

## سنسورهای گاز (Gas Sensor)

میثم فنودی

[rtmmz3319@yahoo.com](mailto:rtmmz3319@yahoo.com)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

**چکیده:** در محیط زندگی ما ممکن است آلاینده ها و گازهای بسیاری وجود داشته باشد که در نهایت منجر به تخریب محیط زیست، ایجاد بارانهای اسیدی، اثرات گلخانه ای، تخریب لایه ازن و مسمومیت های خطرناک در افراد شود. برای تشخیص این گازها و مواد شیمیایی به ابزاری نیازمندیم که بتوانیم آنها را تشخیص دهیم. که با ظهور و تکامل تکنولوژی میکروالکترونیک در دهه ۱۹۷۰ سنسورهای جدید مورد توجه قرار گرفتند و سنسورهای مختلفی با قیمت ارزان و کاربرد آسان تولید شد. این سنسورهای با توجه به ویژگیها و مشخصه های منحصر به فرد خود، برای استفاده صحیح و بدون خطا نیازمند طراحی یک مدار ساده و دقیق با رعایت کامل نکات ایمنی برای مراقبت از سنسور و حفظ آن است، که در این مقاله به آن می پردازیم.

**کلمات کلیدی:** سنسورهای گاز نیمه هادی، میکروالکترونیک، حساسیت، آشکارسازی

### ۱. مقدمه

سنسورها عموماً رابط بین سیستم کنترل الکتریکی از یک طرف و محیط، عملیات رشته کارها یا ماشین از طرف دیگر هستند. سنسور اطلاعات راجع به محیط از قبیل درجه حرارت، فشار، نیرو و غیره را تبدیل به یک سیگنال الکتریکی می نماید. ازدیاد سنسورها و مدارات الکتریکی تغییر شکل دهنده سیگنال، فرصت های مہیجی برای تعداد زیادی از کاربردها پدید آورد. بنابراین برهه زمانی جدیدی در زمینه سنسور در دهه ۱۹۸۰ شروع شد.

اگر چه سنسورها به همراه علم میکروالکترونیک پردازشگر اطلاعات یک گام مهم رو به جلو را عرضه می دارد لیکن این تنها اولین قدم است. در این مرحله سنسورها از تعدادی از عناصر میکروالکترونیک موجود برای مثال به شکل پردازشگرها، حافظه ها، مبدل های آنالوگ به دیجیتال یا تقویت کننده ها، برای آماده نمودن سیگنال خروجی استفاده می کنند. دومین گام نیز اتصال سنسور به بخش مکانیکی می باشد.

اطلاعات حاصل شده توسط سنسور پس از عبور از یک طبقه پردازش سیگنال الکتریکی وارد بخش کنترل کننده می شود. حال اگر از بحث قبل بگذریم وارد محیطی که در آن زندگی می کنیم بشویم، می بینیم که در این محیط گازها و آلاینده های بسیاری وجود دارند که منبع تولید هر کدام از این گازها و آلاینده ها، صنایع، منازل و اتومبیل ها می باشند که نتیجه آن برای محیط زیست، تولید باران های اسیدی، اثرات گلخانه ای، تخریب لایه ازن و... می باشد.

روزنامه ایران مورخ ۱۳ مردادماه ۱۳۸۳ آماری در سه ماه اول سال جاری ارائه کرده بود که گاز منواکسید کربن جان ۱۴۰ تن را گرفت.

به گزارش خبرنگار حوادث ایسنا، آمار فوت شدگان سه ماه اول سال جاری نسبت به سال گذشته در حوادث مسمومیت منواکسید کربن ۲۳/۸ در صد رشد داشته است. به گزارش روابط عمومی سازمان پزشکی قانونی کشور ۹۹تن از موارد مسمومیت‌های منواکسید کربن در مردان رخ داده که بالغ بر ۷۰/۷ در صد است.

فلوشیپ سم شناسی بالینی بیمارستان لقمان الدوله تهران، با اشاره به موارد مزمنی که افراد مجاورت گاز قرارمی‌گیرند گفت: سردرد، تهوع و دردهای عضلانی علائمی هستند که به کرات در مسمومیت مزمن این گاز بروز می‌کنند. اما چون شبیه بسیاری از بیماریهای دیگر است، افراد متوجه مسمومیت خود با گاز نمی‌شوند. و یا نمونه‌هایی دیگر از این مسمومیت‌ها که کارگران پالایشگاه‌ها، یخچال سازها و یا در بیمارستانها و.... که نه تنها از منواکسید کربن بلکه از گازهای دیگر نیز ناشی می‌شود وجود دارد که بیشتر افراد متوجه مسمومیت خود از طریق استنشاق گاز نمی‌شوند.

برای تشخیص و آشکارسازی این گازها و مواد شیمیایی به ابزاری نیازمندیم که بتوان آنها را تشخیص داده و در صورت امکان بتوان با آنها مقابله کرد. یا حتی تشخیص نوع گاز می‌تواند کمک بزرگی در مداوا فردی که مسموم شده بکند. و همچنین تشخیص آلاینده‌ها جهت محافظت محیط زیست بسیار ضروری و مهم است.

تکنیک‌های تشخیص گاز که تا سال ۱۹۹۵ از آنها استفاده می‌شد تکنیک‌های معمولی بوده‌اند. یک مشکل اساسی این تکنیک‌ها پاسخ زمانی بالا برای تشخیص گازها بود. در نتیجه برای رفع این مشکل نیاز به ابزاری با پاسخ زمانی پایین حس می‌شد. علاوه بر آن به ویژگی‌هایی از قبیل حساسیت بالا و دوام زیاد نیاز می‌شد.

پژوهشگران در اولین دهه ۱۹۵۰ دریافتند که تغییر در ترکیب گازهای اطراف نیمه‌هادی می‌تواند در هدایت الکتریکی آنها تاثیر بگذارد در آن زمان این اثر را در مورد ژرمانیوم تک کریستال بررسی کردند و آن را برای گازهای مختلف اندازه‌گیری کردند و دریافتند که ژرمانیوم حساسیت کمتری نسبت به گازهای محیط دارد.

این بحث تحقیقات وسیعی را طلب می‌کرد و به دنبال آن نیمه‌هادی‌های مختلف برای آشکارسازی گاز پیشنهاد شد. به دلیل مشکل اندازه‌گیری حساسیت در سنسورهای ساخته شده با این نیمه‌هادی‌ها دانشمندان به این نتیجه رسیدند که دمای کار حسگر را بالا برده و در دمایی بالاتر از دمای اتاق، شرایط کار را برای حسگر فراهم آورند.

