المجلد 5، العدد 3، 2012. ص ص. 135-147

المجلة الأردنية للفيزياء

ARTICLE

تشكيل حساس غازي من أكسيد القصدير ذي بنية نانوية يعمل بمبدأ الفعل الكهرحراري ودراسة حساسيته لبعض الغازات

محمد أنور بطل، غسان ناشد وفارس حاج جنيد
قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة حلب، سوريا.

Received on: 13/12/2011; *Accepted on: 20/5/2012*

الملخص: رسبت أفلام رقيقة من أكسيد القصدير المطعم بالحديد أو النحاس على ركائز زجاجية وعلى ركائز من أكسيد الألمنيوم المسامي المحضرة بالأكسدة المصعدية باستخدام الترسيب المشترك بطريقة الغمس (Dip Coating–SOL-GEL). طعمت الأفلام بنسبة من الحديد أو النحاس مقدارها 5 % وهي أفضل نسبة تطعيم حصلنا عليها من خلال دراسة نسب تطعيم مختلفة في أبحاث سابقة. وبعد ذلك عولجت حرارياً لمدة ساعتين عند الدرجة $600^{\circ}C$. تمت تسمية العينات كما في الجدول (2). قيس جهد سيبك للعينات المحضرة، كما تم حساب معامل سيبك. قيست حساسية الأفلام المحضرة نحو غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S وغاز الهيدروجين H_2 ونحو مزيج غازي من (H_2S-H_2) تحت ضغط منخفض مقداره $10^{-3}\ bar$ كتابع لعدة وسائط (درجة الحرارة، نسبة التركيز المئوية للغاز)، حيث لوحظت زيادة الحساسية مع ارتفاع درجة الحرارة وأيضاً مع ازدياد النسبة المئوية لتركيز الغاز. وقيس عامل النوعية لغازي كبريتيد الهيدروجين والهيدروجين، حيث وجد أن حساسية الأفلام المحضرة نحو غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S هي الأفضل.

الكلمات الدالة: أكسيد القصدير؛ مفعول سيبك؛ البنية النانوية.

Preparation of a Gas Sensor of Nanostructure Tin Oxide Working on the Principle of Thermoelectric Effect and Studying Its Sensitivity to Some Gases

M. A. Batal, Gh. Nashed and **F. H. Jneed**
Department of Physics, College of Science, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

Abstract: Tin oxide thin films doped with iron or copper were deposited on glass and porous alumina substrates, using co-deposition dip coating sol-gel technique. The films were doped with iron oxide at a concentration of %5. Alumina substrates were prepared by anodizing technique. Samples were sintered for 2 hours at a temperature of 600ºC. The XRD of deposited samples showed a polycrystalline structure with clear characteristic peak of SnO_2 cassiterite phase. Thermoelectric effect was measured with change of temperature for the prepared samples under a low pressure of 1mbar. Seebeck coefficient for the prepared samples was measured under a low pressure of 1mbar. Seebeck coefficient was improved when films were deposited on porous alumina. Film sensing towered H_2S and H_2 gases and (H_2S-H_2) mixture was measured as function of gas concentration and temperature. It is noted that film sensing increased with increasing gas concentration and temperature. Selectivity factor was calculated to H_2S and H_2 gases.
Keywords: Tin oxide; Seebeck effect; Nanostructure.

Corresponding Author: Fares Haj Jneed **Email**: fareshaj@gmail.com

المقدمة

إن لغاز كبريتيد الهيدروجين تأثيرًا ضارًا كبيرًا على جسم الإنسان، حيث يؤدي التعرض لغاز كبريتيد الهيدروجين إلى تهيج المسالك التنفسية وفقدان حاسة الشم مؤقتاً، وعند التعرض لتركيزات أعلى من 550 جزءاً في المليون يحدث تدافع سريع للهواء خارج الرئة مما يؤدي للاختناق. كما يؤدي التعرض لكبريتيد الهيدروجين إلى الغثيان والسعال والصداع والالتهاب الحاد للعيون. ويوجد غاز كبريتيد الهيدروجين بصورة طبيعية في البترول الخام والغاز الطبيعي وغازات البراكين وكذلك في ينابيع المياه الساخنة. كما أنه ينطلق في العديد من المصانع وينطلق في العديد من الأنشطة الصناعية مثل تفكك النفايات العضوية وإنتاج الأغذية وأفران الطبخ والمطاحن ومصافي تكرير النفط، ولذلك فإن تحديد موقع وكمية غاز كبريتيد الهيدروجين مهم جداً ولاسيما في القطاع الصناعي. يتسبب اشتعال غاز كبريتيد الهيدروجين في حدوث انفجارات، ويؤدي احتراقه إلى انبعاث الغازات السامة مثل ثاني أكسيد الكبريت ومركبات كبريتية أخرى. أما غاز الهيدروجين فهو من الغازات الصناعية المهمة، وهو يتولد في الصناعات النفطية أو في أثناء عملية الاستخراج النفطي. إن الهيدروجين من الغازات الخطرة جداً لأنه سهل الاشتعال والانفجار إضافة إلى أنه يسبب تآكلاً شديدًا للخزانات النفطية [1]. ينصب جهد الباحثين على تصنيع كواشف مختلفة لهذه الغازات السامة، ومجموعة المركبات SnO_2، ZnO، Fe_2O_2 هي أكاسيد تستخدم لكشف الغازات السامة، ويُظهر أكسيد القصدير حساسية عالية وانتقائية للغازات السامة الناتجة عن الانفجارات. لذلك فإن الأفلام الرقيقة من أكسيد القصدير ذات أهمية كبيرة ولها تطبيقات واسعة جداً، وحديثاً تم استخدامها كواشف للغازات التي تحتوي على عنصر الأكسجين أو أي مادة قابلة للتبخر مثل الإيثانول والميثانول، وهي مواد تحوي في تركيبها عنصر الأكسجين. تعتبر الأفلام الرقيقة من أكسيد القصدير من المواد المهمة تقنياً ولها تطبيقات واسعة في مجالات مختلفة، وتبيّن حديثاً أن حساسية الأفلام الرقيقة من أكسيد القصدير ككاشف للغازات تزداد كلما تناقص حجم الجزيء (الحبيبة)، وذلك حسب طريقة التحضير المتبعة، وهذا يؤدي إلى تحسين الاستجابة وسرعة تغطية الزمن (أي سرعة عودة الحساس إلى وضعه الأصلي قبل وجود الغاز)، ويمكن أن تزداد حساسية الكاشف والميزات الديناميكية بوجود مسامات في الأفلام الرقيقة توفر أقنية لنقل الغاز، وهذه تزيد في سرعة الاستجابة وتساعد في تفريغ الغاز في أثناء العمل، وتزداد أهمية طرق تصنيع أكسيد القصدير ذي حجم جزيئي من مرتبة النانومتر. من جهة أخرى توجد ثلاثة أنواع للفعل الكهرحراري هي: مفعول سيبك ومفعول بلتيير ومفعول تومسون. مفعول سيبك (Seebeck Effect) ينتج عن فرق الكمون في ناقل عندما يكون هناك اختلاف في درجة الحرارة بين طرفي الناقل، وهذا الفرق في الكمون ناتج عن حركة حوامل الشحنة (الإلكترونات أو الثقوب) من الطرف الساخن إلى الطرف البارد. مفعول بلتيير (Peltier Effect) هو عكس مفعول سيبك، حيث يصف كيفية نقل الحرارة خلال نوعين مختلفين من أنصاف النواقل (p-n) عند مرور التيار الكهربائي فيهما. ومفعول تومسون (Thomson Effect) هو الإصدار أو الامتصاص داخل الناقل عند مرور التيار الكهربائي مع وجود التدرج الحراري. للفعل الكهرحراري تطبيقات عديدة منها [2-7] مايلي: يستخدم الفعل الكهرحراري في الملابس الذكية المشغلة بحرارة الجسم، حيث يعتمد على اختلاف درجات الحرارة بين الملابس والجسم. ويستعمل لتشغيل حساسات طبية في جسم الإنسان (حساسات نبضات القلب ودرجة الحرارة). ويستخدم في المركبات الفضائية لتشغيل المسابر الفضائية. ويستخدم في شحن البطاريات، حيث تزود البطارية بمولد فعل كهرحراري لإنتاج فرق الكمون اللازم لشحنها.

