سنسور گاز مـادون قرمز

غلامرضا حسن زاده
دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
reza_hasanzade1362@yahoo.com

مجید بناءشاهوردی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
m_b_shahverdi@yahoo.com

چکیده : سنسور گاز مادون قرمز با تولید امواج مادون قرمز وتشعشع آن در محدوده ای مشخص می تواند گاز معین شده را تشخیص دهد. امواج مادون قرمز در کانالی بنام سلول گازی در حال تابش هستند. هنگامی که گاز مورد نظر وارد این سلول گازی شد تحت تابش امواج مـادون قرمز قرار می گیرد. این امواج با برخـورد با گاز مورد نظر با طول موج معین ، جلوی تابش امواج مـادون قرمز را می گیرد ومانع رسیدن امواج به قمست آشکارساز سنسور می شود. هرچه غلظت گاز زیاد باشد امواج مـادون قرمز رسیده به آشکار ساز کمتر شده و بـاعث شناسایی گاز می شود.

کلمات کلیدی: *سنسور گاز، مادون قرمز، فیلتر نوری، NDIR ،IR*

۱-مقدمه :

اهمیت سنسورها به ویژه سنسورهای گاز در صنعت وفن بر همگان روشن است. امروزه سنسورها نقش بسیار مهمی را در بـسیاری از جنبـه هـای زندگی روزانه ما بر عهده دارند. سنسورهای گاز نیز از این قاعده مستثناء نبوده است. با ظهور وتکامل تکنولوژی میکرو الکترونیـک ، تکنولـوژی در مـورد سنسورها نیز صادق بوده است. [۳] تکنولوژی در مورد سنسورهای گاز بیش از ۳۰ سال قبل با پیشرفت قطعه ای از کاتالیزر سنسور گاز (که پلی استر گفته می شود) پیشرفت کرده است. عکس العمل های شیمیایی که توسط سنسور تحلیل می شود، یک سیگنال الکتریکی ایجاد مـی کنـد کـه بـا غلظت گاز متناسب است. در سنسورگاز مـادون قرمز ، آنالیز تراکم گاز توسط امواج مـادون قرمز صورت می گیرد. بدین صورت که با افـزایش غلظـت ، میزان تابش نور بر آشکار ساز کم شده وباعث ایجاد یک سیگنال الکتریکی برای طبقات بعدی گردد.

۲ - شرح مقاله: عملکرد سنسور گاز عامل مهمی در ایجاد محیط کاری ایمن در صنایع شده است که می تواند گازهای اشتعال زا یا بخارات بر خواسـته شده از مواد را تشخیص دهد. عکس العمل های شیمیایی که توسط سنسور تحلیل می شود، یک سیگنال الکتریکی ایجاد می کند که با غلظـت گـاز متناسب است. در سنسورگاز مـادون قرمز ، آنالیز تراکم گاز توسط امواج مـادون قرمز صورت می گیرد. بدین صورت که با افزایش غلظت ، میزان تـابش نور بر آشکار ساز کم شده وباعث ایجاد یک سیگنال الکتریکی برای طبقات بعدی گردد. اکثر تکنولوژی موجود در سنسور ها که در چندین سـال اخیـر پیشرفت داشته بر اساس نوع واکنش تقسیم بندی می شوند که شامل تکنولوژی هایی مانند: الکـترو شیمیایی ، پلی استرهای کاتـالیزر ، هـادی ، نیمـه هادی ها ، مادون قرمز و ـ می باشد.

سنسورها با توجه به ساختار داخلی شان در حالت کلی دارای خواص زیر هستند :

الف ـ قـابلیت برگشت پذیری کامل در تغییرات شیمیایی پس از اتمام واکنش.

ب ـ از بین رفتن خاصیت شیمیایی پس از مدتی .

ج ـ عدم تمایل برای تجزیه .

د ـ مخالفت با عوامل خارجی دیگر . [۱]

۱-۲ - سنسورهای الکـترو شیمیایی :

موادی در گازها ومایعات می توانند بطور الکتروشیمیایی شناسایی شوند که واکنش های آنها در داخل سل الکـتروشیمیایی یا اگر در آنها واکنش های نفوذی اتفاق افتاده در سل باشند . که یک سل الکتروشیمیایی شامل یک الکترولیت ، یک الکترود اندازه گیرنده ، یک الکترود همراه ویک الکترود شاهد می باشد .

