

العدد السادس عشر - ابريل 2017

دراسة فيزيائية لمجموعة حساسات TGS للمقارنة بين الأبخرة والغازات

* د. نورة رضوان مزنوق، ** د. غياث عبدالرحمن المعراتي.

(اعضاء هيئة التدريس بقسم الفيزياء - كلية الآداب والعلوم المرج - جامعة بنغازي - ليبيا)



دراسة فيزيائية لمجموعة حساسات TGS للمقارنة بين الأبخرة والغازات

الملخص:

قمنا في هذا البحث بتوصيف مجموعة من الحساسات الغازية من شركة (Figaro) اليابانية ذات العائلتين القديمة (TGS8--) والحديثة (TGS--26) لأجل بعض الأبخرة (الأسيتون، والإيثانول) وغاز الفريون بوساطة جهاز تم تشكيله مسبقاً لأجل الأبخرة ومن ثم تعديله لأجل الغازات، ومن ثم استنتاج أفضل الحساسات التي استجابت إما للأبخرة أو الغازات وتحديد أفضل الشروط الموافقة لذلك، أخيراً قمنا بإيجاد بارامتر مهم جداً وهو بصمة الحساس.

الكلمات الدالة على البحث: حساس غازي، إيثانول، أسيتون، فريون، جهاز توصيف الحساسات، الإستجابة التحسسية، بصمة الحساس.

Summary

We have in this research the characterization a set of gas sensors from (Figaro) Japanese of the old families (TGS8--) and modern (26-- TGS) for some vapors (acetone, and ethanol) and Freon, by device has already been formed for the vapors and then modify it for gas, and then chose the best sensors that responded either fumes or gases and to determine the best conditions, and finally we find a very important parameter which is Fingerprint Sensors.

Keywords: Gas Sensors, Ethanol, Acetone, Freon, Sensors description apparatus, sensitivity response, Fingerprint Sensors.

1- المقدمة (Introduction):

لقد كثر في الآونة الأخيرة الأبحاث التي تتعلق بتصنيع وعمل الحساسات بشكل عام وبشكل خاص الحساسات الغازية (K.lhoura,1994) [1] شبه الموصلة المصنوعة من أكاسيد المعادن وذلك لمئاتها ورخص ثمنها وكثرة استخدامها، حيث اجتهد العديد من الباحثين (H.T.Nagle,1994) [2] في تشكيل جهاز الأنف الإلكتروني الذي يحوي على شبكة من الحساسات الغازية، وقد استطاع الباحث (S.Capone,2000) [3] من خلال هذا الجهاز بالكشف عن العديد من الغازات نذكر منها (CH_3OH ، CO ، NO_2 ، CH_4 ، $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) كما قام الباحث (L.Bie,2007) [4] بدراسة استجابة حساس مادته الأساسية هي ZnO تجاه بخار الإيثانول وغاز الهيدروجين ووجد بأن الحساس استجاب بشكل أفضل للبخار، ودرس الباحث (Sh.Lin,2011) [5] استجابة حساس مادته الأساسية هي TiO_2 تجاه غاز الأمونيا وبخار الإيثانول لعدة تراكيز ولقد لاحظ بأن هذا الحساس أبدى استجابة جيدة للبخار والغاز، كما استطاع الباحث (Qi.Qi,2008) [6] أن يصنع حساساً غازياً مادته الأساسية ZnO يمكنه أن يميز بين بخاري الأسيتون والإيثانول وبتراكيز منخفضة، ولقد تمكن أيضاً الباحث (R.Rella,2007) [7] من تصنيع حساس غازي من ثنائي أكسيد التيتانيوم TiO_2 واختباره لأجل بخاري الأسيتون والإيثانول من خلال دراسة المتغير S (الإستجابة التحسسية) وتوصل إلى نتيجة مفادها بأن هذا الحساس أبدى استجابة جيدة جداً وعالية للإيثانول مقارنة مع الأسيتون.

2- طريقة البحث وأهدافه:

في هذا البحث قمنا بتوصيف مجموعة من الحساسات الغازية لأجل الأبخرة والغازات ومن ثم استنتاج أفضل الشروط الخاصة بعملها لأجل الأبخرة والغازات وذلك من خلال مقارنة بارامترات لاحقة الذكر للأبخرة مع الغازات.

3- القسم العملي:

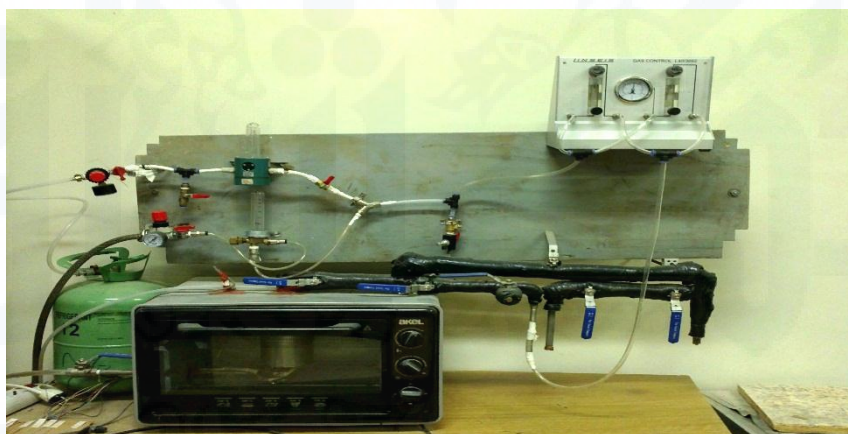
لقد قمنا بإدخال نظام جديد لجهاز توصيف الحساسات الغازية (M.Alhamed-a,2012) [8] لأجل الأبخرة (شكل 1) للحصول على جهاز يتم ن خلاله الكشف على الغازات وذلك عن طريق تنظيم تدفق الغاز المستخدم بوساطة منظمات تتحكم بتدفق الغاز والهواء (مقاييس جرعة كتلية) إن المنظم الأول تم وضعه في طريق الأنبوب الموصل بحجرة الغاز مجاله (1-30 L/H) وقد ضبطنا مجاله على القيمة (1 L/H) أما المنظم الثاني فقد تم وضعه في طريق الأنبوب الموصل إلى مضخة الهواء و مجاله (0-1500 L/H) وقد ضبطنا مجاله على القيمة (999 L/H) أي أن المزيج الناتج (فريون / هواء) يأخذ النسبة (Freon: air=1:999) وبذلك نكون قد حصلنا على تركيز قيمته (1000 ppm) ويتدفق غازي (1000 L/H) وعند تغيير مجال المنظم الأول ليصبح (2L/H) ومجال المنظم الثاني ليصبح (998L/H) نحصل على تركيز (2000 ppm) أي أن المزيج الناتج يأخذ النسبة (Freon: air=2:998).

بعد ذلك تم وصل منظمين آخرين على التفرع مع بعضهما البعض حيث إن مجال كل واحد منهما يتراوح من (1.6-16L/H) وقد تم ضبط قيمتهما على القيمة (15 L/H) يمر المزيج الغازي عبرهما بحيث يصبح التركيز الناتج هو (30 L/H) وما تبقى من المزيج يمر عبر صنبور إلى خارج المختبر، إن المنظمين الأول والثاني يقومان بتحديد نسبة تركيز الفريون للهواء في حين أن المنظمين الثالث والرابع يقومان بتنظيم تدفق الجرعة الغازية بمقدار (30 L/H) بعد ذلك يدخل المزيج إلى حجرة الحساسات عن طريق الأنبوب الواصل في أعلى حجرة الحساسات لنحصل بذلك على جهاز لتوصيف الحساسات لأجل الغازات (شكل 2) وبالتالي نجد عملية التدفق التي تمر عبر المنظمات الأربعة (شكل 3).

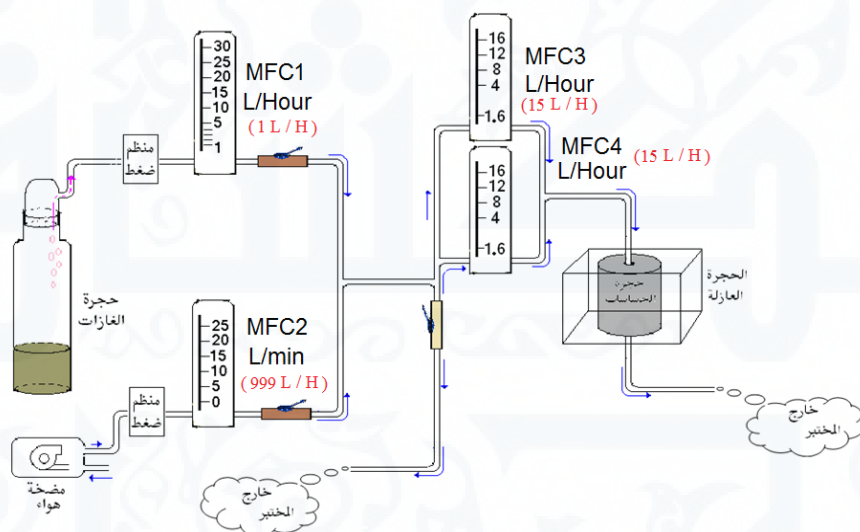
العدد السادس عشر - إبريل 2017



الشكل (1): الجهاز التجريبي المستخدم لتوصيف الحساسات لأجل الأبخرة



الشكل (2): الجهاز التجريبي المستخدم لتوصيف الحساسات لأجل الغازات



الشكل (3): المخطط التفصيلي للجهاز المستخدم للكشف عن غاز الفريون

العدد السادس عشر - إبريل 2017

ومن ثم قمنا بوضع شروط تمت دراستها بدقة لعمل هذه الأجهزة بالشكل الأمثل كما هو واضح في الجدول التالي:

الفريون	الأسيتون، الإيتانول	العينة المدروسة
35 °C , 45 °C	35 °C , 45 °C , 55 °C	درجة حرارة الوسط T_a
3 V , 4 V , 5 V	3 V , 4 V , 5 V	جهد التسخين V_H
1000 ppm , 2000 ppm	-----	التركيز

4- النتائج والمناقشة (Results and Discussion):