عمل الحساسات الغازية بمبدأ الفعل الكهرحراري

توجد علاقة بين تدفق الشحنة الكهربائية J_e وتدفق الحرارة J_Q عبر الناقل [8]:

1- بالنسبة للتدفق الكهربائي [8]:

$$J_e = q\left[K_0(qE - \frac{d\varepsilon_f}{dz}) - (K_1 - \varepsilon_f K_0)\frac{1}{T}\frac{dT}{dX} \right] (1)$$

2- بالنسبة للتدفق الحراري [8]:

$$J_Q = \left\{ \begin{array}{l} (K_1 - \varepsilon_f k_0)\left[qE - \frac{d\varepsilon_f}{dZ} \right] - \\ (k_2 - 2\varepsilon_f K_1 + \varepsilon_h 2k_0)\frac{1}{T}\frac{dT}{dX} \end{array} \right\} \quad (2)$$

حيث (K_m (m= 0, 1, 2, …) هي تكاملات النقل مأخوذة من [8]:

$$K_m = \frac{1}{4\pi^3}\iiint \frac{\partial f_0}{\partial \varepsilon}\varepsilon^m v^2 d^3k$$

حيث f_0: تابع توزع فيرمي المتوازن، v و ε: هما السرعة والطاقة للإلكترونات الناقلة، k الشعاع الإلكتروني، ε_f: طاقة فيرمي، q: شحنة الإلكترونات، E: المجال الكهربائي. بترتيب المعادلتين (1) و(2) وبإيجاد المجال الكهربائي E والتدفق الحراري J_Q كتوابع لتدفق التيار J_e [8]:

$$E = \frac{J_e}{q2k_0} + (\frac{K - \varepsilon_f K_0}{qK_0 T})\frac{dT}{dz} \qquad (3)$$

$$J_Q = (\frac{K - \varepsilon_f K_0}{qK_0 T})J_e + (\frac{k_1^2 - k_0 k_2}{k_0 T})\frac{dk}{dz} \qquad (4)$$

من هاتين المعادلتين وبربط مناسب يمكن إيجاد العلاقات (الناقلية الكهربائية متساوية درجة الحرارة: J_e عندما $\frac{dT}{dz} = 0$، الناقلية الحرارية متساوية الالكترونات: J_Q عندما $J_e = 0$، مفعول بلتيير: J_e عندما $\frac{dT}{dz} = 0$، مفعول سيبك: E عندما $J_e = 0$).

وفي حالة مفعول سيبك فإن: $E = \frac{dV}{dz} = S\frac{dT}{dz}$

حيث: $S = (\frac{K - \varepsilon_f K_0}{qK_0 T})$

من المعادلة السابقة، نلاحظ أن تغير درجة الحرارة سيترافق مع تولد فرق كمون dV بين منطقتين يكون فرق درجة الحرارة بينهما dT. في الحالة البسيطة، عندما يسبب التسخين المحلي انتشار الحوامل بعيداً عن منطقة درجات الحرارة الأعلى مع نشوء حقل توازن، فإن حجم استجابة فرق الكمون dV الناشئ بواسطة الحساس من هذا النوع سيكون حاصل ضرب ارتفاع درجة الحرارة ومعامل سيبك [8].

$$dV = (const)\exp(-\frac{E_a}{RT})\Delta H\, S \qquad (5)$$

حيث ΔH حرارة الاحتراق للغاز (الانتالبية) عندما يدمص (Adsorb) الغاز على السطح ويتحول إلى مركب آخر. والجدول التالي يوضح تحول بعض الغازات المرجعة وحرارة الاحتراق لها [8-11]:

الجدول (1). حرارة الاحتراق لبعض الغازات

gas	Product	Heat (kJ/mol)
H_2	H_2O	244
CO	CO_2	284
CH_4	$CO_2.H_2O$	800
Acetone	$CO_2.H_2O$	1760

وبالنسبة للغازات القابلة للاحتراق عند معدل مقبول أقل أو أكثر من 100ºC، فإن الحساسات الغازية ذات مبدأ الفعل الكهرحراري تكون نافعة ومفيدة.

القسم العملي

1- تحضير أكسيد الألمنيوم

تم تحضير أكسيد الألمنيوم المسامي كما في الشكل (1)، وذلك وفق الخطوات التالية:

1- معالجة صفيحة الألمنيوم بالحرارة (T = 500 ºC) لمدة أربع ساعات، وذلك للتخلص من الإجهادات في أثناء عمليات تصنيع الصفائح وللحصول على حبيبات خشنة وللحصول على شروط التجانس لنمو المسامات على مناطق واسعة.

2- تنظيف صفيحة الألمنيوم في جهاز الاهتزاز الصوتي بمزيج من الماء المقطر والأسيتون وحمض الخل.

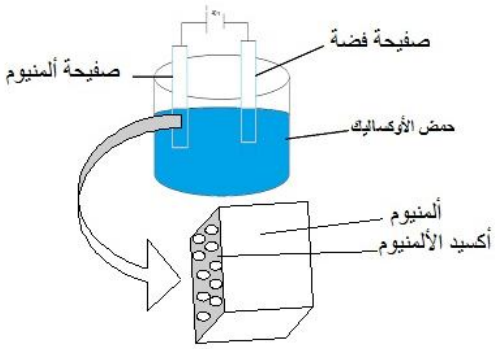
3- غمس صفيحة الألمنيوم في مزيج من حمض الكبريت وحمض الفوسفور والماء المقطر.

4- تطبيق جهد مستمر مقداره 40V في محلول (0.3M) من حمض الأوكساليك لمدة 40 min حيث تكون صفيحة الألمنيوم على القطب الموجب والفضة على القطب السالب كما في الشكل (1)، وذلك من أجل أكسدة صفيحة الألمنيوم في درجة حرارة الغرفة (27ºC).