۲ -۲ - سنسورهای پلی اسـتر های کـاتالیزر :

برای مثال سنسور های کاتالیزر برای آشکار سازی هیدرو کربن ها یی که توسط چندین بخار مواد آلی ترکیب یا بطور واضح تر سـمی شده اند مورد استفاده واقع مـی شوند . یکی از مشکلاتی که این سنسورها دارند ، این است که قبل ازپخش شدن گاز نمیتوانند هـیچ عملـی انجـام دهنـد ، بنـابراین دروضعیت نامشخص باقی می مانند .

۳ -۲ - سنسورهای هادی :

در این سنسورها تاثیر متقابل گاز با جامد (اکسید فلزی نیمه هـادی آلـی) موجب تغییـر در هدایت می شود . یک تغییر در مقاومت همچنین مـی تواند موجب تغییر در دمای مواد سنسور شود . این سنسور ها دارای حساسیت بالا می باشند و زمانهای پاسخ در حد دقیقه دارند . با وجود این ، آنها درجه نسبتا بالایی از حساسیت جنبی را نشان می دهند .

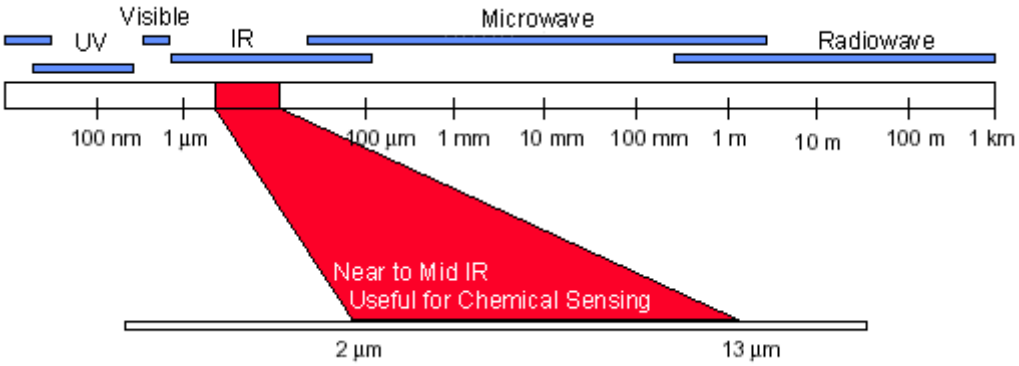
۴ -۲ - سنسورهای نیمه هادی :

در ایـن نوع سنسورها تـغـییرات در لایه دوگانه الکتریکی در یک مرز عایق / فاز فلزی برای اندازه گیری استفاده می شود این سنسور هـا بـویژه بـرای تشخیص H_2 در دمای اتـاق مناسب هستند . فلز مورد استفاده شده معمولا در این سنسورها پالادیم است . زمینه اصلی کاربرد سنسورهای نیمه هـادی ، بطور خانگی ، سیستمهای اخطار برای تشخیص CO ، برای تشخیص H_2S در پالایشگاه ها ، برای آزمایش میزان الکل در تنفس وبرای انـدازه گیـری رطوبت نسبی کاربرد دارد . [۳]

۵ -۲ - سنسورهای مادون قرمز :

تکنولوژی مادون قرمز به صورت واکنش ناپذیر در طبیعت وجود دارد . این تکنولوژی قبلاً در دستگاههای سطح بالا بکار گرفتـه مـی شـد وهـیچ انتخابی برای آشکار سازی با حساسیت بالا در کاربردهای صحیح تشخیص گاز ، در مقادیر بالا وجود نداشت . هر چند که اخیراً ساختار داخلی طراحـی شده در داخل سنسورها امکان کاربری از این تکنولوژی با حساسیت بالا را میسر ساخته است .

