جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

بررسی اثرات دما و ارتقاء دهنده ها بر حساسیت و انتخابگری نیمه هادیهای پایه دی اکسیدقلع

علیداد نوروزی[1]- عباسعلی خدادادی[1]- فتح ا.. پورفیاض[1]× - یدا... مرتضوی[1]- شمس الدین مهاجر زاده[2]
۱-آزمایشگاه کاتالیست و مهندسی واکنشها- گروه مهندسی شیمی- دانشکده فنی- دانشگاه تهران
۲- گروه مهندسی برق و الکترونیک- دانشکده فنی- دانشگاه تهران
E-mail address: pourfayaz@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، پارامترهای مؤثر بر روی افزایش حساسیت سنسور نسبت به گاز منواکسید کربن و هم چنین انتخابگری آن در محیطهایی که به غیر از منواکسیدکربن گاز دیگری حضور دارد،مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج آزمایشها بیانگر آن است که با اضافه کردن پلاتین (Pt) ، اکسیدسیریم (CeO_2) و آلومینا (Al_2O_3) حساسیت و انتخابگری نیمه‌هادیهای پایه دی اکسیدقلع نسبت به غلظتهای مختلف (۲۸۰۰ ppm ، ۱۴۰۰ ، ۷۰۰) ازگازهای متان و مونواکسیدکربن در هوا در محدوده دمایی ۲۵۰ تا ۴۵۰°C تغییر می کنند.

دی اکسید قلع (SnO_2) یکی از اکسیدهای فلزی نیمه هادی می باشد .که نسبت به حضور گازهای قابل احتراق و سمی نظیر متان و مونوکسید کربن ، حساسیت نشان می دهد . این حساسیت به صورت تغییرات هدایت الکتریکی نیمه هادی می باشد. تغییرات دما و اضافه کردن بعضی از افزودنیها بر حساسیت دی اکسید قلع نسبت به گازهای قابل احتراق موثر می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان می دهد که با افزایش دما حساسیت دی اکسید قلع به CO و CH_4 افزایش پیدا می کند . اضافه کردن پلاتین منجر به افزایش انتخابگری نسبت به متان در دماهای بالاتر از ۳۵۰°C می شود، افزودن اکسید سیریم حساسیت به متان را به طور کامل از بین می برد در حالی که حساسیت به مونوکسید کربن باقی می ماند . همچنین اضافه کردن آلومینا باعث افزایش مقاومت نیمه هادی و کاهش تغییرات حساسیت با دما شده است .

کلمات کلیدی : انتخابگری ، حساسیت ، دی اکسید قلع ، گازهای قابل احتراق ، نیمه هادی

مقدمه

بیش از چهل سال پیش، موضوع رفتار اکسیدهای فلزی نیمه هادی در حضور گازها مورد توجه قرار گرفت [1]. واکنشهای همراه با انتقال بار که در سطح نیمه هادی رخ می‌دهد عامل این توجه بود. مراحل مختلفی ممکن است یک واکنش الکترونی همراه با انتقال بار در سطح نیمه هادی داشته باشد. این مراحل شامل جذب ذرات در سطح، انتقال بار الکتریکی، نفوذ سطحی، واکنش بین ذرات و دفع مولکول ایجاد شده از سطح نیمه هادی می‌باشد. در مجاورت گازهای قابل احتراق، هدایت الکتریکی بعضی از اکسیدهای فلزی نیمه هادی تغییر می‌کند. میزان این تغییرات به عوامل مختلفی بستگی دارد که از آن جمله ترکیب اکسید فلزی نیمه هادی، نوع گاز، غلظت گاز و دما می‌باشد. هنگامی که گاز قابل احتراق به سطح اکسید فلز نیمه هادی می رسد طی یک واکنش اکسیداسیون، اکسیژن

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

شبکه نیمه هادی را از سطح جامد بیرون می آورد و یک جای خالی اکسیژن که دهنده الکترون است در شبکه ایجاد می کند که به نوبه خود مقدار حاملهای الکتریکی در نیمه هادی را اضافه کرده و هدایت الکتریکی افزایش می یابد. تغییرات هدایت الکتریکی نیمه هادی باعث می‌گردد که مقدار ولتاژی که از نیمه هادی عبور می‌کند، تغییر نماید. با اندازه‌گیری این تغییرات ولتاژ میتوان تغییرات هدایت الکتریکی (یا مقاومت الکتریکی) را تعیین نمود.