با بالا بردن دمای سطح حسگرهای گازی، حساسیت الکتریکی آنها نسبت به گازهای مختلف افزایش پیدا کرد. و به دنبال آن باز مشکلات دیگری پیدا شد که کارکرد آنها را مختل نمود. از جمله مهمترین این مشکلات، اکسید شدن سطح نیمه‌هادی بود. و با بروز این مشکلات نیمه‌هادی‌های دیگری شناسایی شدند که نیمه‌هادی‌های اکسیدی در اولویت قرار گرفتند.

$H_2$ ،  $O_2$ ،  $Co_2$ ،  $Co$  و... به عنوان حسگرهای گازهایی نظیر  $V_2O_5$ ،  $MgCr_2O_4$ ،  $TiO_2$ ،  $Sno_2$ ،  $In_2O_3$ ،  $Wo_3$

$So_2$ ،  $H_2S$ ،  $H_2SO_4$ ، آزمایش میزان الکل در تنفس، کنترل فرآیند تخمیر، کنترل تهویه برای منازل و صنایع کشاورزی و مرغداری، آشکارسازی نشتی آمونیاک در یخچال و آشکارسازی گازهای خانگی (متان، بوتان و پروپان) به کار می‌رود. هر کدام از کاربرد های فوق، ویژگیها، خصوصیات و تکنولوژی منحصر به فردی را برای سنسور طلب خواهد کرد.

فناوری‌هایی که برای ساخت سنسورهای نیمه‌هادی به کار می‌رود عبارتند از فناوری فیلم نازک و ضخیم، فویل (Foil)، سینتر (Sinter)، بیولوژیک، فیبر نوری، لیز نوری، میکروویو و... فناوریهای از قبیل پلیمر و آلیاژهای فلزی با مواد پیزوالکتریک نیز نقش مهمی را در تولید سنسورها بازی می‌کنند. ولی اساس و پایه ساخت تمام سنسورها همان فناوری میکروالکترونیک می‌باشد. زمینه‌های اصلی کاربرد سنسورهای نیمه‌هادی همگی تهیه گاز نصب شده به طور خانگی، سیستم‌های اخطار برای تشخیص گازها در پالایشگاه‌ها و صنایع دیگر، برای آزمایش میزان الکل در تنفس و... می‌باشد. سنسورهای نیمه‌هادی که تغییرات در سطح مقاومت را شناسایی می‌کنند همچنین برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی نیز بکار می‌رود.

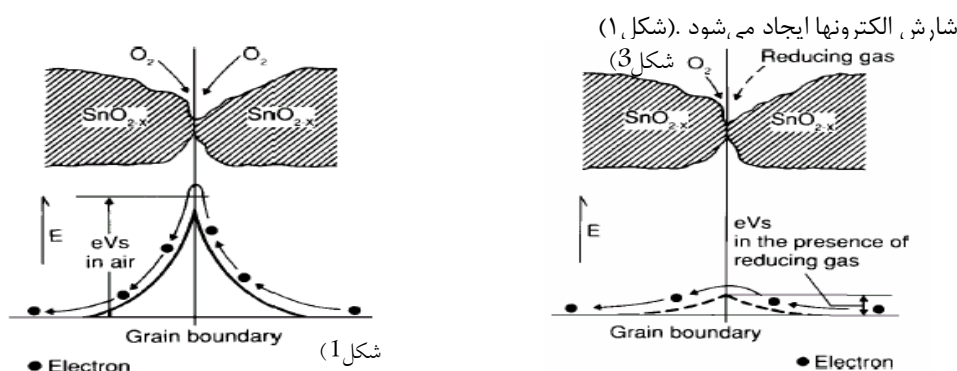
شناخته شده ترین سنسورهای گازی سنسورهای گازی تاگوچی<sup>۱</sup> TGS است که برپایه  $SnO_2$  می باشد و توسط شرکت فیگارو<sup>۲</sup> ژاپن تولید می شود. شرکت فیگارو در تولید سنسورهای گاز موفق بوده و انواع مختلفی از سنسورهای گاز تولید کرده (با کد از هم متمایز شده اند) که دارای کاربردها و خصوصیات گوناگونی هستند.

## ۲. سنسورهای گاز TGS (آشکارسازهای گازهای متراوش سمی و منفجره):

فناوری به کار برده شده در سنسورهای TGS فناوری فیلم ضخیم نیمه هادی های اکسید فلزی می باشد. این سنسورها با قیمت کم، عمر طولانی و حساسیت خوب در صورتیکه در یک مدار الکتریکی مناسب بایاس شود توسط شرکت فیگارو عرضه می شود.

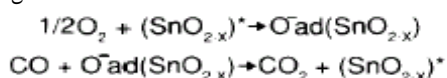
### ۲-۱. عملکرد:

ماده حسگر سنسورهای گاز TGS اکسید فلز، معمولاً  $SnO_2$  می باشد. وقتی که اکسید فلز مانند  $SnO_2$  در دمای بالای معین هوا گرم شود، اکسیژن روی سطح کریستال، با یک بار منفی به صورت سطحی جذب می شود. سپس الکترونهای دهنده در سطح کریستال با اکسیژن جذب شده سطحی مبادله می شوند، که منجر به از دست رفتن بارهای مثبت در فضای لایه بار می شود. بنابراین پتانسیل سطحی برای فراهم کردن یک سد پتانسیل در خلاف



شکل (۱) در غیاب گاز

شکل (۳) در حضور گاز



شکل (۲) رابطه بین  $CO$  و اکسیژن جذب شده روی  $SnO_2$

درون سنسور، در قسمت اتصال مرز ذرات میکروکریستال های  $SnO_2$ ، یک جریان الکتریکی شارش می یابد. در مرزهای ذرات، اکسیژن جذب شده سطحی، یک سد پتانسیلی برای جلوگیری از حرکت آزادانه حاملها بوجود می آورد. مقاومت الکتریکی سنسور نیز با این سد پتانسیل نسبت دارد. در صورت وجود یک گاز احیاء کننده چگالی سطحی اکسیژن باردار شده با بار منفی کاهش می یابد که منجر به کاهش ارتفاع سد پتانسیل در مرز ذرات می شود (شکل ۲ و ۳). کاهش ارتفاع سد نیز مقاومت سنسور را کاهش می دهد.