سنسورهای مادون قرمز متشکل از حالات جامدی هستند که هیچ ترکیب شیمیایی با گاز مورد نظر را انجام نمی دهنـد . ایـن سنـسورها میتواننـد شرایط بحرانی را تشخیص داده و به کاربراطلاع دهند ، به عبارت دیگر این سنسورها به عنوان کـنـترل ایمنی به کار برده می شوند . تحقیقات نظـری در مورد طراحی آشکار ساز گاز مادون قرمز با محدوده فرکانسی مشخص در صفحه بعدی نشان داده شده است .



(شکل –۱) مقایسه بین امواج مادون قرمز با امواج دیگر

طیف مادون قرمز از طیف امواجی است که شامل نورهای مرئی و امواج فرا بنفش می شود. طیف مادون قرمز انرژی گسیل شده در طول موجهای بین ۰/۷۵ تا ۱۰۰۰ میکرومتر که به عنوان تابش زیرقرمز (Infrared radition) شناخته می شود. مادون قرمز (زیر قرمز) نوعی تابش الکترومغناطیسی است که بر اثر ارتعاش و چرخش اتمها ومولکولهای ماده در دماهای بیشتر از صفر مطلق (صفر درجه کلوین یا ۲۷۳ – درجه سانتیگراد) تولید می شود. اگر دمای منبع تابش کننده بیش از k ۱۰۰۰ باشد انرژی گسیل شده به صورت نور قرمز با طول موج حدود ۰/۷۵ میکرومتر قابل رویت است.

عملکرد فرکانسی این نوسانات وحرکات چرخشی قویتر از پیوند اتصالات بین اتمها است. درطبیعت این فرکانسها با فرکانس های قسمت میانی طیف مادون قرمز متناسب هستند. وقتی نوری از امواج اشعهٔ مادون قرمز تابانیده می شود، بیشتر مولکولهای گاز جذب امواج مادون قرمز با فرکانسهای درحال چرخش می شوند. این توانایی گازهای معین در برابر جذب امواج مادون قرمز، استفادهٔ موفقیت آمیزی در آشکار سازی گاز در صنایع پیشرفته دارد.

یک سنسور گاز مادون قرمز شامل یک منبع مادون قرمز (ساطع کننده امواج شامل طول موج های جذب شده بوسیلهٔ گاز معین) و یک آشکارساز مادون قرمز که توسط یک سلول گازی جدا شده است، اجزای اساسی در یک سنسور گاز مادون را تشکیل می دهد. در سنسورهای غیر مخرب مادون قرمز (NDIR) یک منبع مادون قرمز و یک آشکار ساز مادون قرمز بوسیلهٔ یک سلول گاز مشخص از هم جدا شده اند و یک فیلتر میان گذر نوری در مقابل صفحهٔ آشکار ساز یا منبع قرار می گیرد. این فیلتر تمامی امواج را از خود عبور می دهد به جز امواجی با طول موجهای را که توسط گاز مورد نظر جذب می شوند (فیلتری تشکیل شده از یک تکه شیشه یا ماده شفاف دیگری با عبور انتخابی که تنها محدوده ای از طول موجهای خاص را در طیف مرئی، فرو سرخ و فرابنفش عبور می دهد).

مشخصه خروجی از المان سنسور که " جذب " نامیده می شود، شامل چند در صدی ناحیهٔ خالی امواج مادون قرمز است که آشکار سازی با و بدون گاز مشخص شده در آن قسمت " جذب " صورت می گیرد.

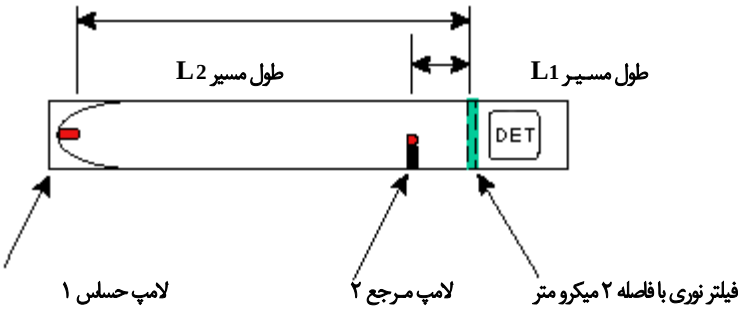
مقدار جذب از نسبت سیگنال های مادون قرمز زیر گاز صفر (گازی که نمی تواند جذب مادون قرمز شود مانند نیتروژن) I_o ، و گازی که علاقه -مند به شناسایی آن هستیم، I_G محاسبه می شود.