حضور افزودنیهایی مانند Pt، Pd و Ce بعنوان کاتالیست تا حدود زیادی پدیده اکسیداسیون گازهای محیط را تسهیل کرده و برحساسیت سنسور به این گازها تاثیر بسزایی خواهد داشت[3-2].

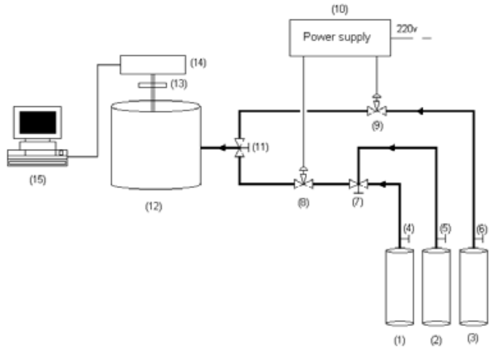
هدایت الکتریکی اکسید های فلزی مثل اکسید های آهن (F_2O_3)، روی (ZnO) و قلع (SnO_2) به مقدار زیادی به محیطهای گازی حساسیت نشان می دهند. هدایت آنها در هوای معمولی پایین است ولی زمانی که در معرض گازهای احیاء کننده قرار می گیرند بطور قابل ملاحظه ای افزایش پیدا می کند[4]. در ابتدا این پدیده برای آشکار سازی گاز CO بکار می رفت و بعدها بطور وسیعی برای تعیین نشت گاز طبیعی (گاز شهری) و LPG مورد استفاده قرار گرفتند[5]. با استفاده از خواص هدایتی اکسیدهای فلزی نیمه هادی SnO_2 میتوان این تغییرات را بررسی کرد[6-5].

یکی از اکسیدهای فلزی که در دهه‌های اخیر موردتوجه قرار گرفته است دی‌اکسید قلع (SnO_2) می‌باشد. این اکسید می‌تواند در دماهای بالاتر از ۲۰۰$^{\circ}$C نسبت به حضور برخی از گازها مانند CO و CH_4 حساسیت نشان دهد [8].

دراین تحقیق اثرات دما ومواد ارتقاء دهنده بر تغییرات هدایت الکتریکی دی اکسید قلع بررسی شده است. افزودنیهای مورد استفاده شامل پلاتین، اکسید سیریم و آلومینا می باشد. اثر این افزودنیها در غلظتهای مختلف گازهای CO و متان (جزء عمده گاز شهری) و نیز در دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است

سیستم آزمایشگاهی

سیستم آزمایشگاهی مورد استفاده در شکل (۱) نشان داده شده است. جزئیات راکتور نیز در شکل (۲) آمده است. این سیستم از بخشهای اصلی: سیستم توزیع گاز، راکتور و سیستم پردازش داده‌ها تشکیل شده است. بخش توزیع گاز شامل کپسولهای گاز، منیفلدهای گاز و کنترل کننده‌های دبی جرمی گازها (Mass flow controller) می‌باشد. راکتور به شکل U بوده و قسمت تحتانی آن با خرده شیشه پر شده تا جریان گاز با عبور از روی آن به دمای حمام نمک مذاب برسد و دمای حمام با استفاده از یک حلقه بسته کنترل دما شامل ترموکوپل، دستگاه کنترل دما و منبع تغذیه تنظیم می‌شود. سیستم پردازش داده‌ها از یک مدار الکتریکی، سیستم داده‌پردازی و کامپیوتر تشکیل شده است.