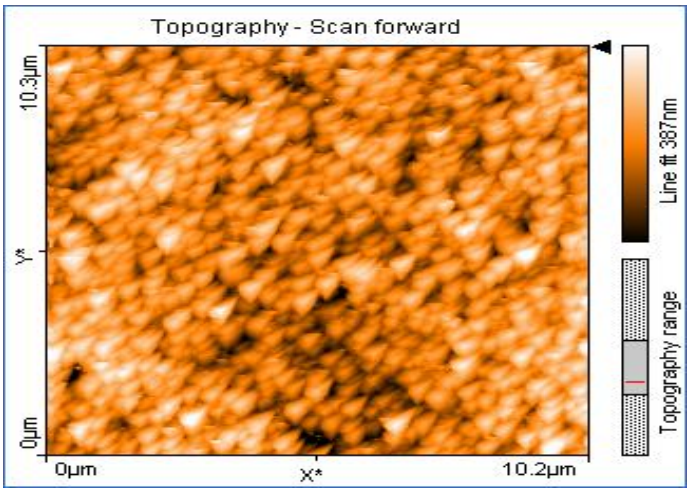
5- غمس صفيحة الألمنيوم في مزيج من حمض الكروم (1.8wt%) وحمض الفوسفور (6wt%) في درجة حرارة 65ºC لزمن مقداره (10-20min)، للحصول على ثقوب نانوية في ركيزة الألمنيوم.

6- غمس صفيحة الألمنيوم في حمض الفوسفور (5wt%).

بعد تحضير عينات من أكسيد الألمنيوم المسامي، أخذت لها صورة بواسطة مجهر القوى الذرية (AFM) كما يوضح ذلك الشكل (2):



الشكل 1. مراحل تحضير أكسيد الألمنيوم المسامي.



الشكل 2. صورة AFM لأكسيد الألمنيوم.

نلاحظ من الشكل أن حجم المسامات المتشكلة نانوي وأن المسامات شبه منتظمة.

2- تحضير الأفلام الرقيقة

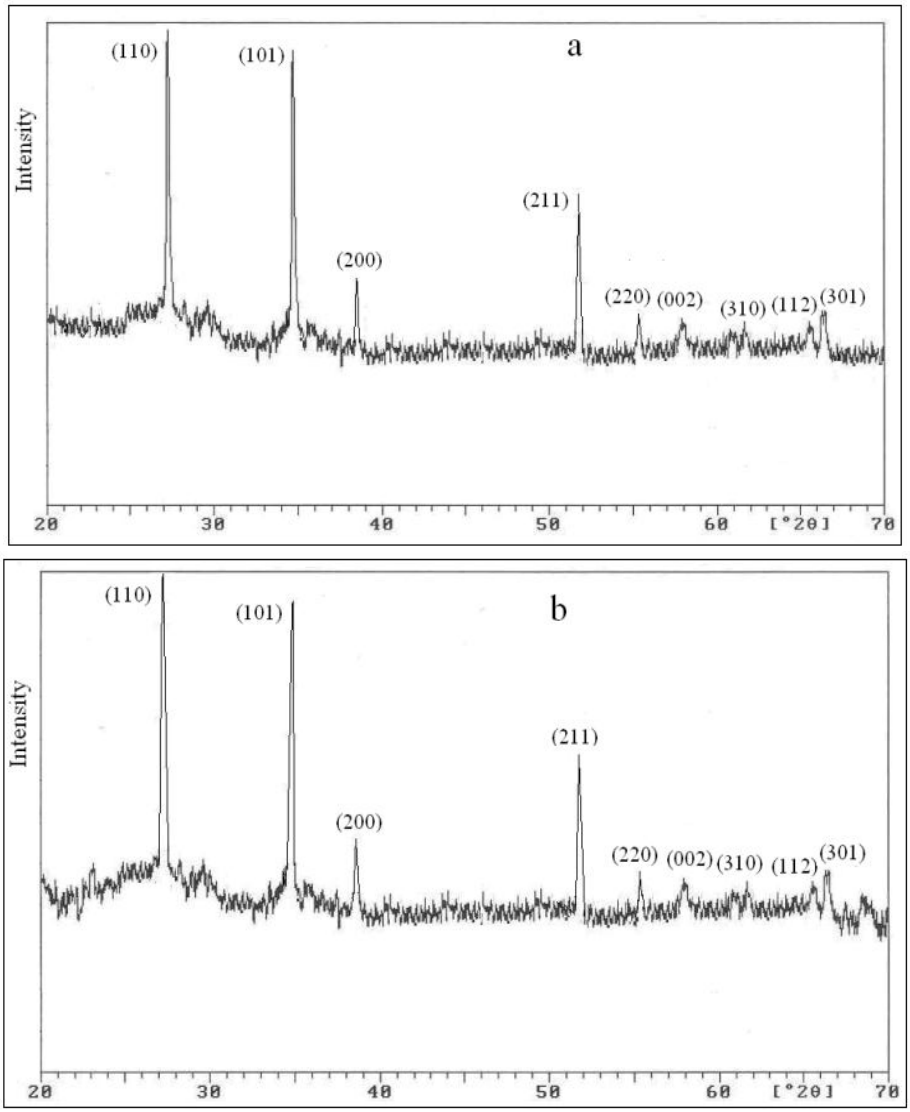
تم حل كلوريد القصدير الرباعي $SnCl_4.5H_2O$ مع كلوريد الحديد $FeCl_3.6H_2O$ أو كلوريد النحاس $CuCl_2.2H_2O$ في الإيثانول C_2H_5OH وبتحريك المزيج بواسطة خلاط مغناطيسي لمدة ساعتين بشكل قوي حتى يتم انحلال المواد المتفاعلة انحلالاً كاملاً، ثم رسب المحلول الجلاتيني على ركائز زجاجية وركائز من أكسيد الألمنيوم المسامي المحضرة بالأكسدة المصعدية بطريقة الغمس (Dip Coating–SOL-GEL) باستخدام جهاز بسرعة سحب قدرها (7 cm/min)، وبعد إخراج الركيزة من المحلول تم وضعها في الفرن عند الدرجة (80ºC) لمدة (15 min) ثم أخرجت الركيزة من الفرن وتركت حتى تبرد، ثم أعيدت عملية الترسيب عشر مرات للحصول على فيلم سميك، وبعد الانتهاء من عملية الترسيب المتكررة عولجت العينات حرارياً عند الدرجة (600°C) لمدة ساعتين، وبذلك حصلنا على عدة أفلام مطعمة بنسبة من Fe أو Cu مقدارها (5%) وتمت تسميتها كما في الجدول (2).

الجدول 2. أكسيد القصدير المطعم بالنحاس والحديد والمرسب على ركائز زجاجية وركائز أكسيد الألمنيوم المسامي.

Substrate	SnO_2: Fe	SnO_2:Cu
glass	F1	F2
porosity alumina	F3	F4

3- دراسة البنية النانوية

تمت دراسة بنية أكسيد القصدير المطعم بالحديد أو بالنحاس باستخدام جهاز انعراج الأشعة السينية (XRD). ويمثل الشكل (3) طيف انعراج الأشعة السينية للعينات المحضرة.