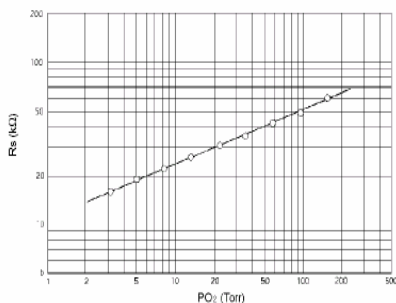
رابطه بین مقاومت سنسور با مقدار گاز احیاء کننده می تواند بوسیله تساوی زیر بامیزان ثابتی از مقدار گاز بدست آید.

$$R_s = A [C]^{-a} \quad (1)$$

مقاومت الکتریکی سنسور  $R_s$   
ثابت  $A$   
مقدار گاز  $[C]$   
شیب منحنی  $a$

<sup>1</sup> Tagochi Gas Sensor

<sup>2</sup> Figaro Co



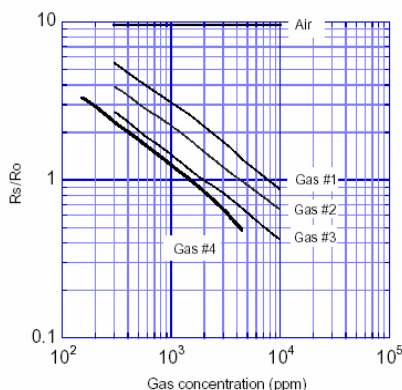
## ۲-۲. مشخصه و ویژگیهای سنسور:

### ۲-۲-۱. وابستگی به فشار جزئی اکسیژن :

شکل ۴ رابطه بین فشار گاز در اتمسفر و مقاومت نمونه‌ای از سنسور TGS در هوای تمیز را نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که کاهش فشار اکسیژن ، مقاومت سنسور را کاهش خواهد داد.

### ۲-۲-۲. میزان حساسیت گاز:

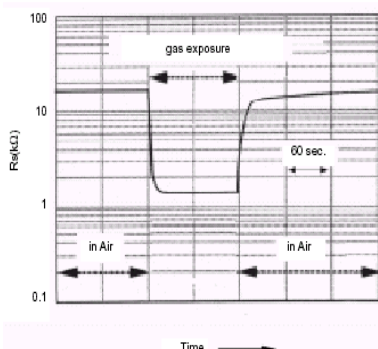
شکل ۴) نمونه‌ای از وابستگی در اتمسفر  $PO_2$



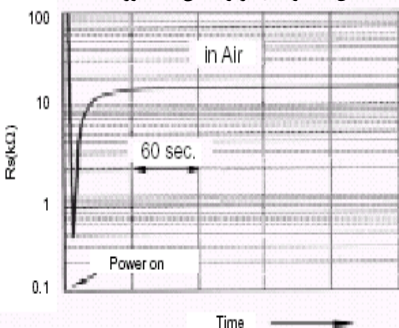
شکل ۵) نمونه‌ای از مشخصه‌های حساسیت

با توجه به فرمول (۱)، رابطه بین مقاومت سنسور و مقدار گاز ، رابطه‌ای خطی در مقیاس لگاریتمی است. در حالتی که مقدار گاز، در رنج کاری خود عملی باشد (از چندین ppm تا چندین هزار ppm). شکل ۵ نمونه‌ای از رابطه بین مقاومت سنسور با مقدار گاز را نشان می‌دهد . سنسور با تغییرات گازهای احیاءکننده حساسیت نشان خواهد داد . البته حساسیت نسبی به گازهای معین می تواند با در نظر گرفتن دمای کار و مدار حسگر بهینه‌سازی شود. از آنجایی که مقادیر واقعی مقاومت سنسور، از یک سنسور به سنسور دیگر متفاوت است. ویژگیهای حساسیت نوعی بیان می کند نسبت مقاومت سنسور در چگالیهای گوناگون گاز ( $R_s$ ) بالاتر از مقاومت در چگالی معین از گاز مورد نظر ( $R_o$ ) است.

### ۲-۲-۳. واکنش سنسور:



شکل ۶) نمونه‌ای از واکنش سنسور



شکل ۷) نمونه‌ای از عملکرد اولیه

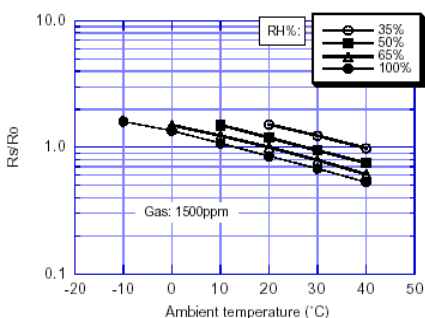
شکل ۶ رفتار خاصی را وقتی که سنسور در معرض گاز احیاء کننده قرار می گیرد و سپس برداشته می شود نشان می دهد . مقاومت سنسور هنگامی که در معرض گاز قرار می گیرد به سرعت افت می کند و هنگامی که از آنجا برداشته می شود در زمانی کوتاه به مقدار اصلی خود بر می گردد. سرعت واکنش سنسور با توجه به مدل سنسور و گاز به کار برده شده متفاوت خواهد بود.

### ۲-۲-۴. عملکرد آغازین:

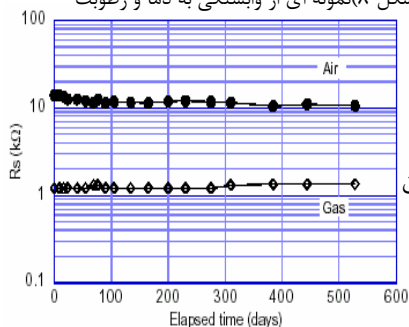
همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است ، تمامی سنسورها یک رفتار گذرا وقتی که در هوا بدون انرژی و تحریک می شوند، از خود نشان می دهند که به عنوان عملکرد آغازین شناخته می شود. برای چندین ثانیه اول بعد از گرفتن انرژی ،  $R_s$  بدون توجه به درصد گازها به سرعت افت می کند و سپس با توجه به اتمسفر محدود شده ، به میزان ثابت میرسد. طول عملکرد آغازین به شرایط اتمسفر هنگام جایگذاری و همچنین به خود مدت جایگذاری بستگی دارد و با مدل سنسور تغییر می کند. این رفتار هنگامی که مدار برای آن طراحی میشود باید لحاظ شود. زیرا در این رفتار طول لحظات اول که مدار روشن می شود ممکن است خطایی بوجود آید.

### ۲-۲-۵. وابستگی به دما و رطوبت: اصل آشکارسازی و تعیین گاز در این نوع سنسورها بر اساس جذب سطحی و

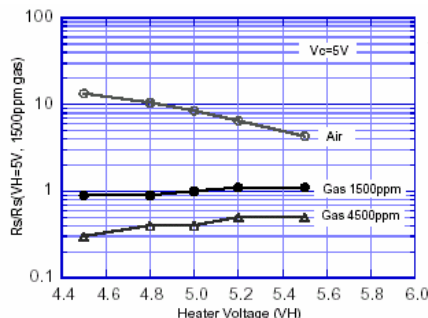
دفع سطحی شیمیایی گازها در سطح سنسور می باشد. به عنوان یک نتیجه، دما محدود شده به وسیله تغییر دادن میزان واکنش شیمیایی، ویژگی های حساسیت را تحت تاثیر قرار می دهد .



