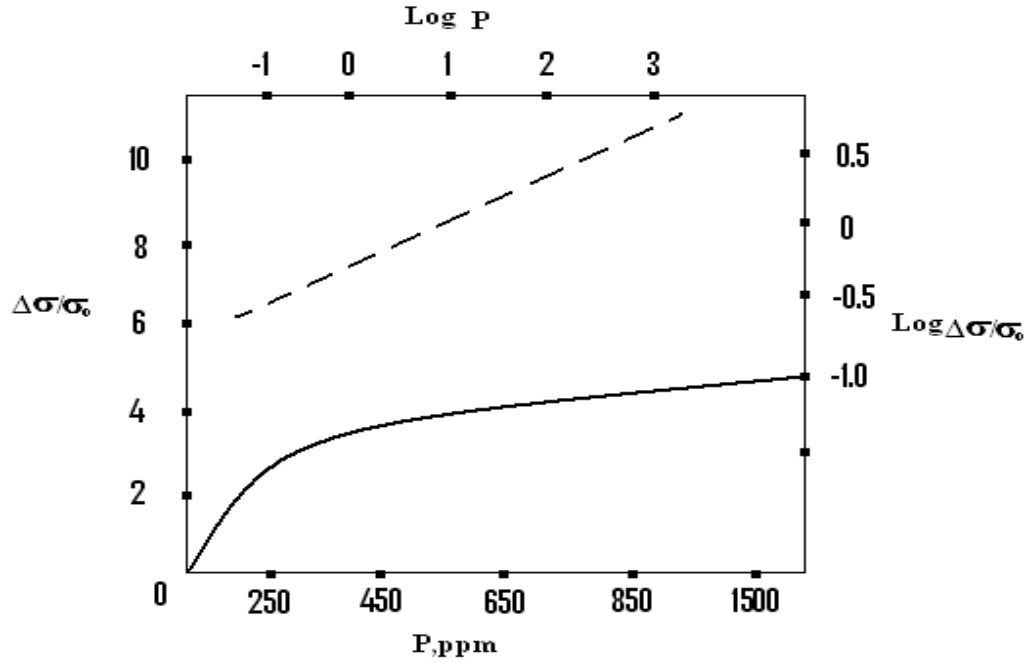
وتم حساب قيمة قوة الأس في العلاقة $\delta \sim AP^{\beta}$ التي تفسر سلوك التحسس في النماذج المدروسة موضوع بحثنا . حيث يمثل هذا الاعتماد او العلاقة سلوك عناصر التحسس للغازات ذات أساس شبه الموصل SnO_2 [4] .

ان β تمتلك قيم مختلفة. فعلى سبيل المثال ، لنماذج SnO_2 عند أعلى قيمة لدرجة التحسس S وجدنا قيمة β تساوي 0.88 عند وجود كل من بخار الايثانول والأسيتون شكل (3) ، وهذا متوافق مع نتائج McAleer واخرون [3]. في حالة إجراء بعض التغيير في تركيب السطح من خلال التطعيم باوكسيد الانديوم أي في حالة نماذج غشاء $SnO_2:In_2O_3$ فإننا سوف نلاحظ بان العلاقة بين **δ و P** سوف تتغير بشكل واضح عما كانت عليه عليه قبل التطعيم بالانديوم الشكل (4) حيث ان قيمة β تاخذ قيمة مساوية الى 0.32 عند أعلى قيمة لدرجة التحسس S عند وجود كلا الغازين (الايثانول والأسيتون).



شكل (3): العلاقة بين التغير النسبي في التوصيلية الكهربائية للأغشية الرقيقة SnO_2 و الضغط الجزيئي للايثانول بالإحداثيات الخطية واللوغارتمية.

من الواضح ان عملية التطعيم لأسطح الأغشية لن تعمل على زيادة التباين في حرارة الامتصاص في غشاء SnO_2 بل سوف يحدث تجانس على طول سطح عنصر التحسس، لكن بنفس الوقت سوف يزداد ارتفاع حاجز الطاقة الخاص لمرور التيار في الغشاء. ان نفوذ الغاز المانح(الايثانول ،الأسيتون) بين الفسح او الحدود الحبيبية لعناصر التحسس سوف يعمل على انخفاض في حاجز الطاقة. ان هكذا توزيع للتراكيب البلورية الخاص سوف يعطي إمكانية زيادة قيمة التحسس S لغشاء عنصر التحسس عند التراكيز المنخفضة للغازات حيث عند هذه الحالة فان المعامل β سوف ينخفض الى القيمة 0.32 كما هو موضح في الشكل (4).



الشكل (4): يمثل التغيرالنسبي في التوصيلية الكهربائية لعنصر التحسس SnO_2:In_2O_3 مع التغير في الضغط الجزيئي لبخار الاسيتون بالاحداثيات الخطية واللوغارتمية.

ان امتصاص او نفوذ الغازات المانحة من على سطح البلورة المتعددة SnO_2 بضغط معين من الممكن ان يعبر عنه بشكل أفضل بواسطة قانون فريندلخ Freundlich Adsorption Isotherm [3]، هذا يعني ان حرارية الامتصاص مع زيادة درجة الملء او الإشغال على سطح الغشاء تتناقص بصيغة لوغارتمية. هذه الحالة من الممكن أن تكون أساسا لكون الدالة $\delta=f(P)$ تمثل بشكل مستقيم بوساطة الإحداثيات اللوغارتمية [1,3].

المصادر:

1- Rembeza S.I., D.V. Russkih, D.Y. Kulikov, 2006, "The gas sensitivity of test structures of microelectronic gas sensors", Chemistry of Solid State and Modern Micro and Nanotechnology IV international conference, Stavrpole (Russia), P. 510

2- Myasnekov H. A., Sokharov V. Ya., Kopryanov L.U., Zavyalov S. A. 1991 ," Semiconductor sensors in physical and chemical researching :Nauka,.

3- McAleer J. 1987,/Tin dioxide gas sensors / J. McAleer, P. Moseley, J. Norris and F. Jerome // J. Chem. Soc., Faraday Trans.1. V.83. - P. 1323 - 1346.

4- Kukuev V.I., Jadua M. H. and Udalova D. M.. "Structure, electro conductance and properties of gas sensitive layers of tin dioxide" Vestnik VGTU. Ser. Materialovedenie, Iss. 1.7. , P. 51 – 54 (2000).

5- S Roy And S Basu 2002. "Improved zinc oxide film for gas sensor applications", Bull .Mater. Sci., Vol. 25, No. 6, November , PP. 513-515. Indian Academy of Sciences

(تاريخ استلام البحث).....(٢٠٠٩/٣/٣١)
(تاريخ قبول نشر البحث).....(٧ /٢٠٠٩/٧)