شکل ۱) سیستم آزمایشگاهی

۱و ۲و ۳) کپسولهای گاز CO، C_2H_6 و هوا

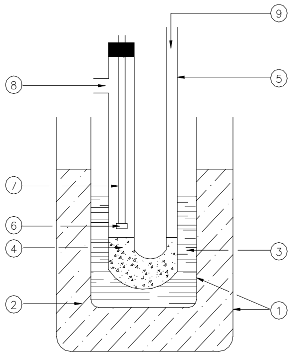
٤و ٥و ٦) شیر تنظیم فشار　　　　۷و ۱۱) شیر ۳ طرفه

۸ و ۹) کنترل کننده‌های دبی جرمی

۱۰) منبع تغذیه برای تأمین ولتاژ

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

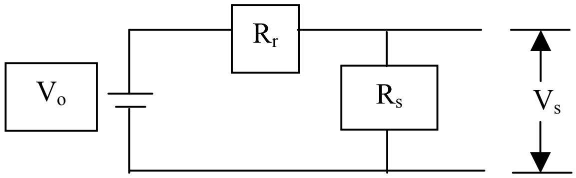
۱۲) راکتور
۱۳)مدار الکترونیکی
۱۴) سیستم داده‌پردازی
۱۵) کامپیوتر



شکل ۲) جزئیات راکتور

۱) ظرف استیل
۵) لوله U شکل
۹) ورودی گاز
۲) عایق حرارتی
۶) حسگر
۳) نمک مذاب
۷) سیم پلاتین
٤) خرده شیشه
۸) خروجی گاز

سنسور که در داخل راکتور قرار گرفته توسط سیم‌های پلاتینی به یک مدار الکترونیکی وصل شده و از آنجا به یک مبدل A/D می‌رود و سپس تغییرات ولتاژ بر حسب زمان در کامپیوتر توسط نرم‌افزار تهیه شده در آزمایشگاه کاتالیست هم نمایش داده می‌شود و هم ذخیره می گردد. مدار الکترونیکی شامل مقاومت معلوم (R_r) است که قابل تغییر بوده و بصورت سری با مقاومت سنسور در مدار قرار گرفته است. شکل (۳) مدار سیستم اندازه‌گیری هدایت را نمایش می‌دهد. ولتاژ V_s پس از یک مرحله تقویت توسط A/D به کامپیوتر انتقال داده می‌شود.



شکل ۳) مدار الکترونیکی سیستم

مقاومت سنسور از طریق معادله زیر محاسبه می گردد.

$$R_s = \frac{R_r . V_s}{V_0 - V_s} \qquad (۱)$$

V_o: ٤ ولت، V_s: ولتاژی که توسط کامپیوتر ثبت می‌شود، R_s مقاومت سنسور، R_r: مقاومت معلوم (۱، ۱۰، ۱۰۰، ۱۲۰۰، ۱۰۰۰۰، ۵۰۰۰۰ کیلو اهم)