الشكل 3. طيف انعراج الأشعة السينية لأكسيد القصدير المطعم بالحديد (a) والنحاس (b).

نلاحظ من الشكل (3) أن المادة السيراميكية المتشكلة من (SnO_2-Fe) أو (SnO_2-Cu) هي متعددة التبلور بسبب التآلف الحاصل بين العناصر المكونة للمادة المحضرة والتوجهات البلورية لأكسيد القصدير هي (– 101 – 110 – 301 –112–310–002 – 220 – 211 – 200). إن إضافة (Fe أو Cu) بنسب ضئيلة إلى (SnO_2) تؤثر على حجم التبلور وعلى حجم الجزيئات للمركب السيراميكي المحضر. إن الشدة النسبية لكل قمم طيف انعراج الأشعة السينية تتناقص عند التطعيم بالحديد أو النحاس، ويعزى ذلك إلى مساهمة إدخال شوارد الحديد أو النحاس في الشبكة البلورية مسببة نقصان حجم التبلور. تم حساب حجم التبلور للأفلام المحضرة من علاقة شيرر [12]:

$$D = k\lambda /(\delta w\cos\theta)$$

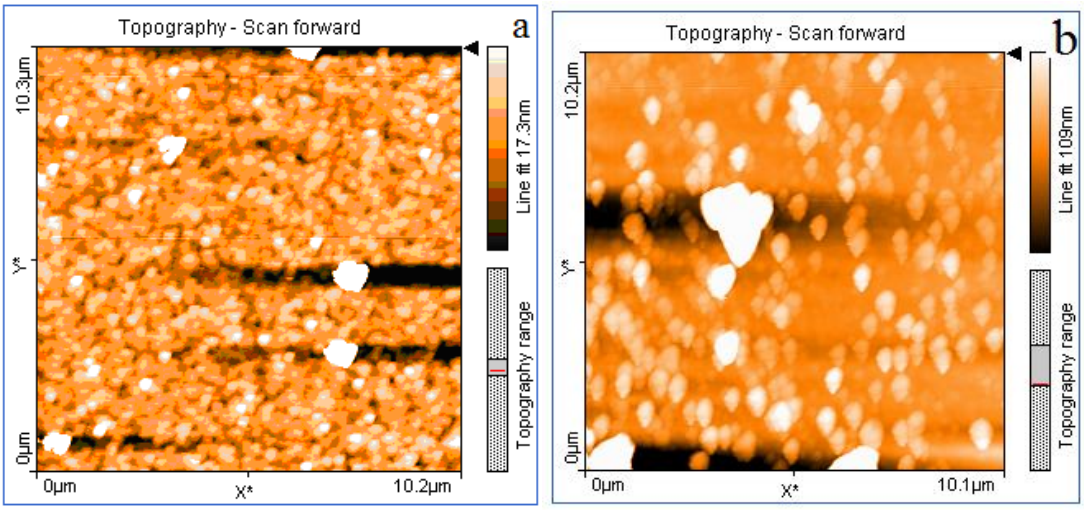
حيث D: حجم التبلور، K: ثابت قيمته تقريباً تساوي الواحد، λ: طول موجة الأشعة المستخدمة ($\lambda = 0.14$ nm)، θ: زاوية الانعراج.

ويبين الجدول (3) حجم التبلور للأفلام المحضرة على ركائز زجاجية.

الجدول 3. حجم الحبيبات للعينات المحضرة على الركائز الزجاجية لتوجهات بلورية مختلفة.

crystallite size (nm)			
Peak	110	101	211
F1	19.75	28.13	47.36
F2	26.57	41.25	59.47

وللتأكد من البنية النانوية للأفلام المحضرة تم فحصها بوساطة مجهر القوى الذرية (AFM) كما في الشكل (4).

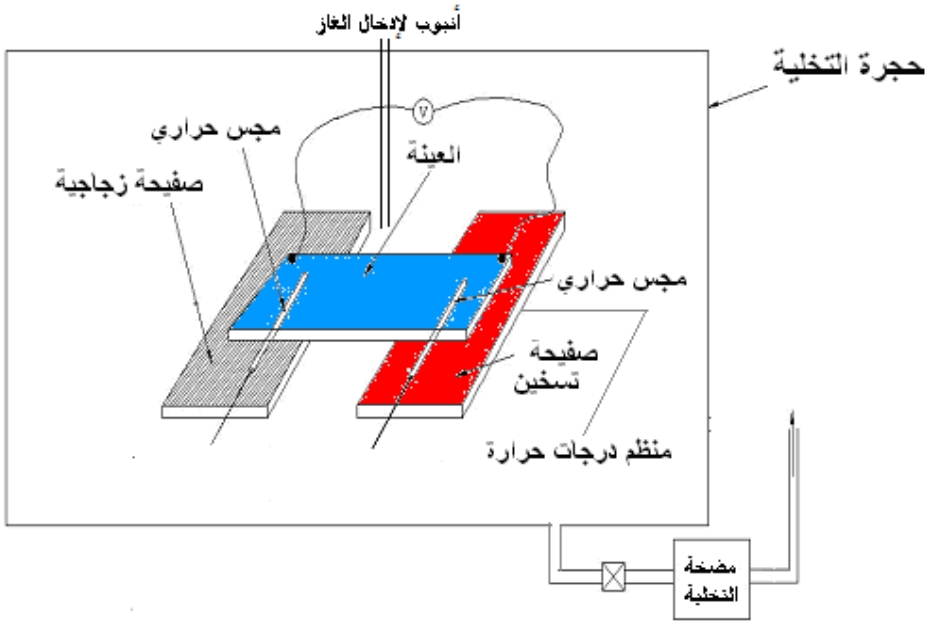


الشكل 4. صورة AFM لأكسيد القصدير المحضر على ركائز زجاجية والمطعم بالحديد (a) والنحاس (b).