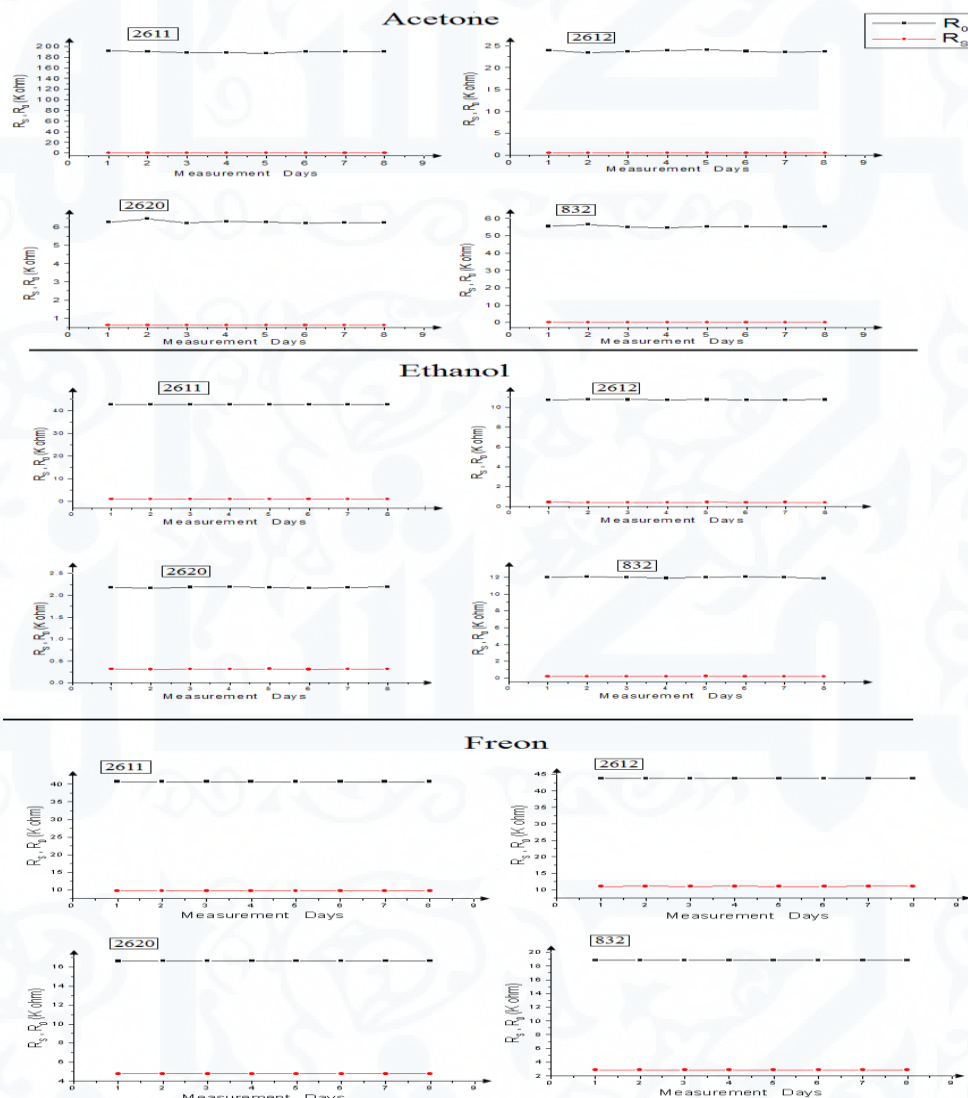
قمنا في هذا البحث باستخراج سبعة بارامترات أساسية (ناتجة عن المنحنيات البيانية لتغيرات مقاومة الحساس مع الزمن عند تعرضه للبخار أو للغاز) وهذه البارامترات هي التي سوف تحدد لنا لاحقاً أفضل حساس من مجموعة الحساسات المستخدمة وكذلك أيهما أفضل الأبخرة أم الغازات لعمل الحساسات المستخدمة وفقاً للشروط السابقة، وبالتالي يمكن أن نقارن بينها لنوضح أثر غاز الفريون أو الأبخرة (الأسيتون و الإيتانول) على الحساسات.

وفيما يلي التعاريف الخاصة بهذه البارامترات:

1- المقاومة الابتدائية R_0 (Reference Resistance):

وهي المقاومة الابتدائية للحساس والتي تعبر عن مقاومته قبل تعرضه للعينة البخارية أو الغازية وتم حسابها على أنها القيمة المتوسطة لأول خمس ثواني من القراءات، إن هذا البارامتر يفيد في التعرف على خاصية مهمة جداً وأساسية في عمل الحساسات ألا وهي التكرارية، فلا بد للحساس أن يعطي نفس النتائج في كل مرة يعمل بها وإلا فإننا يمكن القول بأن هذا الحساس يعاني من عدم التكرارية أو ما يعرف بـ (حيد الحساس) وإنجاز هذه الدراسة فقد قمنا بتكرار القياسات لمدة ثمانية أيام متتالية لأجل كل بخار ولأجل الغاز كلاً على حدى، ومن الشكل (4) نلاحظ بأن حيد الحساسات كان طفيفاً دائماً لأجل الغاز والأبخرة وبالتالي فإن الحساسات كانت تمتلك تكرارية جيدة جداً لكن تكراريتها لأجل غاز الفريون كانت أفضل من الأبخرة.