روش انجام آزمایش

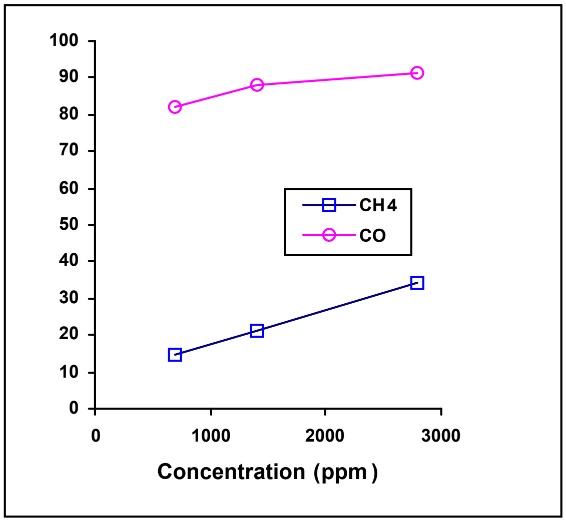
برای انجام آزمایش، باید گاز را با غلظت معین و دردمای مشخص از روی المان عبور داد، ابتدا دمای حمام مذاب به مقدار موردنظر رسانده می شود. با توجه به نوع آزمایش نوع گاز مشخص می‌شود. این گاز، مونوکسیدکربن در هوا و یا متان در هوا می‌باشد. در این آزمایشها گازها با غلظتهای ۲۸۰۰ و ۱٤۰۰و۷۰۰ppm استفاده می شوند. همچنین ولتاژ مربوط به المان (V_0) روی عدد ٤ ولت تنظیم می گردد. با باز کردن شیر سه طرفه شماره (۷) در شکل (۱) جریان گاز مورد نظر برقرار می شود. و با رسیدن گاز به سطح المان ، ولتاژ نمایش داده شده به وسیله‌کامپیوتر تغییر می‌کند پس از رسیدن به حالت یکنواخت با استفاده از مقدار عددی این ولتاژ به کمک رابطهٔ (۱) مقاومت محاسبه می‌شود. البته قبل از برقراری جریان گاز مقاومت المان در جریان هوا محاسبه می گردد. این کار با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر المان در شرایطی که در دمای مورد نظر و در جریان هوا قرار دارد و با کمک رابطهٔ (۱) انجام می‌شود. سپس میزان افت مقاومت که آن را حساسیت المان می‌نامیم از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\% S = \frac{R_{air} - R}{R_{air}} \times 100 \qquad (۲)$$

در این رابطه R_{air} مقاومت المان در هوا و دمای مورد نظر، R مقاومت المان در حضور گاز و در همان دما(دمایی که R_{air} به دست آمده است) و S درصد حساسیت می‌باشد

نتایج وبحث

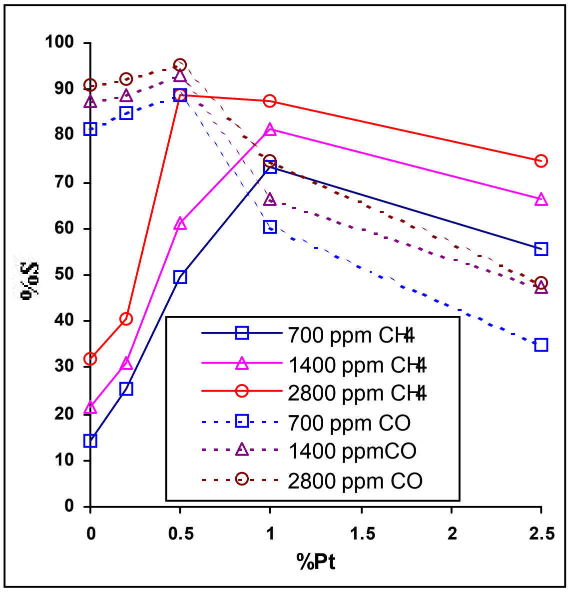
در شکل (٤) میزان حساسیت دی‌اکسیدقلع نسبت به غلظتهای مختلف گازهای متان و مونوکسیدکربن درهوا و در دمای $٤٠٠^{\circ}C$ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که دی‌اکسیدقلع نسبت به هر دو حساسیت نشان داده است ولی حساسیت نسبت به مونوکسیدکربن بیشتر از متان میباشد. علت این است که مولکول مونوکسیدکربن فعال‌تر از متان می‌باشد. فعال بودن مونوکسیدکربن باعث می‌شود که با سرعت بیشتری اکسید شود. و این باعث کاهش بیشتر مقاومت (نسبت به متان) می‌گردد. درواقع با گرفته شدن اکسیژن از سطح ، الکترونهای بیشتری در باند هدایت ایجاد می‌شوند. در نتیجه هدایت الکتریکی افزایش پیدا می‌کند و در نهایت تعادلی بین جذب اکسیژن از هوا و واکنش آن با گاز در سطح ایجاد می‌شود. با



شکل٤: حساسیت SnO_2 به غلظتهای مختلف از CO و CH_4 در هوا در $٤٠٠°C$

افزایش غلظت گاز، میزان حساسیت در مورد هر دو گاز متان و مونوکسیدکربن افزایش پیدا می‌کند که علت آن اکسید شدن گاز بیشتری در مدت کوتاهی در سطح دی‌اکسید قلع می‌باشد.