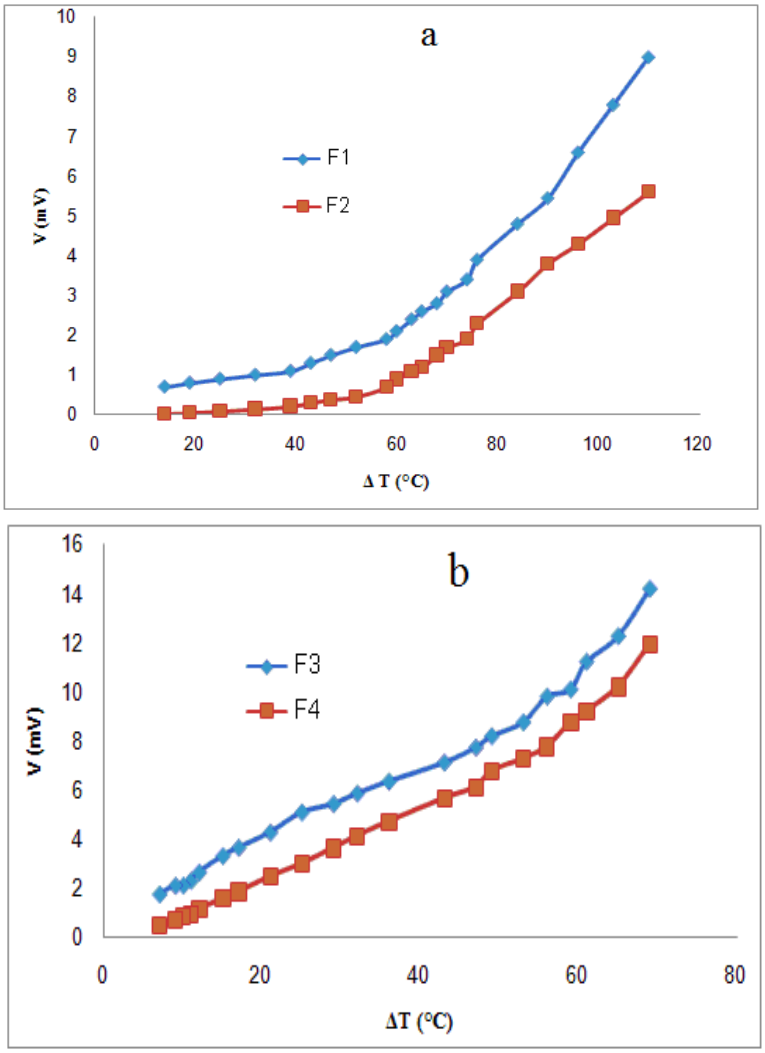
4- مفعول سيبك

من أجل قياس معامل سيبك، تم تصميم منظومة تخلية مكونة من ناقوس زجاجي قطره 27cm وارتفاعه 35cm مزود بفتحات لإدخال المجسات الحرارية وأسلاك الأجهزة الكهربائية لأخذ النتائج. وتم عزل هذه الفتحات بشكل جيد لمنع التسريب أو حدوث خلل في التخلية كما هو موضح في الشكل (5)، حيث استخدمت مضخة ميكانيكية لسحب الهواء بمرحلتين تعطي ضغطًا يصل إلى 10^{-3} mbar مع مقياس ضغط Pirani gauge.

درس تغير جهد سيبك (V) مع تغير فرق درجة الحرارة (ΔT) للطرفين الساخن والبارد تحت ضغط جوي منخفض مقداره 10^{-3} bar كما هو موضح في الشكل (6).



الشكل 5. نظام التخلية الذي تم فيه أخذ القياسات التجريبية للفعل الكهرحراري على العينات المحضرة.



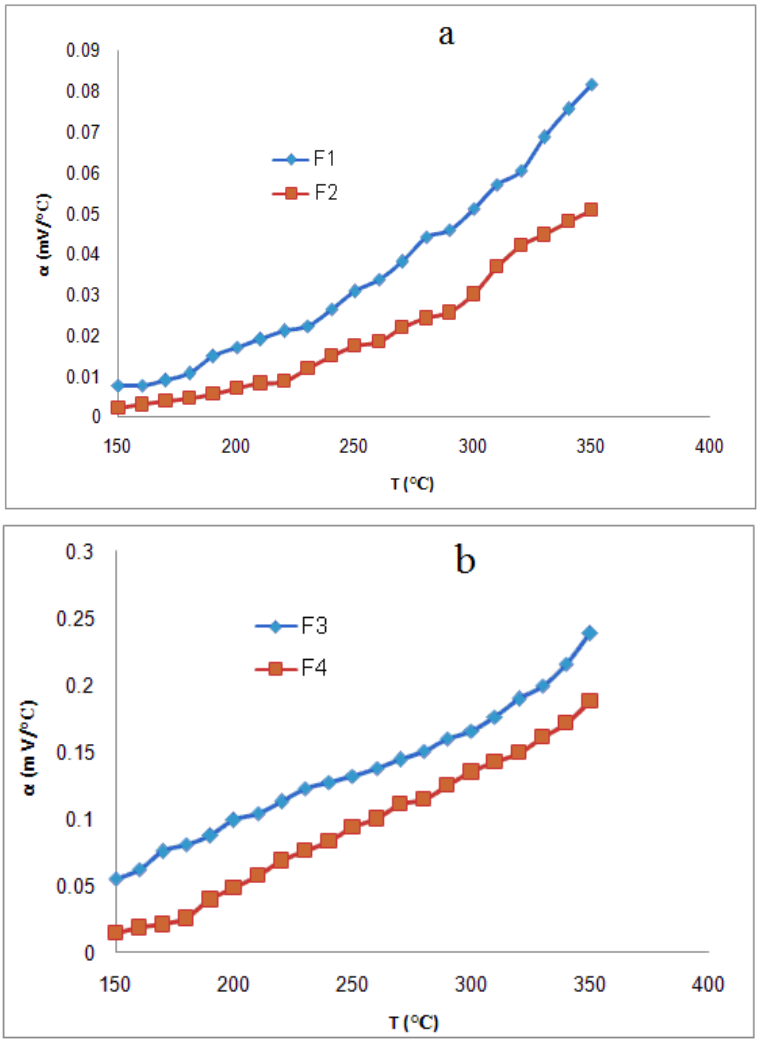
الشكل 6. جهد سيبك مع تغير فرق درجات الحرارة للعينات F1، F2 (a) والعينات F3، F4 (b).

نلاحظ من الشكل (6) ازدياد جهد سيبك مع زيادة فرق درجات الحرارة بين الطرفين الساخن والبارد. وتم حساب معامل سيبك من العلاقة [13]:

$$\alpha = \frac{V}{\Delta T}$$

α: معامل سيبك الذي يرمز له بالرمز S أيضاً في بعض المراجع، إلا أننا استخدمنا الرمز α للتمييز بين معامل سيبك وبين الحساسية التي يرمز لها بالرمز S أيضاً.

وبرسم العلاقة بين معامل سيبك ودرجة الحرارة كما في الشكل (7)، نلاحظ أن معامل سيبك يزداد بازدياد درجة الحرارة.



الشكل 7. تغير معامل سيبك مع تغير درجات الحرارة للعينات F1، F2 (a) والعينات F3، F4 (b).

نلاحظ أن العلاقة بين معامل سيبك ودرجة الحرارة هي لاخطية غالباً، حيث نميز بين منطقتين: المنطقة الأولى عند درجات حرارة منخفضة، حيث يزداد معامل سيبك بشكل خطي مع درجة الحرارة والمنطقة الثانية عند درجات حرارة عالية، حيث تكون الزيادة فيها لاخطية. وهذا منطقي لأن معامل سيبك مرتبط بصورة أساسية بالناقلية الكهربائية.