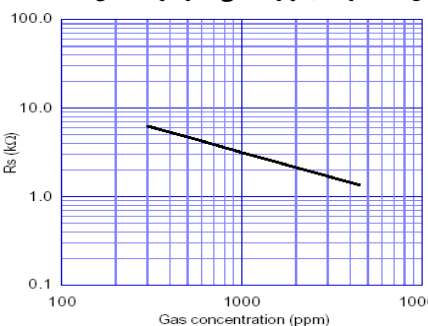
شکل ۸) نمونه ای از وابستگی به دما و رطوبت



شکل ۹) نمونه ای از طول دوره پایداری



شکل ۱۰) نمونه ای از وابستگی به ولتاژ فیلیمان



شکل ۱۱) مشخصه‌های حساسیت ( $R_s$ )

ولتاژ خروجی ( $V_{R_l}$ ) وقتی که سنسور در یک مدار استفاده می‌شود. (همچون شکل ۱۴) همراه با مقادیر  $R_l$  مختلف

( $1k\Omega$ ،  $2.5k\Omega$  و  $5k\Omega$ )، شکل ۱۳ رابطه بین  $R_s/R_l$  و  $V_{R_l}/V_c$  را نشان می‌دهد.

در نقطه‌ای که  $R_s/R_l$  برابر ۰.۱ است شیب  $V_{R_l}/V_c$  به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد. در این نقطه دقت مطلوبی از سیگنال در شدت اخطار می‌توان بدست آورد. به عنوان یک نتیجه به استفاده از یک  $R_l$  که  $R_s/R_l$  مقدار یست برابر با ۰.۱ در شدتی که آشکار می‌کند توصیه می‌شود. برای یک نتیجه مطلوب یک مقاومت متغیر لازم است.

همچنین افزایش رطوبت نیز مانند بخار آب جذب شده در سطح سنسور می‌تواند باعث کاهش  $R_s$  شود. شکل ۸ نمونه‌ای از این وابستگی‌ها را نشان می‌دهد. هنگام استفاده از این سنسورها از مدار جبران ساز حرارتی بهره می‌گیرند.

## ۲-۲-۶. طول دوران پایداری:

شکل ۹ نمونه‌ای از اطلاعات مربوط به طول دوران پایداری برای سنسورهای سری TGS نشان می‌دهد. عموماً سنسورهای TGS، کارکرهای پایداری رادر واحد زمان نشان می‌دهند که این ویژگی آنها را برای مقاصد عملکردهای بدون نیاز به تعمیرات، مناسب ساخته است.

## ۲-۲-۷. وابستگی به ولتاژ فیلیمان:

سنسورهای TGS به گونه‌ای طراحی شده‌اند که تحت ولتاژ ثابت معین فیلیمان ویژگی‌های حساسیتی بهینه را از خود نشان می‌دهند. شکل ۱۰ نمونه‌ای از تغییرات حساسیت گاز با ولتاژ فیلیمان را نشان می‌دهد. از آنجایی که سنسور به ولتاژ فیلیمان وابسته است با توجه به ویژگی‌ها و مشخصات، ولتاژ فیلیمان تنظیم شده و کنترل شده ثابتی باید به سنسور داد.

لازم به ذکر است که ویژگی‌های فوق به صورت کلی است و منحصر به سنسور خاصی نیست.

## ۲-۳-۳. طرح مدار:

ابتدا به صورت کلی مداری برای استفاده سنسور طراحی می‌کنیم، اما بسته به نوع سنسور و مشخصه‌های آنها مقادیر و المانهای مختلفی را طلب میکند.

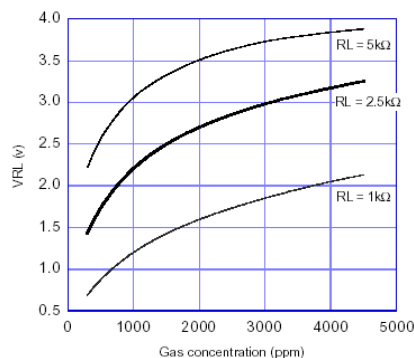
## ۲-۳-۱. مقاومت بار $R_l$ :

سیگنال خروجی از مقاومت باری که همانند یک نگهدارنده (محافظ سنسور) با سنسور تنظیم کننده مصرف قدرت ( $P_s$ ) در زیر مقدار نامی برای سنسور عمل می‌کند بدست می‌آید.

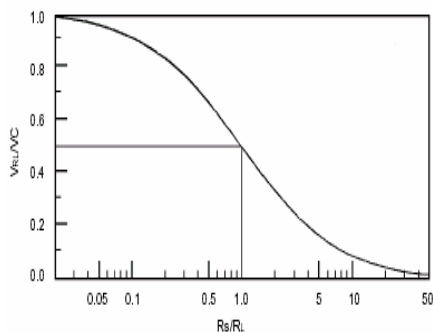
انتخاب درست و صحیح مقاومت بار  $R_l$  برای یک سنسور منحصر به فرد قادر می‌سازد سنسور مشخصات یکسانی را عرضه بدارد. بنابراین مصرف کننده می‌تواند سنسور را تحت بهترین مشخصه‌ها به کار برد.

شکل ۱۱ نمونه‌ای از مشخصه‌های حساسیت یک سنسور را نشان می‌دهد.

شکل ۱۲ غلظت و تراکم گاز را نشان می‌دهد ( $V_s$ ).