درشکل (٥) حساسیت نمونه‌های دی‌اکسید قلع پلاتین‌دار نسبت به متان و مونوکسیدکربن در دمای $٤٠٠^{\circ}C$ نشان داده است. محور افقی درصد پلاتین را در نمونه نشان می‌دهد.در مورد مونوکسیدکربن مشاهده می‌شود که در ابتدا اضافه کردن پلاتین منجر به افزایش حساسیت نسبت به مونوکسیدکربن می‌شود(تا حدود ٠/٥٪پلاتین) بعد از آن افزایش مقدار پلاتین حساسیت را نسبت به مونوکسیدکربن کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که علت این است که با افزایش پلاتین جذب اکسیژن افزایش می‌یابد و در نتیجه تعادل بین جذب اکسیژن از هواو گرفتن اکسیژن به وسیلهٔ مونوکسیدکربن درغلظت بالاتری از اکسیژن جذب شده انجام می‌گیرد. و چون هر چه اکسیژن جذب شده بیشتر باشد مقاومت الکتریکی بالاتر خواهد بود و در رابطهٔ (٢) $(R_{air} - R)$کمتر می‌شود. یعنی حساسیت کاهش



شکل٥: حساسیت Pt/SnO_2 به غلظتهای مختلف CO و CH_4 در $٤٠٠°C$

می‌یابد (با افزایش پلاتین، R_{air} هم زیاد می‌شود و مخرج بزرگتر می‌گردد)

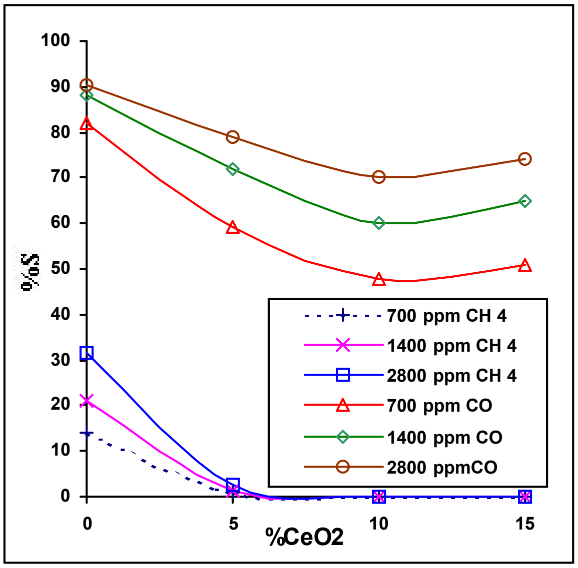
در مورد متان نیز روندی مانند مونوکسیدکربن دنبال می‌شود، در ابتدا پلاتین متان و اکسیژن را جذب می‌کند و سرعت واکنش بین آنها را افزایش می‌دهد در نتیجه حساسیت بالا می‌رود اما با افزایش درصد پلاتین جذب اکسیژن افزایش بیشتری پیدا می‌کند به طوری که همانند قبل غلظت تعادلی اکسیژن جذب شده در سطح افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه حساسیت کمتر می‌شود. اما در مورد متان افت حساسیت با افزایش درصد پلاتین نسبت به مونوکسیدکربن کمتر است. به نظر می‌رسد علت این باشد که متان هنگام اکسید شدن اکسیژن بیشتری را نسبت به مونوکسیدکربن مصرف می‌کند در نتیجه غلظت تعادلی اکسیژن جذب شده بر روی سطح در این موردکمترخواهد بود. دلیل دیگری که به نظر می‌رسد این است که برای جذب یک مولکول مونوکسیدکربن یک اتم پلاتین درگیر می‌شود ولی برای جذب متان دو اتم پلاتین درگیر می‌شوند. در نتیجه اتمهای کمتری از پلاتین صرف جذب اکسیژن می‌شود و به همین علت غلظت تعادلی اکسیژن (تعادل میان جذب اکسیژن از هوا و واکنش اکسیژن با گاز) در سطح درمورد متان کمتر خواهد بود.