در فرمول (۱) نسبت جذب در سنسور گاز مادون قرمز نشان داده شده است :

فرمول (۱)

$$A = \frac{I_o - I_G}{I_o}$$

۳ - اجـزای داخلی سنسور گـاز مـادون قرمز :



(شکل ـ ۲) ساختمان داخلی سنسور

در داخـل سنسور دو منبع مادون قرمز وجود دارد که درشکل ـ۲ با نامهای لامپ ۱ ولامپ ۲ مشخص شده است . یک آشکار ساز مـادون قرمـز و یک فیلتر نوری با پهنای باند باریک که تنها طول موجهای از امواج مادون قرمزرا از خود عبور می دهد که توسط گاز مورد نظر جـذب شـده باشـد (۴/۲ میکرون برای CO_2) . لامپ ۱ ولامپ ۲ در سلـول گازی با فاصله معین به ترتیب $L1$ و $L2$ بـرای آشکارسازی قرار گرفته اند . بـرای نمونه وقتی گـاز کربن غلیظ وارد سلـول گازی می شود ، توسط امواج مادون قرمز منـتـشـر شده از دو مـنبعی که پشت سرهم قرار دارند جذب می شوند .

$S_1=I_1e^{(-KCL_1)}$ سیگنال لامـپ حسـاس — میزان جذب = **K**

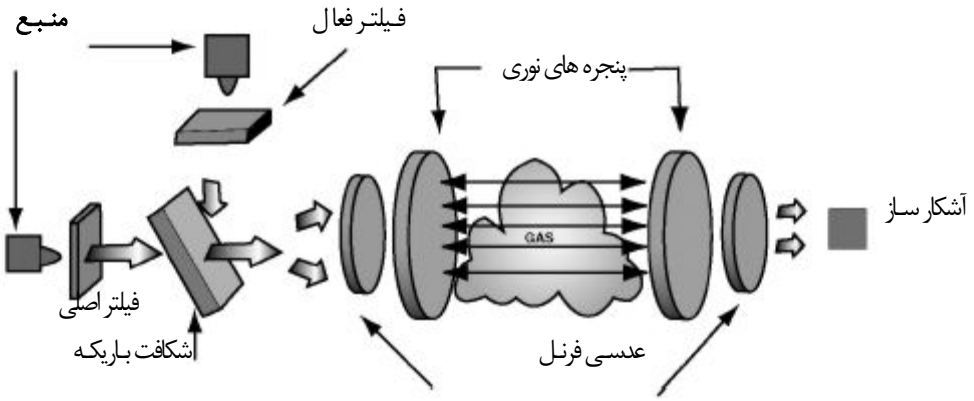
$S_2=I_2e^{(-KCL_2)}$ سیگنال لامپ مـرجع — غلظت گاز = **C**