العدد السادس عشر - أبريل 2017



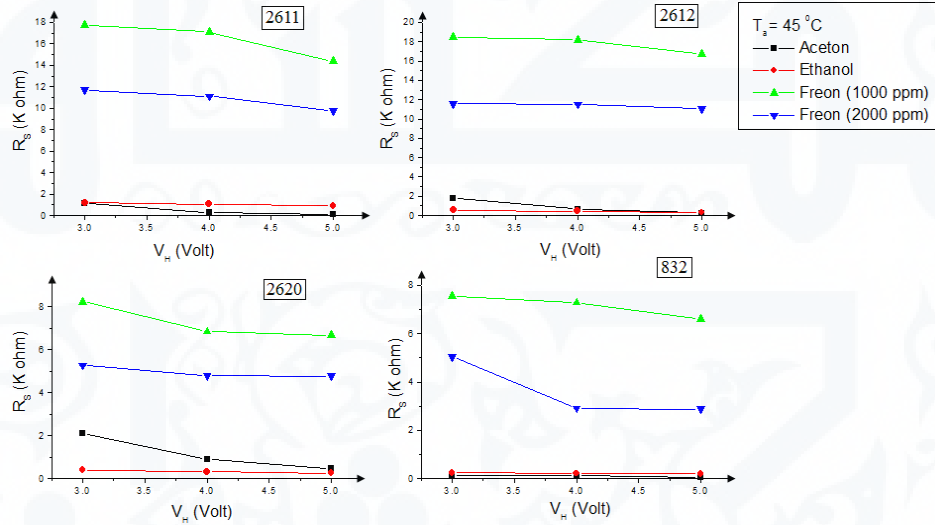
الشكل (4): حيد الحساسات متمثلاً بالبارامتر R_0

2- المقاومة المستقرة (R_S - Steady State Resistance):

وهي المقاومة المستقرة للحساسات وقد تم الحصول عليها بعد ساعة كاملة من إدخال العينة البخارية أو الغازية المدروسة ضمن جهاز توصيف الحساسات، وتم حسابها على أنها القيمة المتوسطة لآخر عشر ثواني من القراءات.

وبعد ذلك تم رسم تغيرات هذا البارامتر مع تغيرات جهد التسخين عند درجة حرارة الوسط $T_a=45^\circ\text{C}$ (علماً أننا قمنا بنفس الدراسة السابقة لأجل درجات حرارة وسط أخرى تم ذكرها سابقاً في جدول (1) شروط عمل جهاز التوصيف) ولاحظنا أنه لدى تعرض الحساسات للأبخرة أو الغاز فإننا وجدنا دائماً تناقص R_S مع ازدياد V_H ، كما لاحظنا أن أثر الأبخرة على الحساسات هو أقوى من أثر الغاز والسبب هو شدة الإستجابة وكون الأبخرة تمتلك قيمة أصغر لـ R_S (شكل 5).

العدد السادس عشر - إبريل 2017

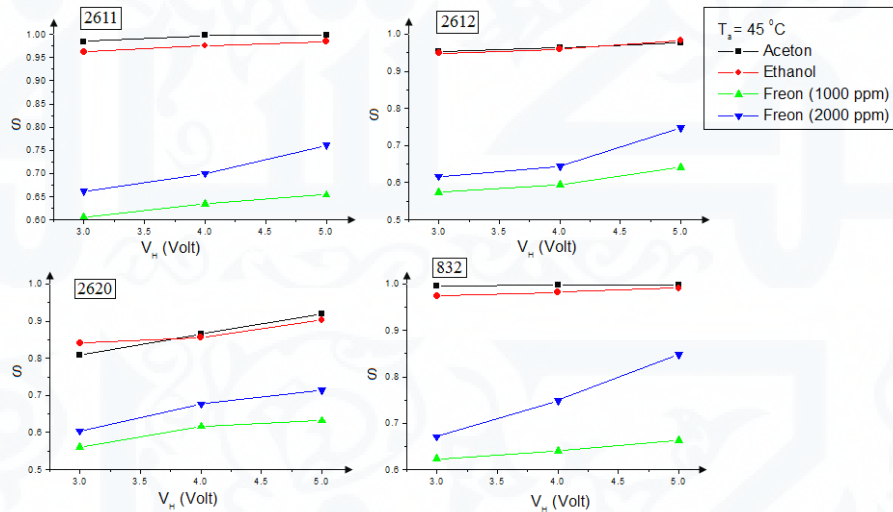


الشكل (5): تغير المقاومة المستقرة R_s مع زيادة جهد تسخين V_H للحساسات وعند درجة حرارة $T_a = 45^\circ\text{C}$ للوسط المحيط بالحساسات لأجل الأبخرة والغازات معاً

3- التحسسية S (sensitivity) :

وهي التحسسية للبخار أو للغاز المدروس وقد تم حسابها من العلاقة التالية $(S = \frac{R_0 - R_s}{R_0})$.