به هر حال توجه به شکل ٥ مشاهده می‌شود که اضافه کردن حدود یک درصد پلاتین به دی‌اکسیدقلع، انتخابگری آن نسبت به متان را در دمای ٤٠٠°C افزایش می‌دهد

اضافه کردن اکسیدسیریم مقاومت الکتریکی نیمه هادی را افزایش می دهد. میزان مقاومت در هوای حاوی متان تقریبا با میزان مقاومت در هوا یکسان است ولی در محیط شامل مونوکسیدکربن، مقاومت کمتر است و همچنین در محیط مونوکسیدکربن تغییرات هدایت با افزایش درصد اکسیدسیریم کمتر می‌باشد.

چگونگی تاثیر اکسیدسیریم هنگام اضافه شدن به دی‌اکسیدقلع ناشناخته است. به نظر می‌رسد که اضافه شدن آن به شبکهٔ دی‌اکسیدقلع تحرک الکترونهای شبکه را کاهش می‌دهد. زیرا هدایت اکسید سیریم کمتر از قلع است و فقط در دماهای بالا (بالاتر از ٧٠٠°C) است که هدایت اکسید سیریم قابل توجه می‌شود. به این ترتیب اکسید سیریم سدی درمقابل حرکت الکترونها در شبکهٔ دی اکسید قلع ایجاد می‌کند (تماس دانه‌ای SnO_2 را کاهش می‌دهد) و باعث افزایش مقاومت المان می‌گردد.

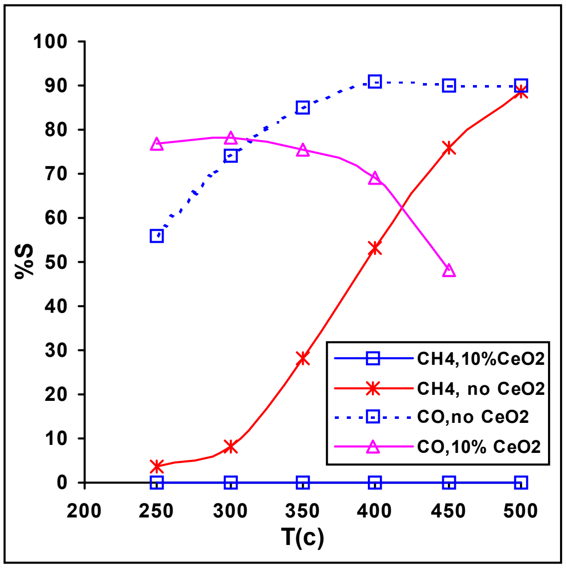
در شکل (٦) حساسیت نمونه‌های مختلف دی‌اکسیدقلع حاوی اکسیدسیریم نسبت به متان و مونوکسیدکربن و در دمای ٤٠٠°C نشان داده شده است. از روی شکل پیدا است که اضافه کردن بیش از ٥٪ اکسیدسیریم، حساسیت نسبت به متان را کاملاً از بین برده است. البته حساسیت نسبت به مونوکسیدکربن نیز در مقایسه با دی‌اکسیدقلع بدون هیچگونه اضافه شونده‌ای، کاهش یافته است. نکته دیگر این که اضافه کردن بیش از ١٠٪ اکسید



شکل٦:حساسیت CeO_2/SnO_2 به غلظت‌های مختلف CO و CH_4 در ٤٠٠°C

سیریم چندان تأثیری بر حساسیت ندارد . احتمالاً اکسیدسیریم مانع اکسیداسیون کامل متان می‌گردد (این اثر در واکنشهای کاتالیستی مثل تبدیل اکسایشی اتان به اتیلن دیده شده است[9]).