حساسية الأفلام المحضرة بمبدأ الفعل الكهرحراري

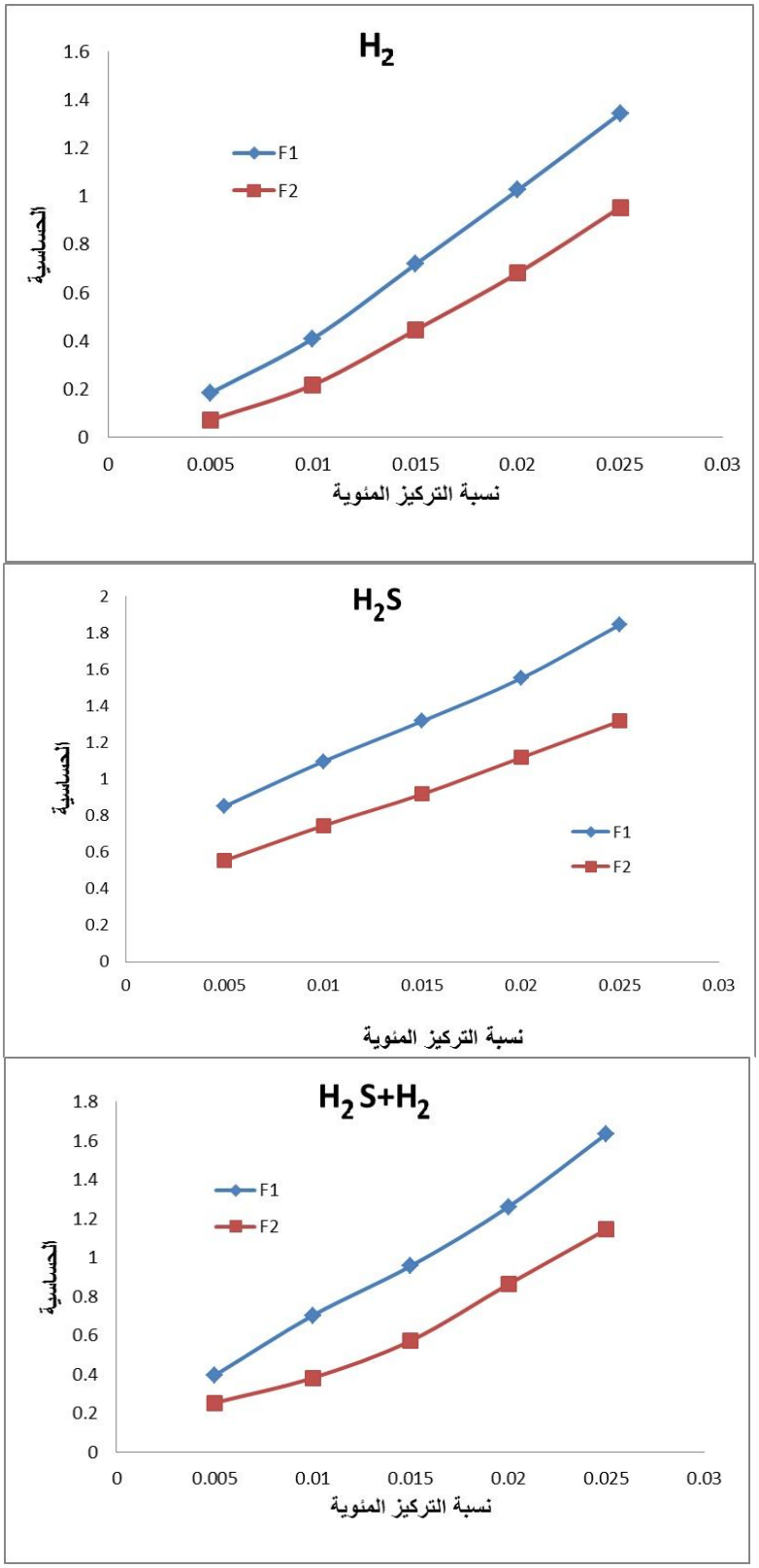
درست حساسية الأفلام المحضرة على ركائز زجاجية بوجود الغازات، حيث تم حساب حساسية الأفلام من العلاقة التالية:

$$S = \frac{\alpha_{gas} - \alpha_{air}}{\alpha_{air}} \qquad (6)$$

α_{air}: معامل سيبك بدون وجود الغاز (الخلاء).

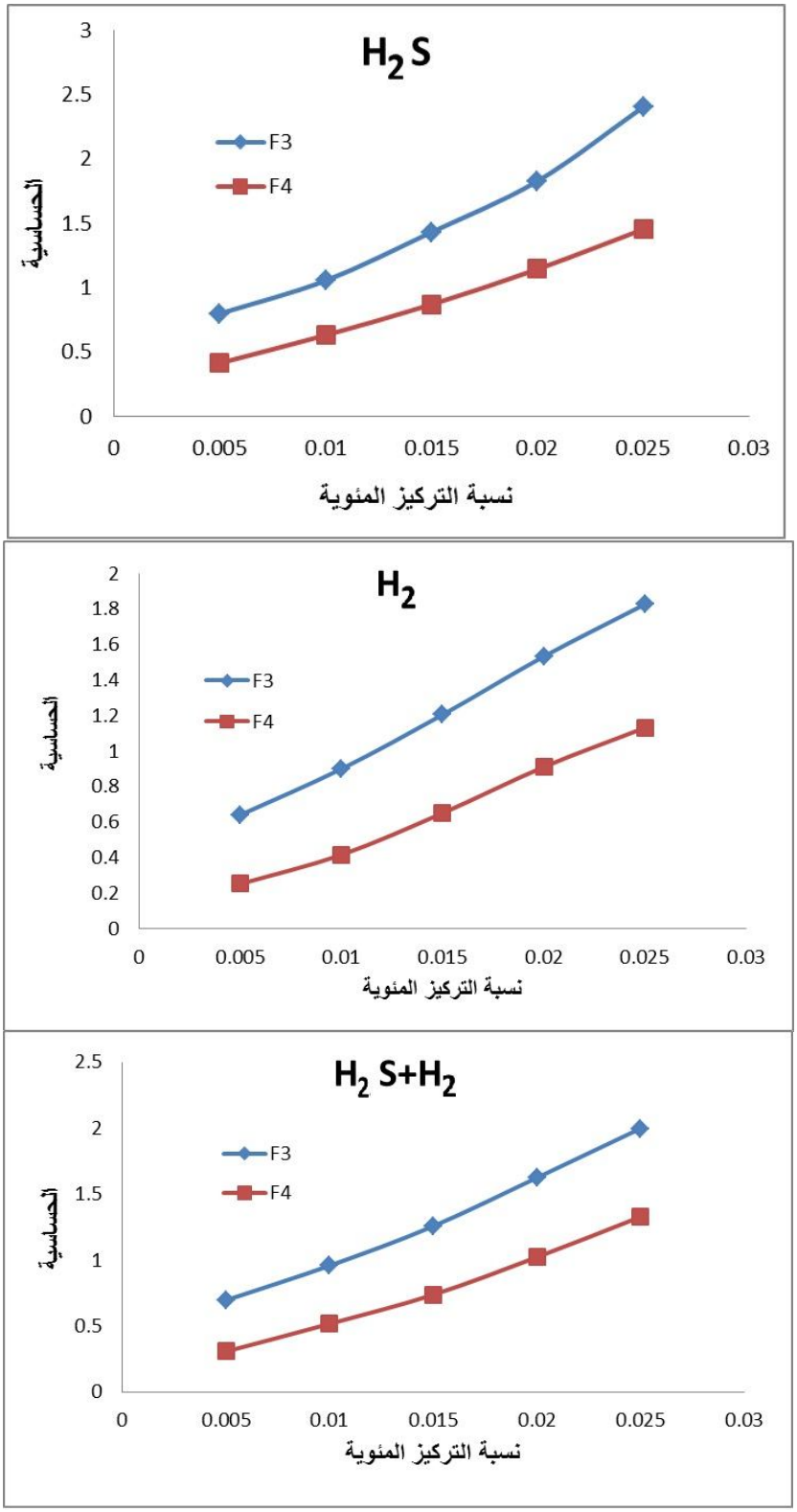
α_{gas}: معامل سيبك بوجود الغاز.