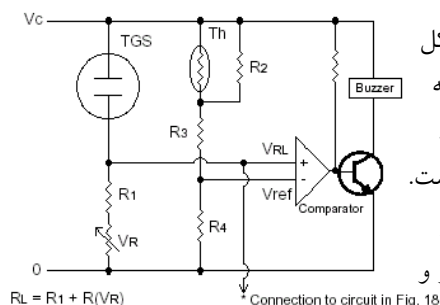


شکل ۱۲) مشخصه‌های حساسیت ( $V_{Rl}$ )

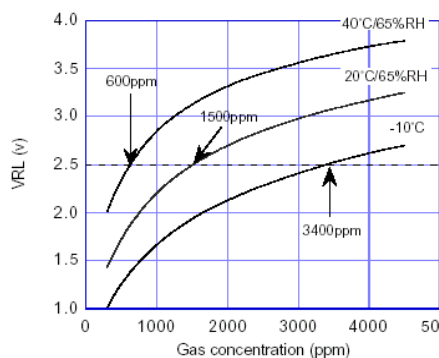


شکل ۱۳) رابطه بین  $V_{Rl}/V_c$  و  $R_s/R_l$

## ۲-۳-۲. پردازش سیگنال:

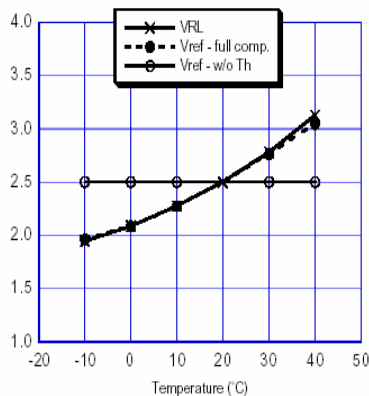


شکل ۱۴) مدار متعارف برای جبران حرارت



شکل ۱۵) منحنی حساسیت برای یک گاز

شکل ۱۶) تاثیر مدار جبران ساز



<sup>1</sup> Partical Per Million

روش قراردادی پردازش سیگنال خروجی استفاده از مقایسه کننده مانند شکل ۱۴ است. وقتی که  $V_{Rl}$  از مقدار از پیش تنظیم شده  $V_{ref}$  تجاوز کند مقایسه کننده سیگنال تجهیزات خارجی از قبیل زنگ اخبار و LED را فعال می کند. استفاده از میکروپروسسور برای پردازش سیگنال عمومیت بیشتر پیدا کرده است. میکروپروسسور می تواند عملکرد یکسانی مثل مقایسه کننده در افزودن دیگر عملکردهای سودمند از قبیل جبران وابستگی حرارتی و کالیبره کردن خودکار و غیره داشته باشند.

## ۲-۳-۳. مدار جبران ساز حرارتی:

شکل ۱۵ یک منحنی حساسیت برای یک گاز مورد نظر تحت چندین شرایط محدود نشان می دهد.

بدون مدار جبران ساز حرارتی نقطه اخطار می تواند از  $600 \text{ ppm}^1$  تا  $3400 \text{ ppm}$  تغییر کند، وقتی که در  $1500 \text{ ppm}$  از گاز مورد نظر در شرایط  $20^\circ\text{C}$  و  $65\% \text{ RH}$  کالیبره شده است.

فرض کنید میانگین ثابت  $\text{RH}$ ،  $65\%$  باشد،  $V_{ref}$  در شکل ۱۴ می تواند با استفاده از ترمیستور تغییر کند بخاطر اینکه این وابستگی به درجه حرارت معین را جبران سازد.  $V_{ref}$  ممکن است از  $2.59$  تا  $3.1$  ولت (تحت  $40^\circ\text{C}$ ,  $65\% \text{ RH}$ ) یا تا شکل ۱۵ منحنی حساسیت برای یک گاز  $1.9$  ولت تغییر کند. نتیجه استفاده از مدار جبران ساز در شکل ۱۶ و در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱) تاثیر مدار جبران ساز

شرایط اندازه گیری		غلظت گاز ppm	
درجه حرارت ( $^\circ\text{C}$ )	رطوبت ( $\% \text{ RH}$ )	با مدار جبران ساز	بدون مدار جبران ساز
-10	65	1400	3400
0	65	1450	3100
10	65	1475	2500
20	65	1500	1500
30	65	1505	1000
40	65	1520	600

برای انتخاب یک ترمیستور و یا یک مقاومت اضافی روش های زیر پیشنهاد می شود:

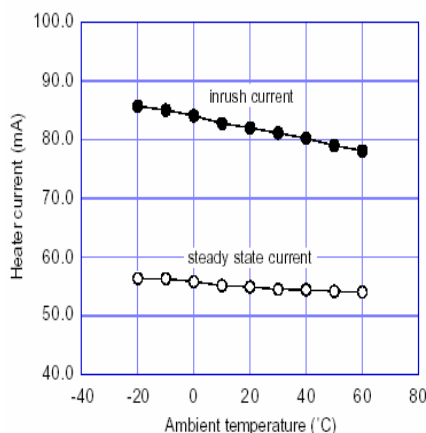
(۱) شناختن دامنه درجه حرارت محدود و رطوبت پیش بینی شده. در این کاربرد، بین  $10^{\circ}C$  و  $40^{\circ}C$ ،  $40\% \sim 65\% RH$  می تواند مطرح شود، با یک مقدار میانگین  $20^{\circ}C, 65\% RH$ .

(۲) بدست آوردن منحنی های مشخصات حساسیت گاز مورد نظر بالای دامنه شرایط محدود.

(۳) معین کردن ترمیستور و مقاومت های اضافی در تقریبی از منحنی میانگین.

مقادیری برای مدار جبران ساز معرفی شده همچنانکه در شکل ۱۴ نشان داده شده است به صورت زیر است:

$$B=4200 \quad Th: R_s(25^{\circ}C) = 8k\Omega \quad R_1 = 1k\Omega \quad R_2 = 10k\Omega \\ R_4 = 5.8k\Omega \quad R_3 = 0.8k\Omega$$



## ۲-۳-۴. جریان هجومی فیلیمان سنسور سری TGS2000

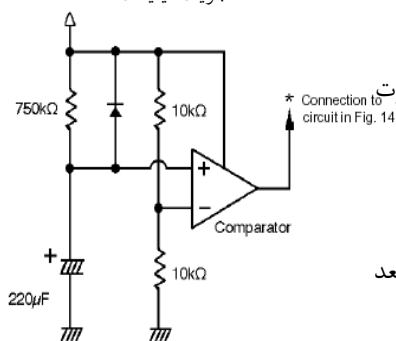
مواد فیلیمان سنسور وابستگی حرارتی خود را دارا می باشد. شکل ۱۷ هم جریان هجومی و هم حالت پایدار جریان فیلیمان را در درجه حرارت های محدود مختلف برای سری 2000 نشان می دهد.

این نمودار نشان می دهد که جریان هجومی تقریباً 50% بالاتر از جریان حالت پایدار است. نظر به اینکه مقاومت فیلیمان یک مقدار پایین در درجه حرارت کم نشان می دهد که این باعث خواهد شد بیشتر از جریان مورد انتظار در درجه حرارت اتاق باشد.

در نتیجه وقتی که یک وسیله استفاده کننده سنسور برای اولین بار روشن می شود ممکن است به شدت، جریان بسیار بالایی در لحظه کم اولیه روشن شدن تولید کند. بنابراین حفاظت از جریان هجومی برای تلفیق طرح مدار باید مطرح شود.