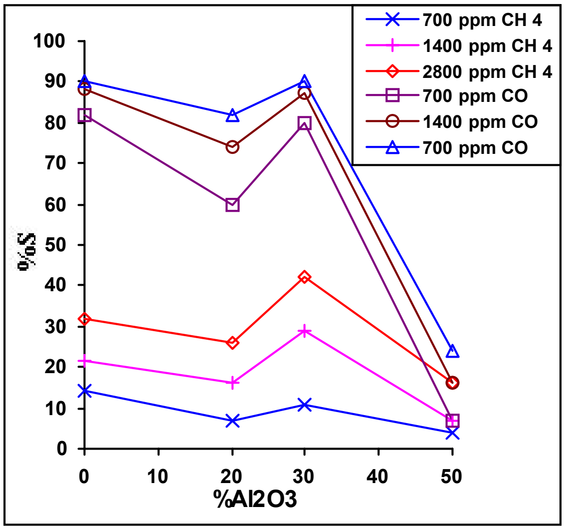
در شکل (۷) تغییرات حساسیت دی‌اکسیدقلع شامل ۱۰٪ اکسیدسیریم با دما داده شده است مشاهده می‌شود که نسبت به متان در دماهای مختلف حساسیتی وجود ندارد و همچنین حساسیت نسبت به مونوکسیدکربن نیز با افزایش دما کاهش یافته است. به نظر می‌رسد علت آن سوختن مونوکسیدکربن در سطح المان می‌باشد به طوری که مولکولهای مونوکسیدکربن در همان لایهٔ سطحی می‌سوزند در نتیجه اثر آن بر مقاومت بطن جامد کمتر می‌شود در مورد اکسیدقلع خالص، این اتفاق در دماهای بالای ۵۰۰°C رخ می‌دهد. ممکن است نقش کاتالیزوری اکسیدسیریم باعث شده است که در دماهای پایین‌تر این پدیده رخ دهد



شکل۷: اثر دما بر حساسیت ۱۰%CeO_2/SnO_2 به ۲۸۰۰ ppm از CO و CH_4 در هوا

اضافه کردن آلومینا باعث افزایش زیاد مقاومت مطلق المان می شود. به نظر می‌رسد آنچه که منجر به افزایش مقاومت المان در اثر اضافه کردن آلومینا شده است، از این واقعیت ناشی می‌شود که آلومینا خود یک عایق الکتریکی است. بنابراین طبیعی است که اضافه کردن آن به دی‌اکسید قلع، هدایت الکتریکی را کاهش می‌دهد.

در شکل (۸) حساسیت نمونه‌های دی‌اکسیدقلع دارای آلومینا نسبت به متان و مونوکسیدکربن در دمای ۴۰۰°Cنشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌شود با اضافه کردن ۵۰ درصد آلومینا حساسیت به شدت کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که با اضافه کردن آلومینا، ذرات آن در میان دانه‌های دی‌اکسیدقلع قرار می گیرند. زمانی که مقدار آلومینا کمتر است (کمتر از ۵۰ درصد) هنوز جاهایی در شبکه وجود دارد که دانه‌های دی‌اکسید قلع در کنار هم قرار دارند. و در نتیجه می‌توانند خواص نیمه هادی از خود نشان دهند و هدایت الکتریکی داشته



شکل ۸: حساسیت Al_2O_3 / SnO_2 به غلظتهای مختلف CO و CH_4 در هوا در ۴۰۰°C

باشند. اما هنگامی که میزان آلومینا زیاد باشد (بیش از ۵۰ درصد) خواص عایق بودن آلومینا غالب می‌شود و در نتیجه میزان حساسیت به شدت کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که مخلوط شامل ۳۰ درصد آلومینا حساسیت بهتری نسبت به مخلوط ۲۰ درصد آلومینا دارد.

نتیجه گیری

در این تحقیق اثرات دما و افزودنیهای مختلف بر حساسیت و انتخابگری نیمه هادیهای پایهٔ دی اکسید قلع نسبت به متان و مونوکسیدکربن، مورد بررسی قرار گرفته است. در دمای ٤٠٠°C دی‌اکسیدقلع به تنهایی نسبت به گازهای متان و مونوکسیدکربن حساسیت نشان می‌دهد ولی میزان این حساسیت نسبت به مونوکسیدکربن بیشتر است.