وبرسم العلاقة بين الحساسية ونسبة التركيز المئوية للغاز، نلاحظ زيادة الحساسية مع زيادة نسبة تركيز الغاز كما في الشكل (8).



الشكل 8. تغير الحساسية مع تغير نسبة تركيز الغاز المئوية للعينات F1، F2 المحضرة على ركائز زجاجية لغاز الهيدروجين وغاز كبريتيد الهيدروجين ومزيج من غازي الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.

ومن أجل تحسين الحساسية للأفلام المحضرة، تم ترسيب الأفلام على ركائز من أكسيد الألمنيوم المسامي، حيث تم حساب الحساسية وفقاً للعلاقة (6) ورسمت العلاقة بين الحساسية وتركيز الغاز كما في الشكل (9).

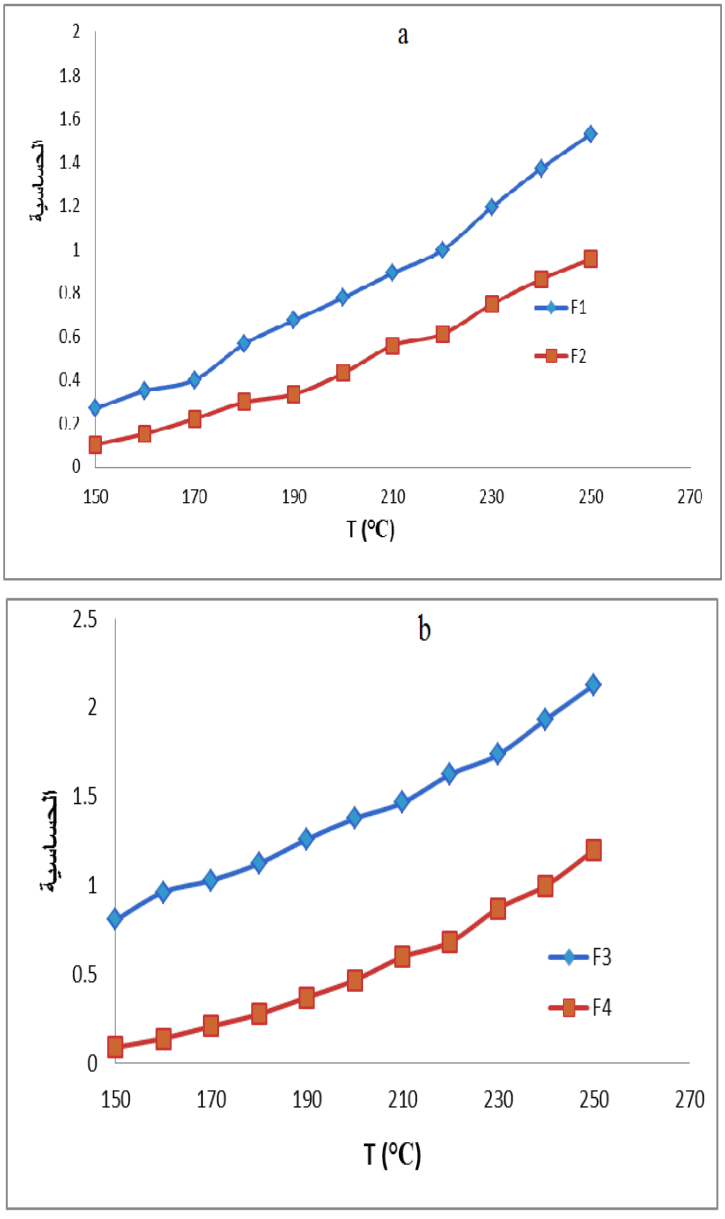


الشكل 9. تغير الحساسية مع تغير نسبة تركيز الغاز المئوية للعينات F3، F4 المحضرة على ركائز أكسيد الألمنيوم لغاز كبريتيد الهيدروجين وغاز الهيدروجين ومزيج من غازي الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.

نلاحظ أنه عندما يتعرض أكسيد القصدير للغازات يحدث مايلي: ادمصاص غاز نتيجة للتفاعلية العالية لسطح SnO_2 أو تفاعل بتأثير متبادل لجزيئات الغاز مع الجزيئات المدمصة كيميائياً (Chemisorbed) على سطح SnO_2، وادمصاص الغاز هو عبارة عن تأثير متبادل كيميائي مباشر بين جزيئات الغاز وسطح نصف الناقل مصحوبٍ بتبادل شحنة، وإن سلوك الآخذات والمانحات يعتمد على نوع الجزيء المدمص؛ فالغازات التي تأسر أو تصطاد إلكترونات من SnO_2 عند ادمصاصها تنتج سويات آخذة، بينما الغازات التي تعطي إلكترونات إلى SnO_2 خلال إنتاج فراغات الأكسجين تعطي سويات مانحة.

تغير الحساسية للأفلام بتغير درجة الحرارة

درس تغير الحساسية مع تغير درجة الحرارة للأفلام بالنسبة لغاز كبريتيد الهيدروجين عند نسبة تركيز للغاز ثابتة مقدارها (0.03) كما في الشكل (10)، حيث نلاحظ زيادة الحساسية مع ارتفاع درجة الحرارة عند تركيز ثابت.



الشكل 10. تغير الحساسية مع تغير درجة الحراة للعينات F1، F2 (a) والعينات F3، F4 (b) لغاز كبريتيد الهيدروجين.

إن لدرجة الحرارة تأثيرات على حساسية أكسيد القصدير كما لها تأثير على الخواص الفيزيائية لأنصاف النواقل (تغير تركيز حوامل الشحنة بطول ديباي...)، ولها تأثيرات على الادمصاص والمج (عكس الادمصاص)؛ إذ هي عمليات تنشط بارتفاع درجة الحرارة، كما تعتمد الخواص الديناميكية للحساسات (مثل زمن الاستجابة وزمن الاستعادة) والخواص المستقرة للحساس على درجة حرارة التشغيل التي تكون عندها حساسية الحساس عظمى دائماً.

ويحول الأكسجين المدمص إلى سطح الأكسيد وفق المخطط العام التالي:

$$O_{2\,ads} \rightarrow (O_{2\,ads})^{-} \rightarrow (O_{ads})^{-}$$

لذلك يصبح السطح تدريجياً غنيًا بالإلكترونات، ومع زيادة درجة الحرارة يتحول $(O_{2\,ads})^{-}$ إلى $(O_{ads})^{-}$ بأخذ إلكترون واحد من البنية الداخلية لأكسيد القصدير، ومن ثم تزداد كثافة الشحن السطحية مما يؤدي لزيادة الناقلية.