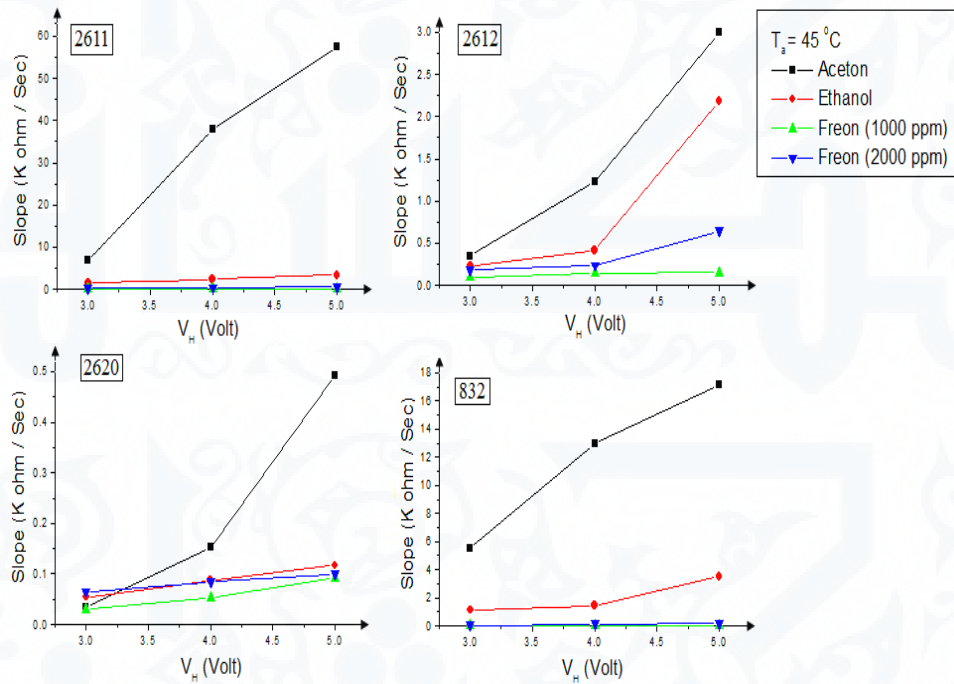
حيث أن يعتبر هذا البارامتر مهم لأنه يعبر عن أثر الغاز أو البخار على الحساس، فعند مقارنة الأبخرة مع غاز الفريون باستخدام التحسسية فقد لاحظنا بأن تحسسية مجموعة الحساسات للأبخرة كانت أكبر منها للغاز المدروس حيث كانت قيمها قريبة من الواحد وقد ظهر ذلك وبشكل واضح (شكل 6) كما أظهرت مجموعة الحساسات المستخدمة تحسسية خطية تقريباً سواءً للأبخرة أو الغازات عند تغير جهد التسخين ولأجل درجة حرارة الوسط $T_a = 45^\circ\text{C}$ (علماء أننا قمنا بنفس الدراسة السابقة لأجل درجات حرارة وسط أخرى تم ذكرها سابقاً في جدول (1) شروط عمل جهاز التوصيف).



الشكل (6): تغير التحسسية S مع زيادة جهد تسخين V_H للحساسات وعند درجة حرارة $T_a = 45^\circ\text{C}$ للوسط المحيط بالحساسات لأجل الأبخرة والغازات معاً

4- دراسة الميل Slope :

يمثل هذا البارامتر سرعة الإستجابة للحساسات ويحسب هذا البارامتر على أنه ميل الخط البياني لتغيرات المقاومة مع الزمن عند بدء الاستجابة، وقد وضحنا في الشكل (7) تغيرات الميل Slope بالنسبة لجهد التسخين ولأجل الأبخرة والغازات المستخدمة لأجل درجة حرارة الوسط $T_a = 45^\circ C$ (علماً أننا قمنا بنفس الدراسة السابقة لأجل درجات حرارة وسط أخرى تم ذكرها سابقاً في جدول (1) شروط عمل جهاز التوصيف) ولقد لاحظنا بأن الحساسات الأربعة أعطت نتائج جيدة من خلال الفصل بين الغازات والأبخرة وأفضل الحساسات التي تمتعت بهذه الصفة من مجموعة الحساسات المستخدمة هي الحساسات (TGS 2611 , TGS 2612 , TGS 832) وهذا ما يؤكد الباحث (H.Omar,2003) [9].



الشكل (7): تغير سرعة الإستجابة التحسسية Slope مع زيادة جهد تسخين V_H للحساسات وعند درجة حرارة $T_a = 45^\circ C$ للوسط المحيط بالحساسات لأجل الأبخرة والغازات معاً

5- زمن الإستجابة التحسسية t_r (Sensitivity Response Time) :

يعبر هذا البارامتر عن زمن الإستجابة التحسسية أو ما يعرف بأنه الزمن اللازم للحساس لتصل استجابته إلى نسبة 97% من الاستجابة المستقرة، حيث قمنا بإنشاء الجدول (2) الذي يتضمن الأزمنة الأصغر لكل حساس وعند أفضل درجة حرارة وجهد تسخين لأجل الأبخرة والغازات (علماً أننا أوجدنا جميع الأزمنة لجميع جهود التسخين ودرجات حرارة الوسط المذكورة سابقاً في جدول (1) شروط عمل جهاز توصيف الحساسات).

العدد السادس عشر - ابريل 2017

الجدول (2) : أفضل أزمنة استجابة t_r التي تم الحصول عليها لأجل الأبخرة والغازات لكل حساس

TGS 2611				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
T_a (°C)	45	35	45	45
V_H (Volt)	4	5	5	5
t_r (Sec)	28	54	713	141.752
TGS 2612				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
T_a (°C)	55	45	35	35
V_H (Volt)	5	3	5	5
t_r (Sec)	193	124	297	336
TGS 2620				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
T_a (°C)	45	55	35	35
V_H (Volt)	5	5	4	3
t_r (Sec)	184	79	216.5	234
TGS 832				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
T_a (°C)	45	45	45	45
V_H (Volt)	3	3	4	4
t_r (Sec)	35	85.5	489	383

نلاحظ من هذا الجدول بأن الحساسين (TGS 2611, TGS 832) استجابا لبخار الأسيتون بشكل أسرع من استجابتهما لبخار الايتانول وغاز الفريون ، بينما بالنسبة للحساسين (TGS 2612, TGS 2620) فقد استجابا لبخار الايتانول بشكل أسرع من بخار الأسيتون وغاز الفريون. أي إجمالاً يمكن القول إن الإستجابة للأبخرة هي أسرع من الإستجابة للغاز المدروس وذلك للحساسات الأربعة المستخدمة في هذا البحث.