امـواج مـادون قرمز خارج شده از منبع = **I**

$$Ratio\ ,\ R = S_1 / S_2 = (I_1 / I_2)e^{\{-KC(L_1-L_2)\}}$$ **فرمول (۲)**

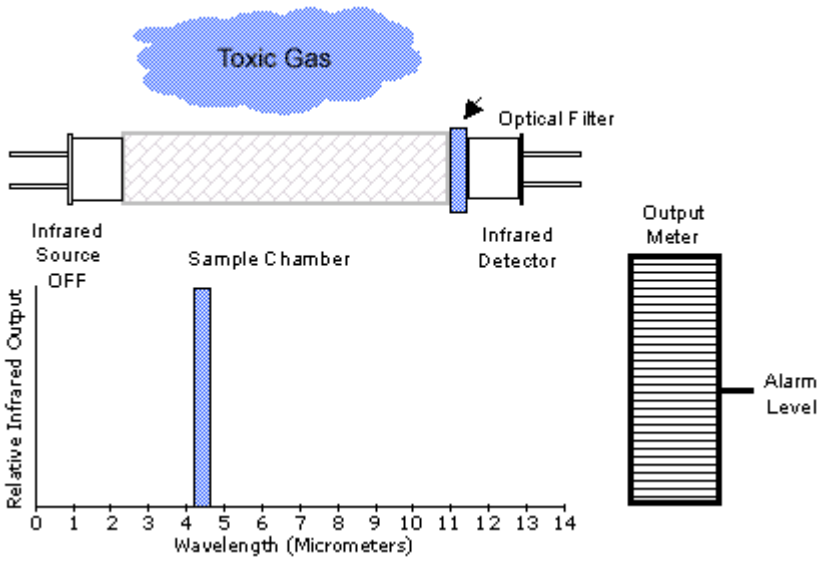
هنگامی که امواج از لامپ ۲ در مسیر کوچکی که گاز در آن قرار گرفته طی می کند با کمترین جذب به لامپ ۱ می رسد . نـسبت ایـن سـیگنال نشان دهندهٔ این است که نوع کارکتر های جذب با طول موج **(L1 – L2)** متنـاسب است . هر چند که سیگنال لامپ ۲ تحت تاثیر شرایط محـیط است واز طرفی فرسودگی سیستم و عوامل غیر قابل پیش بینی شده در عملکرد سنسور تاثیر دارد . [۱]

برای مثـال در سنسور ، کـانالی تعبیه شده که گازهای وارد شده به آن را که باعث تغییراتی در امواج مـادون قرمز می شود را بـا انـدازه گیـری نـوری محاسبه نماید . [۳]



شکل (۳) نـمای از ساختمان داخلی سنسور گـاز مـادون قرمز

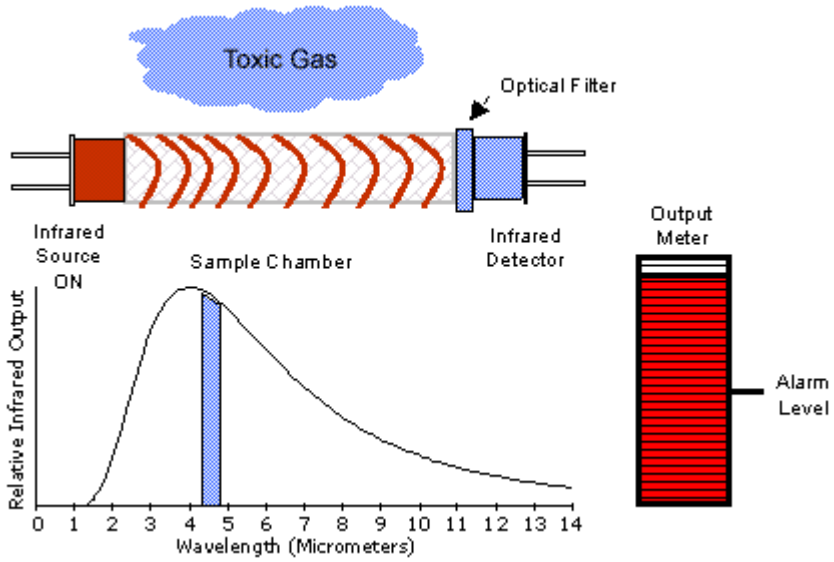
۴ - نحـوه ای عملکـرد سنسور گـاز مـادون قرمز :