## ۲-۳-۵. مدار آشکار ساز شکست فیلیمان سنسور:

شکست فیلیمان سنسور می تواند با یک مقاومت متصل شده به فیلیمان به صورت سری آشکار شود. ولتاژ یکسره مقاومت وصل شده می تواند برای این هدف استفاده شود.



## ۲-۳-۶. جلوگیری از عملکرد اولیه مطابق فعال شدن آلام:

مانند توضیحاتی که در قسمت ۲-۴ داده شد مقاومت  $R_p$  برای ثانیه های اولیه بعد از انرژی دادن به سرعت افت می کند، باعث می شود  $V_{R_i}$  از  $V_{ref}$  تجاوز کند.

صرف نظر از حضور گاز و پس از حرکت به سمت یک میزان پایدار بر طبق فشار

جو محدود (اولین عملکرد). بعد از این رفتار، در طی شروع کردن به پردازش، محتمل به فعال کردن آلام طی اولین لحظه انرژی دادن خواهد شد. برای ممانعت عملکرد اولیه از فعال شدن آلام از یک مدار همچون شکل ۱۸ باید استفاده کرد. این مدار باید به  $V_{R_i}$  در مدار سنسور وصل شود.

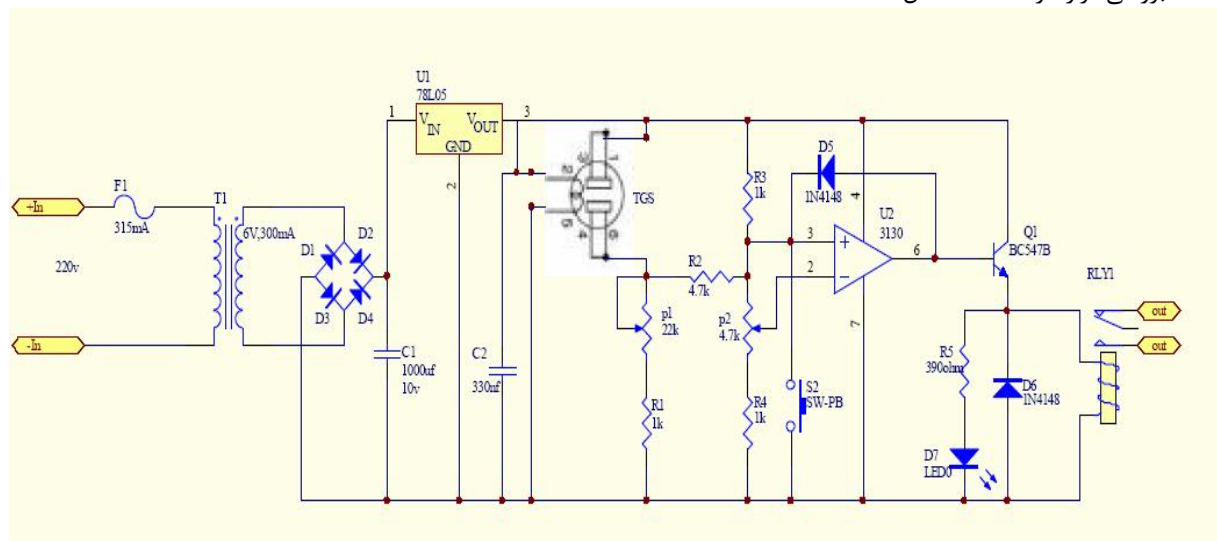
## ۲-۳-۷. مدار تاخیر زنگ اخبار:

برای جلوگیری از آلام اشتباه، به علت حضور گذرای گازهای مزاحم (متداخل) از قبیل الکل در بخارهای آشپزی، یک مدار تاخیر همانند مدار شکل ۱۸ می توان استفاده کرد.

## ۲-۴. مدار پیشنهادی برای سنسورهای TGS:

مدار زیر یک مدار ساده برای سنسورهای TGS812, TGS813 است که در انتهای مقاله مشخصه های آن مورد

بررسی قرار گرفته است (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

تغذیه مدار از برق شهر تامین می شود آی سی ۷۸۰۵ یک رگولاتور ۵ ولت است که جریان یکسوسده را تثبیت می کند. پتانسیومتر P1 و مقاومت R1 به طور سری با سنسور گاز قرار گرفته اند و یک تقسیم کننده ولتاژ را تشکیل می دهند.

طرز عمل به این صورت است که هرچه آلودگی هوا بیشتر باشد ولتاژ بزرگتری به پایه مثبت IC2 اعمال می شود. ولتاژ مبنا به پایه منفی این آی سی اعمال شده است.

فرض می کنیم که مدار در محیطی عاری از آلودگی باشد در این حالت ولتاژ پایه منفی از پایه مثبت بیشتر می باشد. وقتی چیزی غیر از حالت نرمال را حس کند ولتاژ پایه مثبت افزایش یافته خروجی مقایسه کننده تغییر حالت می دهد. در نتیجه ترانزیستور T1 مانند کلیدی بسته شده و رله جذب می گردد و دیود نورانی D7 نیز روشن می شود. واضح است که رله می تواند هر وسیله ای را نظیر آلام را فعال سازد. توسط پتانسیومترهای P1 و P2 می توان زمان عمل مدار (حساسیت) را تنظیم نمود.

دیود نورانی و یا زنگ که در مدار به کار رفته برای مواقعی است که فردی در اتاق باشد و با دیدن نورانی شدن دیود یا شنیدن زنگ به نشت گاز آگاه می شود. هنگامی که فرد برای مدت طولانی در اتاق نباشد این موضوع بی فایده است. زیرا پس از مدتی که از نشت گاز گذشت فشار اطراف سنسور افت می کند که این سبب توقف عمل سنسور می گردد.

اضافه شدن دیود D5 به مدار در واقع برای رفع این عیب است. به محض اینکه گاز در فضا منتشر می شود، مقایسه کننده تغییر حالت می دهد و D5 نیز هدایت خواهد کرد و سبب خواهد شد که یک فیدبک در اطراف IC2 ایجاد گردد. در نتیجه بدون توجه به تغییرات ناگهانی سنسور، مقایسه کننده در همین حالت باقی می ماند تا اینکه کلید S2 فشار داده شود. کل جریان مصرفی مدار نباید از ۲۰۰ میلی آمپر تجاوز کند.