العدد السادس عشر - أبريل 2017

وبالتالي نجد لأجل هذا البارامتر بأن أفضل شروط عمل للحساس (TGS 2611) بغض النظر عن الأبخرة والغازات المستخدمة كانت عند درجة الحرارة $T_a = 45^\circ\text{C}$ وجهد تسخين $V_H = 5\text{V}$ ، أما بالنسبة للحساسين (TGS 2612 , TGS 2620) فإن أفضل شروط عمل لهما كانت عند درجة الحرارة $T_a = 35^\circ\text{C}$ وجهد تسخين $V_H = 5\text{V}$ ، بينما نجد بالنسبة للحساس (TGS 832) فإن أفضل شروط عمل له كانت عند درجة الحرارة $T_a = 45^\circ\text{C}$ وجهد تسخين $V_H = 3\text{V}$ أو $V_H = 4\text{V}$.

6- زمن إستقرار الإستجابة التحسسية (t_s) (Steady-State Sensitivity Response Time):

يعبر هذا البارامتر عن أنه زمن بداية استقرار الحساس أو هو الزمن اللازم للحساس ليصل إلى بداية الاستجابة المستقرة والتي لأجلها تثبت قيمة مقاومة الحساس وتصبح R_s .
أيضاً قمنا بوضع الجدول (3) وضحنا من خلاله أفضل النتائج التي حصلنا عليها لأجل الحساسات الأربعة لزمن إستقرار الإستجابة التحسسية t_s .

لاحظنا سابقاً بأن هذا البارامتر لأجل بخار الأسيتون والايثانول قد ازداد مع ازدياد جهد التسخين أو زيادة درجة حرارة الوسط، لذلك قمنا باختيار أصغر جهد وأخفض درجة حرارة وسط، في حين لم يكن هناك منحنى تزايد أو تناقص لهذا البارامتر لأجل غاز الفريون مع جهد التسخين أو درجة الحرارة لذلك أخذنا أصغر الأزمنة التي استقرت عندها الحساسات.

الجدول (3): أفضل أزمنة استقرار t_s التي تم الحصول عليها لأجل الأبخرة والغازات لكل حساس

TGS 2611				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
$T_a (^\circ\text{C})$	35	35	45	35
$V_H (\text{Volt})$	3	3	5	3
$t_s (\text{Sec})$	1769	1764.5	966.5	990
TGS 2612				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
$T_a (^\circ\text{C})$	35	35	35	45
$V_H (\text{Volt})$	3	3	5	3
$t_s (\text{Sec})$	2062	1706	685	786.5
TGS 2620				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
$T_a (^\circ\text{C})$	35	35	35	35

العدد السادس عشر - إبريل 2017

V _H (Volt)	3	3	4	4
t _s (Sec)	2180	654.5	487.5	864
TGS 832				
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon	
			1000 ppm	2000 ppm
T _a (°C)	35	35	45	45
V _H (Volt)	3	3	3	5
t _s (Sec)	1773	348.5	1496.5	791.75

7- زمن إعادة التنشيط (t_a Reactivating Time):

يعبر هذا البارامتر عن أنه زمن إعادة التنشيط بالهواء وهو الزمن اللازم ليعود الحساس إلى وضعه البدائي قبل تعرضه للغاز أو البخار المدروس ويتم الحصول على هذا البارامتر من الاستجابة الزمنية لمرحلة إعادة تنشيط الحساسات بواسطة الهواء وهذا الزمن يتم حسابه انطلاقاً من بدء إعادة التنشيط وحتى الوصول إلى القيمة المستقرة لإعادة التنشيط (الوضع البدائي للحساس) حيث قمنا بدراسة هذا البارامتر عن طريق إنشاء الجدول (4) الذي يوضح الأزمنة التي يحتاجها كل حساس لإعادة تنشيطه بالهواء لكي يعود لحالته الابتدائية وذلك بعد التعرض للأبخرة أو الغازات المستخدمة.

الجدول (4): يوضح زمن إعادة تنشيط الحساس بالهواء بعد التعرض لغاز الفريون

TGS 2611			
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon
t _a (Sec)	867	689	4485
TGS 2612			
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon
t _a (Sec)	4150	5697	4455
TGS 2620			
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon
t _a (Sec)	5195	6782	4462
TGS 832			
Vapor & Gas	Acetone	Ethanol	Freon
t _a (Sec)	3446	4971	4142