(شکل ـ۳) نحوهٔ قرار گیری منبع مادون قرمز و آشکار ساز در مسیر گاز

۱ - ۴ حالت قرار گیری گاز

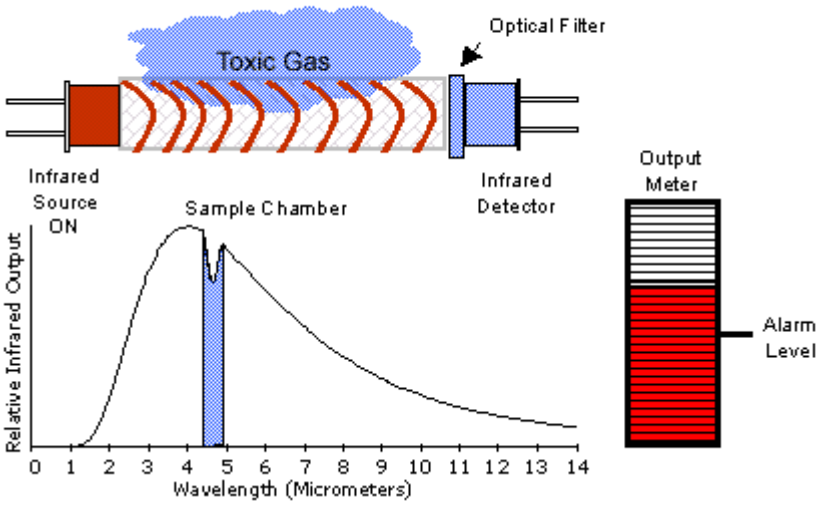
سنسور مادون قرمز با توجه به (شکل —۳) طوری در مسیر گاز مورد نظر قرار میگیرد که درداخل امواج و تشعشع مادون قرمز قـرار داشـته باشـد. سپس در مقابل آشکارساز مادون قرمز فیلتر طیفی برای محدود کردن میدان دید قرار داده می شود تا برای آشکار سازی گاز مشخص شـده یـک نـور مادون قرمز باطول موج مخصوص ارسال نماید.



(شکل —۵) حالت روشن شدن مادون قرمز

۲ - ۴ حالت تشعشع امواج

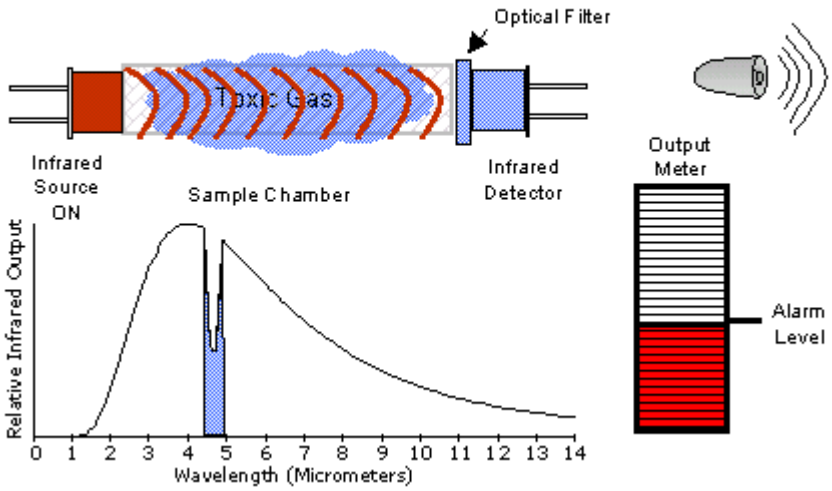
(شکل —۵) نشان دهنده اینست که تشعشع امواج مـادون قرمـز تولید شده در داخل پهنای باندی مشخص در حال نوسان و چرخشند.



(شکل-۶) نحوی بستن پل ارتباطی بین آشکار ساز و منبع

۳ -۴ ناحیه بسته شدن پل ارتباطی

هنگامی که گاز مشخص شده وارد سنسور می شود، بعضی از آنها جذب مادون قرمز شده و مولکول های گاز باعث بسته شدن ارتباط بین آشکار ساز و منبع می شود. (شکل —۶)