اضافه کردن پلاتین به دی‌اکسیدقلع مقاومت مطلق نمونه را افزایش می‌دهد. در صورتی که پلاتین اضافه شده تا حدود ۰/۵ درصد می‌باشد حساسیت به مونوکسیدکربن بالا می‌رود ولی اگر پلاتین اضافه شده یک درصد یا بیشتر باشد حساسیت به مونوکسیدکربن کاهش می‌یابد. حساسیت به متان با اضافه کردن پلاتین تا حدود ۰/۵ درصد، افزایش می‌یابد ولی اگر درصد پلاتین ۱ درصد یا بیشتر باشد حساسیت به متان کاهش می‌یابد. ولی مقدار این کاهش کمتر از مونوکسیدکربن است در نتیجه انتخابگری نسبت به متان ایجاد می‌شود.

افزودن اکسیدسیریم (CeO_2) به دی‌اکسیدقلع مقاومت مطلق المان را افزایش می‌دهد. همچنین به طور کلی حساسیت را کاهش می‌دهد به طوری که نمونه حاوی ۱۰ درصد اکسیدسیریم نسبت به متان دردماهای مختلف هیچ حساسیتی ندارد. در حالی که نسبت به مونوکسیدکربن حساسیت قابل ملاحظه دارد. به این ترتیب این نمونه نسبت به مونوکسیدکربن در حضور متان انتخابگری کامل دارد. حساسیت دی‌اکسیدقلع دارای ۱۰ درصد اکسید سیریم به مونوکسیدکربن با افزایش دما کاهش پیدا می کند

افزودن آلومینا به دی‌اکسیدقلع مقاومت مطلق نمونه را به مقدار زیادی افزایش می‌دهد. در صورتی که دی‌اکسید قلع حاوی ۵۰ درصد آلومینا باشد حساسیت آن نسبت به متان و مونوکسید کربن به شدت کاهش پیدا می کند ولی افزودن ۲۰ و ۳۰ درصد آلومینا تغییرات کمتری ایجاد کرده است. نمونه ۳۰ درصد آلومینا حساسیت بیشتری (نسبت به ۲۰ و ۵۰ درصد) نسبت به دو گاز دارد .

مراجع

[1] W. Gopel & G. Rinhardt “Metal oxide sensor: new devices” in sensors undate, *John Wiley,* (1996), 49 – 120

[2] D. O .Simone,T.Kennelly, N. L . Brungard , R . J . Farrauto, “ Reversible poisoning of palladium catalysts for methane oxidation ” . *Appl . Catal .* 70(1991) 87-100

[3] T . S . Stefanik, H . L . Tuller, “ Ceria-based gas sensors ” . *Journal of the European ceramic society* 21(2001) 1967-1970

[4] M . Egashira et . al . “Oxygen desorption and conductivity change of Pd-doped Tin(IV) oxide gas sensors ”, *Depar. Of Mater.Sci & Eng.*, Faculty of Eng., Nagasaki University, Japan 1986

[5] Yamazoe, N . ; Kurokawa, Y . ; Seiyama, T . Proc. Intern. Mtg. Chem. Sensors, 1983, P.35

[6] Xiaohua Zhou et. al. “ Tin oxide-based methane gas sensor promoted by alumina-supported Pd catalyst ” *Sensors and Actuators B* 45 (1997) 271-277

[7] D . S Vlachos et. al. “ Characterization of the catalyst-semiconductor interaction mechanism in matal-oxide gas sensors ” *Sensors and Actuators B* 44 (1997) 458-461

[8] S . M.Sze, “ Semiconductor Sencors” , *John Wilwy and Sons Inc.*, (1994) , 383- 408.

[9] Y.Mortazavi, R.R.Hudginsi, P.L. Silveston , “periodic operation of the oxidative coupling of methane on Ce/Li/MgO catalist” *Studies in surface science and catalysis,* 73(1992) 119-121.