العدد السادس عشر - أبريل 2017

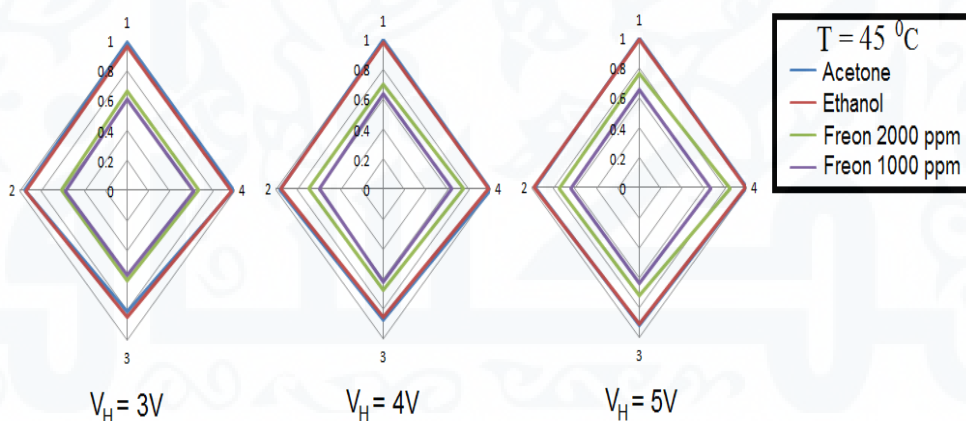
نلاحظ من الجدول بأن الحساس (TGS 2611) أخذ أصغر زمن ليعود لحالته البدائية لأجل بخار الإيتانول، في حين أن الحساسين (TGS 2612 , TGS 832) قد أخذوا أصغر زمن ليعودا أيضاً لحالتهما البدائية لأجل بخار الأسيتون، أما الحساس (TGS 2620) فقد أخذ أصغر زمن لأجل غاز الفريون. كما وجدنا أيضاً بأن أسرع الحساسات عودةً لحالتها البدائية كان الحساس (TGS2611) ثم الحساس (TGS 832) ثم الحساس (TGS 2612) وأخيراً الحساس (TGS 2620).

8 - دراسة بصمة الحساسات (Study of Fingerprint Sensors):

إن كل غاز أو بخار يتم الكشف عنه من خلال مجموعة من الحساسات أو من خلال حساس واحد فإنه يملك شيئاً خاص به يميزه عن غيره من الأبخرة أو الغازات وهذا الشيء هو ما يدعى بالبصمة أي (توقيع) لذلك قمنا بإيجاد البصمات الخاصة للأبخرة والغاز المستخدم لأجل أهم البارامترات المدروسة وهي (التحسسية S و التي بشكل أو بآخر يعبر أيضاً عنها R_0 و R_S ، سرعة الاستجابة التحسسية Slope ، زمن استقرار الإستجابة التحسسية t_s) وسوف نعتمد في هذه الدراسة على أن المحاور الأربعة الموجودة في الأشكال التي سنعرضها لاحقاً تمثل الحساسات الأربعة (1-2-3-4) على الترتيب (-2611-2612-2620-832) كما أن جميع المحاور تمتلك نفس التدرجات، وبالتالي لدى رسم أي بارامتر فإن الشكل الناتج سوف يوضح لنا توضع هذا البارامتر على المحاور الأربعة (أي سوف يظهر لنا قيم هذا البارامتر لكل حساس) وبالتالي سوف نحصل على شكل خاص يميز البخار أو الغاز تدعى بالبصمة لأجل هذا البارامتر.

1- بصمة الحساسات بالنسبة للتحسسية S :

يوضح الشكل (8) البصمة لأجل التحسسية S للحساسات الأربعة لأجل جميع جهود التسخين.



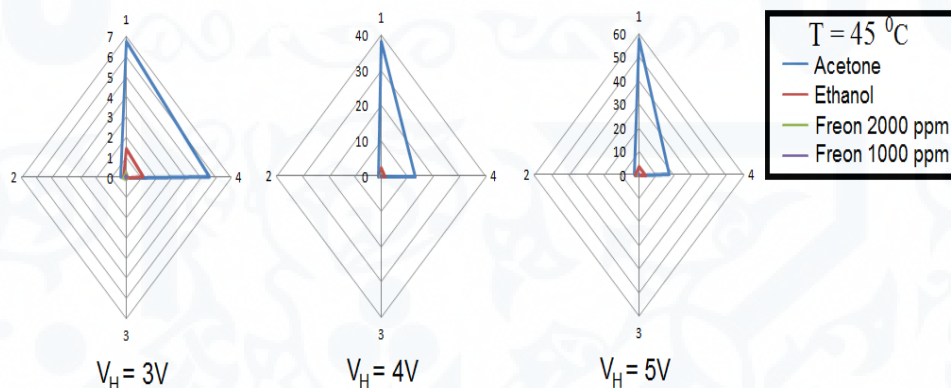
الشكل (8): بصمة الحساسات لأجل البارامتر S عند كمونات تسخين مختلفة لأجل الأبخرة والغازات

نلاحظ من الشكل بأن جميع الحساسات الأربعة قد استجابت بشكل أفضل بكثير للأبخرة مما هي عليه للغازات وذلك لأن حساسية الأبخرة كانت أقرب للواحد من الغازات، كما نلاحظ أيضاً بأن الحساسين (TGS 2611 , TGS 832) كانت استجابتهما أفضل للأبخرة والغازات من الحساسين (TGS 2612 , TGS 2620) حيث نلاحظ بأن التوجه أكبر ما يمكن نحو المحورين (1 , 4).

العدد السادس عشر - أبريل 2017

2- بصمة الحساسات بالنسبة للميل Slope :

أيضاً قمنا برسم البصمة للحساسات الأربعة، والشكل (9) يوضح البصمات الأربعة الخاصة بالحساسات.