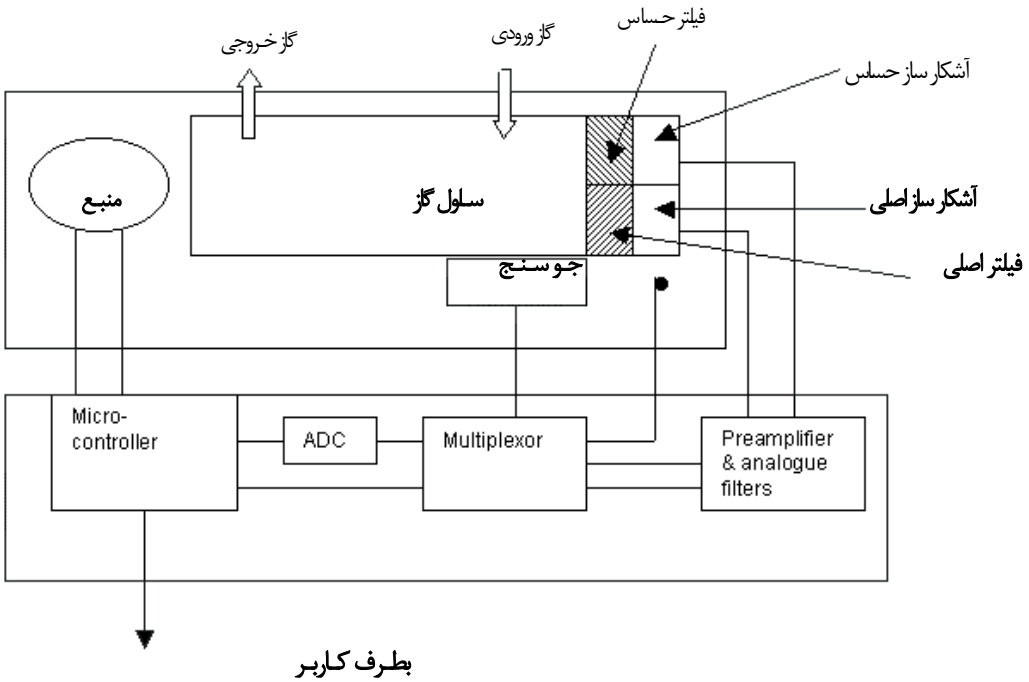


(شکل-۷) نحوی قرار گیری گاز در محدوده تشعشع مادون قرمز

۴ -۴ ناحیه اعلام خطر

با کاهش میزان انتقال امواج به آشکار ساز مادون قرمز، سنسور توسط مداری تراکم و غلظت گاز را اندازه گیری می نماید. با رسیدن به یک حد معین که از قبل تعیین شده است، برای مثال به یک زنگ خطر برای شنیدن فرمان می دهد که خطر گاز وجود دارد. (شکل —۷) [۲]

۵ دیاگرامی از نحوه ای کاربرد عملی :



(شکل –۸) دیاگرام یک سنسور با مدارات جانبی

جدول (۱) میزان جذب چند گاز توسط سنسور گاز

نوع گاز	nm , طول موج بر حسب
Krypton-Fluoride Excimer	249
Xenon-Chloride Excimer	308
Nitrogen Gas (N_2)	337
Organic Dye (in solution)	300 - 1000 (tunable)
Krypton Ion	335 - 800
Argon Ion	450 - 530 (488 & 514.5 strongest)
Helium Neon	543, 632.8, 1150
Semiconductor (GaInP family)	670 - 680

Ruby	694
Semiconductor (GaAlAs family)	750 - 900
Neodymium YAG	1064
Semiconductor (InGaAsP family)	1300 - 1600
Hydrogen-Fluoride Chemical	2600 - 3000
Carbon Dioxide	9000 - 1100 (main line 10,600)

۶ - نتیجه گیری :

سنسوری کـه در این مقاله مورد بـررسی قرار گرفت ، قابلیت تشخیص گاز های مختلف راداراست ومیتواند با پرتوهای مادون قرمز که از خود ساطــع می کند . گاز مورد نـظر را تشخیص دهد . آشکار سازهای زیر قرمز (مادون قرمز) فوتونی اگر چه حسایست بالا وثابت زمانی سریعی دارند امـا حسلسیت آنـها تنـها در گستره باریکی از طول موجها در منطقه مادون قرمز نزدیک است و نیـز باید در دماهای بخصوصی کار کنند . آشکـارسازهای مـادون قرمـز گرمایی با جذب انـرژی مـادون قرمز موجب افـزایش دما و تغییـر یک ویژگی الکتریکی نـظیر مقاومت می شود .

۷ - مراجع :

[1] - www.ti.com (Texas Insruments)

[2] - www.ion-optics.com

[3] - www.generalmonitors.com

[۴] - اصول و کاربرد سنسورها ، پـیتـر هـاپتـمن ، تـرجمه مهندس نوید تقی زادگان و مهندس مهران صباحی ، انتشارات آشینا ، مهر ۷۸ .