عامل النوعية (الاختيارية):

يعبر عامل النوعية (Selectivity Factor) عن إمكانية الحساس للاستجابة لغاز معين بوجود أكثر من غاز.ويعرف عامل النوعية لغاز ضمن عدة غازات بأنه: نسبة الحساسية العظمى (الاستجابة العظمى) للغاز الهدف إلى الحساسية العظمى للغازات الأخرى عند درجة حرارة التشغيل، ويعطى بالعلاقة التالية [14]:

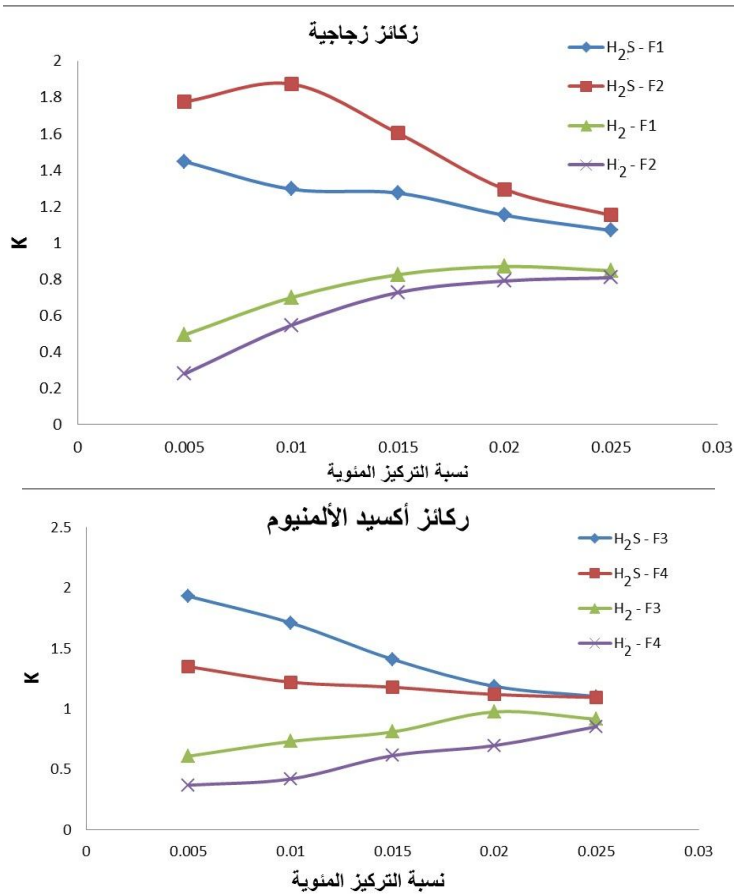
$$K = S_{\text{target gas}} / S_{\text{gas}}$$

حيث K : عامل النوعية (الاختيارية) لغاز ما.

$S_{\text{target gas}}$: الحساسية العظمى للغاز الهدف.

S_{gas}: الحساسية العظمى للغازات الأخرى.

وبرسم العلاقة بين عامل النوعية ونسبة التركيز المئوية للغاز كما في من الشكل (11) نلاحظ أن عامل النوعية للأفلام المحضرة على ركائز أكسيد الألمنيوم المسامي أكبر منه للأفلام المحضرة على ركائز زجاجية.



الشكل 11. تغير عامل النوعية مع تغير نسبة تركيز الغاز المئوية للعينات المحضرة على ركائز زجاجية والعينات المحضرة على ركائز من أكسيد الألمنيوم لغاز الهيدروجين وغاز كبريتيد الهيدروجين.

نلاحظ من الشكل (11) أن عامل النوعية لغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S ينخفض مع زيادة التركيز بينما عامل النوعية لغاز الهيدروجين H_2 يزداد مع زيادة التركيز. وهذا طبيعي لأن حساسية الأفلام المحضرة لغاز H_2S أكبر ما يمكن وحساسيتها لغاز H_2 أصغر ما يمكن بينما تقع حساسيتها نحو مزيج الغازيين (H_2S-H_2) معاً بين الحساسية لغازي H_2 وH_2S.

الاستنتاجات

1- يلاحظ ازدياد جهد سيبك بزيادة درجة الحرارة للعينات المحضرة، وهو أكبر للأفلام المحضرة على ركائز من أكسيد الألمنيوم منه للأفلام المحضرة على ركائز زجاجية.

2- معامل سيبك يزداد بازدياد درجة الحرارة، وهو أكبر للأفلام المحضرة على ركائز من أكسيد الألمنيوم منه للأفلام المحضرة على ركائز زجاجية.

3- تزداد الحساسية مع زيادة نسبة التركيز المئوية للغاز ومع درجة الحرارة، وهي أكبر للأفلام المحضرة على ركائز من أكسيد الألمنيوم منها للأفلام المحضرة على ركائز زجاجية.

4- عامل النوعية لغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S ينخفض مع زيادة التركيز بينما عامل النوعية لغاز الهيدروجين H_2 يرتفع مع زيادة التركيز، وهو أفضل للأفلام المحضرة على ركائز من أكسيد الألمنيوم منه للأفلام المحضرة على ركائز زجاجية.

المراجع

[1] Kanan, S.M., El-Kadri, O.M., Abu-Yousef, I.A. and Kanan, M.C., Sensors, 9 (2009) 8158.

[2] Zhang, G. and Liu, M., Sensors and Actuators, B69 (2000) 144.

[3] Young, H., Popopvih, N., Chason, E. and Ppainc, D., Thin Solid Films, 411 (2002) 17.

[4] Kotsika, D., Ivanovskay, M., Orlifa, D. and Falasconi, M., Sensors and Actuators, B101 (2004) 199.

[5] Vaishampayan, M.V., Deshmukh, R.G., Walke, P. and Mulla, I.S., Materials Chemistry and Physics, 109 (2008) 230.

[6] Bulusua, A. and Walkerb, D.G., Superlattices and Microstructures, 44 (2008) 1.

[7] Anuradha, S. and Rajanna, K., International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, 1 (2008) 498.

[8] Moseley, P.T. and Tofield, B.C., Solid State Gas Sensors (Philadelphia, 1987).

[9] McAleer, J.F., Moseley, P.T., Bourke, P., Norris, J.O.W. and Stephan, R., Sens. Actuators, 8 (1985) 251.

[10] Dughaish, Z.H., Physica B, 322 (2002) 205.

[11] Boyer, E.C., Mater. Sci. Eng. B, (1992) 103.

[12] Bagherim, M., Shahtahmasebi, N., Alinejad, A., Youssefi, M. and Shokooh-Saremi, M., Solid State Sciences, 11 (2009) 233.

[13] Pichanusakorn, P. and Bandaru, P., Materials Science and Engineering, 67 (2010) 19.

[14] Patil, R. and Patil, A., Sensors and Transducers Journal, 811 (2007) 354.