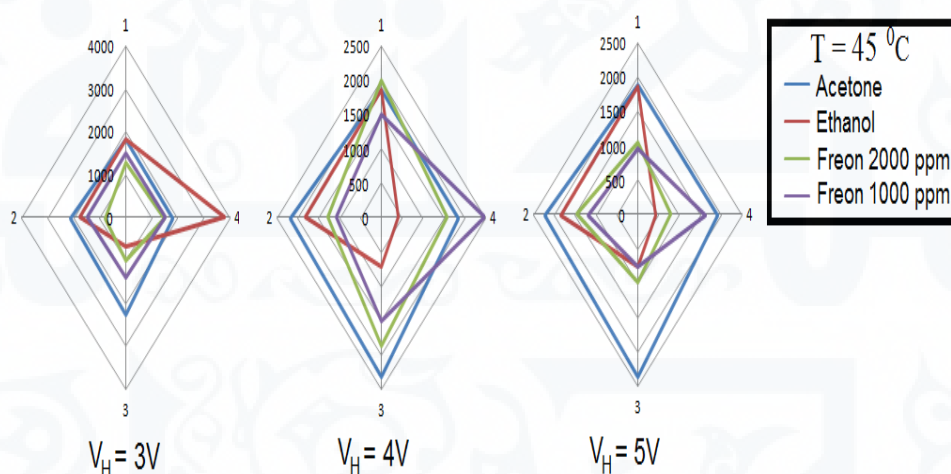


الشكل (9): بصمة الحساسات لأجل البارامتر Slope عند جهود تسخين مختلفة لأجل الأبخرة والغازات

نلاحظ من الشكل بأن أفضل التوجهات كانت نحو المحور (1) أي باتجاه الحساس (TGS 2611) ومن ثم نحو المحور (4) أي للحساس (TGS 832) وذلك لأجل بخار الأسيتون، وأيضاً كذلك لأجل بخار الايتانول، في حين كانت غير ملاحظة بشكل جيد للغاز (ذكرنا سابقاً بأن جودة الحساس لأجل هذا البارامتر بكبر قيمته وهذا ما وجدناه لأجل الأبخرة أكثر من الغازات).

3- بصمة الحساسات بالنسبة لـ t_s :

لاحظنا من الشكل (10) بأن قيم هذا البارامتر لأجل الأبخرة (الأسيتون والايثانول) كانت أكبر من قيمه لأجل غاز الفريون.



الشكل (10): بصمة الحساسات لأجل البارامتر t_s عند جهود تسخين مختلفة لأجل الأبخرة والغازات

5- الخاتمة (Final):

يمكن في النهاية استنتاج ما يلي:

إن مجموعة الحساسات التي تم استخدامها في هذا البحث قد أبدت استجابة جيدة جداً للأبخرة المدروسة والغاز المدروس وكانت سرعة استجابتها جيدة أيضاً وذلك من خلال البارامترات التي تم شرحها سابقاً، ولقد استنتجنا أيضاً بأن الحساسات المستخدمة استطاعت الكشف عن الأبخرة بشكل أسرع من الغازات بوساطة بارامتر زمن الإستجابة t_r ، وفي المقابل استنتجنا بأن الحساسات قد حققت زمن استقرار t_s أفضل للغازات من زمن استقرار الأبخرة (أي أن الحساسات وصلت للحالة المستقرة بزمن أقل للغازات مما هو عليه للأبخرة وهذا ما وضعناه سابقاً في الجدول (3)) واستطعنا من خلال خاصية بصمة الحساس أن نوجد شكل خاص أو بصمة خاصة بمجموعة الحساسات المستخدمة لدى تعرضها للبخار أو للغاز.

6- Reference

1. K . Ihokura and J. Watson, The stannic oxide gas sensor: principles and applications, Florida, USA, CRC Press Boca Raton, 1994.
2. H . T. Nagle, R. Gutierrez-Osuna and S. S. Schiffman, *The how and why of electronic noses*, IEEE Spectrum, 35, 9(1998), 22-34.
3. S . CAPONE .; SICILIANO P.; QUARANTA F.; RELLA R.; EPIFANI M.; VASANELLI L., - *Analysis of vapors and foods by means of an electronic nose based on a Sol- Gel metal oxide sensors array- Sensors and Actuators B*, 69(2000), 230-235.
4. L.Bie, X.Yan, J.Yin, Y.Duan, Z.Yuan " Nanopillar ZnO gas sensor for hydrogen and ethanol " - 2007.
5. Sh .Lin , Dongrong Li , Jian Wu , Xiaogan Li , Sheikh Akbar , " A selective room temperature formaldehyde gas sensor using TiO₂ nanotube arrays " – 2011.
6. Qi.Qi, T.Zhang, L.Liu, X.Zheng, Q.Yu, Y.Zeng, H.Yang " Selective acetone sensor based on dumbbell-like ZnO with rapid response and recovery " – 2008.
7. R.Rella; J.Spadavecchia; M.G.Manera; S.Capone; A.Taurino; M.Martino; A.P.Caricato; T.Tunno - Acetone and ethanol solid-state gas sensors based on TiO₂ nanoparticles thin film deposited by matrix assisted pulsed laser evaporation - 127(2007),426431.
8. M . Alhamed , O . Hille , N . Maznoug; Constructing an experimental apparatus to characterize gas sensors for acetone and ethanol vapors, -University of Jordan, Jordan , Dirassat (2012).
9. H .Omar, M. Siadat et M. Lumbreras, "Time reduced discrimination of two pollutant environmental gases with an electronic nose, The 10th International Symposium on Olfaction and Electronic Nose" ISOEN '03, 26-28 June, 2003, Riga, Latvia.