P1 باید به گونه ای تنظیم شود که حدود ۱ تا ۳ ولت در محل اتصال P1 و R2 برقرار شود. همچنین P2 نیز طوری تنظیم می گردد که در پایه IC2 ولتاژی حدود ۰،۵ ولت بالاتر داشته باشد. یعنی اختلاف ولتاژی حدود ۵۰ میلی ولت بین دو پایه مثبت و منفی آی سی برقرار گردد. اما در انتها نگاهی مختصر بر مشخصه های یکی از سنسورهای فیگارو داریم.

## ۲-۵. سنسورهای TGS:



در جدول ۲ لیست سنسور های گاز TGS را با توجه به گازهای مورد نظر داریم.  
(جدول ۲)

نوع سنسور	نوع کاربرد و گاز مورد نظر
<b>TGS2610-TGS813</b>	گازهای کم فشار / پروپان (500-10000ppm)
<b>TGS2611-TGS842</b>	گازهای طبیعی/متان (500-10000ppm)
<b>TGS2610-TGS813</b>	گازهای قابل احتراق عمومی (500-10000ppm)
<b>TGS821</b>	هیدروژن (50-1000ppm)
<b>TGS2442</b>	منواکسید کربن (50-1000ppm)
<b>TGS826</b>	آمونیاک (30-300ppm)
<b>TGS825</b>	سولفید هیدروژن (5-100ppm)
<b>TGS2620-TGS822</b>	الکل، تولوئن (50-500ppm)
<b>TGS2620-TGS822</b>	دیگر بخارات آلی سبک
<b>TGS830</b>	R-22, R-113 (100-3000ppm)
<b>TGS831</b>	R-21, R-22 (100-3000ppm)
<b>TGS832</b>	R-134 a, R22 (100-3000ppm)
<b>TGS83x series</b>	دیگر گازهای سرد کننده
<b>TGS4160</b>	دی اکسید کربن
<b>TGS800-TGS2600-TGS2602</b>	آلاینده های هوا ( < ۱۰ ppm )
<b>TGS880</b>	بخارات فرار غذا (الکل)
<b>TGS883T</b>	بخارات آب غذا
<b>KE-25</b>	0-100%-5-year life, 12sec.to 90% response
<b>KE-50</b>	0-100%-10-yearlife, 60sec.to 90% response



TGS813, TGS842 - برای آشکار سازی گازهای قابل احتراق:

ویژگی ها: کاربرد:

- حساسیت بالا به متان، پروپان و بوتان
- آشکار سازی نشتی گازهای خانگی و اعلام خطر
- عمر طولانی و قیمت پایین
- آشکار سازی گازهای سبک
- استفاده از مدار الکتریکی ساده

ماده حسگر این سنسور اکسید نیمه هادی  $SnO_2$  می باشد که قابلیت هدایت پایین در هوای تمیز دارد. در صورت وجود یک گاز قابل کشف قابلیت هدایت سنسور که به غلظت گاز در هوا بستگی دارد، افزایش پیدا می کند. یک مدار ساده الکترونیکی می تواند تغییرات رسانایی را به یک سیگنال خروجی که به چگالی گاز وابسته است تبدیل کند. **TGS813** حساسیت بسیار بالایی به متان، پروپان و بوتان دارد. این محصول ایده مناسبی برای کشف گازهای طبیعی می باشد.

شکل ۲۰ نمونه ای از مشخصه های حساسیت را نشان می دهد:

تمام این اطلاعات در شرایط تست استاندارد گردآوری شده اند. محور  $y$  نسبت مقاومت  $R_s/R_0$  را نشان می دهد که به صورت زیر تعریف می شوند.

$R_s$  = مقاومت سنسور برای گازهای نمایش داده شده در غلظت های گوناگون

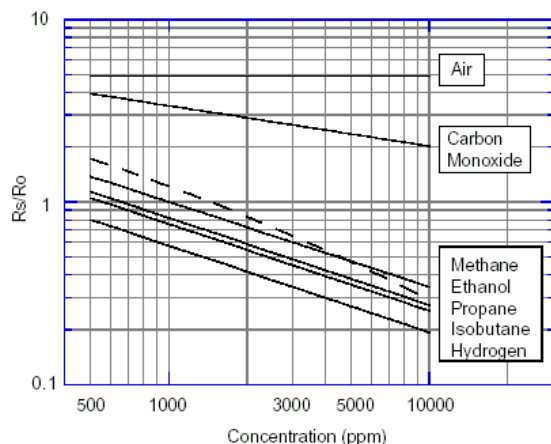
$R_o$  = مقاومت سنسور در 1000ppm متان

شکل ۲۱ نمونه‌ای از مشخصه‌های وابستگی به رطوبت و دما را نشان می‌دهد:

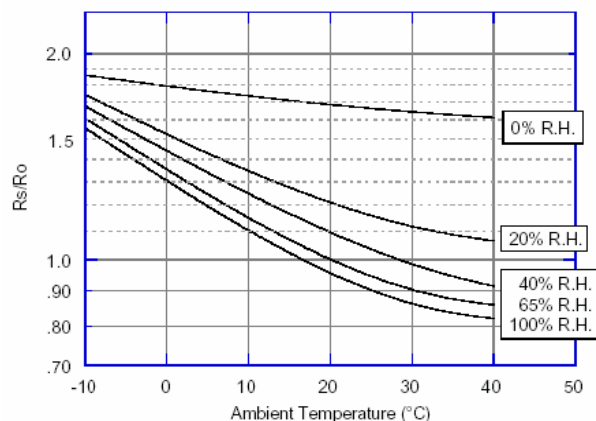
محور Y نسبت مقاومت سنسور  $R_s/R_o$  را نشان می‌دهد که داریم

$R_s$  = مقاومت سنسور در 1000ppm از متان در درجه حرارت و رطوبتهای گوناگون

$R_o$  = مقاومت سنسور در 1000ppm از متان در  $20^\circ C, 65\% RH$



شکل ۲۰ مشخصه‌های حساسیت



شکل ۲۱ وابستگی به درجه حرارت و رطوبت

### ساختار و ابعاد سنسور:

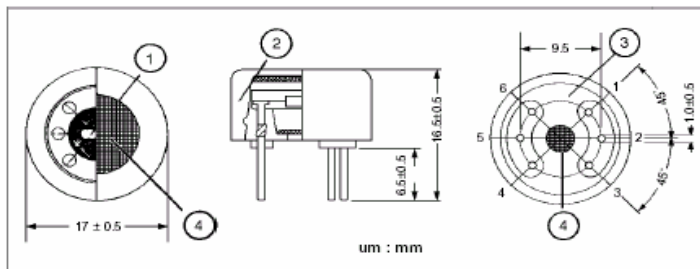
۱. **عنصر حسگر:** اکسید فلز  $SnO_2$  سینتر شده فیلم ضخیم در سطح لوله سرامیکی آلومینومی که محتوی یک هیتر یکپارچه است.

۲. **سربوش:** نایلون ۶۶

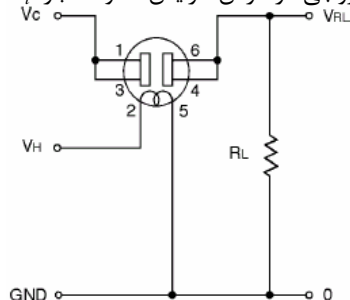
۳. **بیس سنسور:** نایلون ۶۶

اتصالات پین‌ها و مدار اندازه‌گیری پایه:

تعدادی شماره اطراف شکل سنسور در دیاگرام مداری شکل ۲۲ نشان داده شده است که برابر با شماره پین‌های نشان داده شده در نقشه ساختمان سنسور است. وقتی که سنسور همانند مدار پایه نشان داده شده اتصال پیدا کند خروجی در عرض افزایش مقاومت بار  $R_L$ ، مقاومت سنسور  $R_s$  کاهش پیدا می‌کند، که به چگالی گاز بستگی دارد.



شکل ۲۲ دیاگرام مداری و ساختمان سنسور



جدول ۳ شرایط استاندارد مدار

آیتمها	علامت	مقادیر ارزیابی شده	توضیحات
ولتاژ فیلیمان	$V_H$	$5.0 \pm 0.2v$	AC or DC
ولتاژ مدار	$V_c$	Max. 24v	$P_s \leq 15mW$ , DC only
مقاومت بار	$R_L$	Variable	$0.45k\Omega$ min

جدول ۴) مشخصه های الکتریکی

آیتمها	علامت	شرایط	خصوصیات
مقاومت سنسور	$R_s$	متان در $1000ppm$ /هوا	$5k\Omega \sim 15k\Omega$
تغییرات نسبت مقاومت سنسور	$R_s/R_o$	$\frac{R_s}{R_s}$ (متان در $3000ppm$ /هوا) $\frac{R_s}{R_s}$ (متان در $1000ppm$ /هوا)	$0.55 \pm 0.05$
مقاومت فیلیمان	$R_H$	درجه حرارت اتاق	$30.0 \pm 3.0\Omega$
توان مصرفی فیلیمان	$P_H$	$V_H = 5.0v$	$835mW$

## شرایط تست استاندارد:

وقتی که سنسور در شرایط استاندارد تعیین شده زیر تست شود آنگاه مشخصه های TGS813 با مشخصه های الکتریکی جدول ۴ مطابقت می کند.

شرایط تست گاز:  $20^\circ \pm 2^\circ C, 65 \pm 5\% RH$

شرایط مدار:

$$V_c = 10.0 \pm 0.1v(ACorDC)$$

$$V_H = 5.0 \pm 0.05v(ACorDC)$$

$$R_l = 4.0k\Omega \pm 1\%$$

دوره پیش گرمکن قبل از تست: بیشتر از ۷ روز

مقاومت سنسور با فرمول روبرو محاسبه می شود:

$$R_s = \left( \frac{V_c}{V_{RI}} - 1 \right) \times R_l$$

همچنین توان مصرفی در الکترودهای سنسور با فرمول زیر محاسبه می شود:

$$P_s = \frac{V_c^2 \times R_s}{(R_s + R_l)^2}$$

در ضمن این روابط و مشخصه ها برای TGS842 نیز یکسان می باشد.

## ۳. نتیجه گیری:

با مطالعه بروی سنسور های مختلف و استفاده از مدارهای ساده می توان از کاربرد های مختلف سنسور های گاز بهره جست و آشکارسازی و کشف گازهای مختلف را انجام داد. و از بروز خیلی از مسمومیت ها ناشی از گاز را در منازل، کارخانجات، آزمایشگاهها، حفاری ها و... جلوگیری کرد و یا در نهایت نوع گاز منتشر شده را در جهت بهبودی فرد مسموم شناسایی کرد.

## ۴. مراجع:

[۱] اصول و کاربرد سنسورها، پیترو هاپتمن، کلاتری، صباحی، اجالالی، انتشارات آشینا، مهر ۷۸

[۲] نشریه صنایع الکترونیک، شماره ۹، شهریور و مهر ۸۲

[3] [www.figarosensor.com](http://www.figarosensor.com)



**an ISO9001 and 14001 Company**

---

## **The Leader in Semiconductor Gas Sensor Technology**

Figaro Engineering Inc., an ISO 9001 and 14001 compliant company, is the world's leading gas sensor manufacturer. Figaro has over 30 years of experience in producing the most innovative sensors for the worldwide market place. Figaro Gas Sensors are solid-state devices composed of sintered metal oxides which detect gas through an increase in electrical conductivity when reducing gases are adsorbed on the sensor's surface.



Figaro Gas Sensors are prominently featured in gas detection equipment throughout the world in the fields of safety, health, control systems, and instrumentation. Popular applications of Figaro Gas Sensors include residential and commercial/ industrial alarms for toxic and explosive gases, breath alcohol checkers, automatic cooking controls for microwave ovens, air quality/ventilation control systems for both homes and automobiles, etc.

To learn more about Figaro and its products, click on any of the following:


- [Operation principle of Figaro Gas Sensors](#)



- [General technical information](#)



- [Product listing by target gas](#)
- [Sensors under development](#)
- [What's new](#)
- [Company profile](#)

Several technical brochures found throughout this home page are PDF documents  which require viewing with Acrobat Reader--a freeware program. PDF files are used to present technical drawings and charts as detailed graphics which cannot be viewed in sufficient detail by web browsers. With PDF files, you can not only view detailed graphics, but you can also print copies of these brochures according to your needs. If you do not have Acrobat Reader, a copy can be downloaded for free at Adobe's home

page. [Click here to download a free copy of Acrobat Reader](#)



Acrobat and the Acrobat logo are trademarks of Adobe Systems Incorporated.

---

For more information in North America, contact us by e-mail at [figarousa@figarosensor.com](mailto:figarousa@figarosensor.com) or at:

Figaro USA Inc.  
121 S. Wilke Rd. Suite 300  
Arlington Heights, IL 60005 USA  
Phone: 847-832-1701  
Fax: 847-832-1705

Outside of North America, please find your local representative at [www.figaro.co.jp](http://www.figaro.co.jp)

All transactions are governed by [terms and conditions of sale](#) for Figaro USA Inc.

---

[Product List](#) | [Principle](#) | [General Info](#) | [What's New](#) | [Profile](#)  
[Sensors in Development](#) | [Home Page](#) | [Terms & Conditions](#)