

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

حسگری گاز CO₂ بوسیله لایه‌های نازک اکسید قلع تهیه شده به روش اسپری پیرولیز

هادوی، سعید؛ اسدی طالب‌بیگی، مجتبی^۱

گروه فیزیک، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

چکیده

در این تحقیق لایه‌های نازک اکسید قلع به روش اسپری پیرولیز بر روی زیرلایه‌های شیشه‌ای میکروسکوپ اسپری شده و حساسیت لایه‌های تهیه شده به گاز پرکاربند CO₂ در شرایط دینامیکی مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به تاثیر زیاد مورفولوژی سطحی حسگر بر آشکارسازی گاز CO₂، در این تحقیق اثر میزان زبری سطح بر پاسخ حسگری بررسی و گزارش شده است. همچنین اثر ضخامت لایه‌های مذکور بر پاسخ حسگری مورد آزمایش قرار گرفته و گزارش شده است. بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین میزان حساسیت لایه‌های تهیه شده حدود ۲۴ درصد در دمای کار ۲۰۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

Spray deposited SnO₂ thin films for CO₂ gas sensing

Hadavi, Saeed; Asadi Taleb beygi, Mojtaba¹

¹Department of Physics, University of Sistan & Baluchestan

Abstract

Thin films of SnO₂ were deposited on microscope glass slides by Spray Pyrolysis technique and their sensitivity to CO₂ gas were evaluated in dynamic conditions. Due to morphology dependence of gas sensor films, the effect of surface roughness on the gas sensors was investigated and reported. The effect of film thickness on the gas response was also reported. The maximum sensitivity in the prepared films is 24% in 200 centigrade degrees.

PACS No 51.

خطرناک است [۱]. از این رو ساخت حسگری برای تشخیص این

گاز در مکان‌هایی که در معرض آن هستند حائز اهمیت است. به‌طور کلی، نیمرساناهای اکسید فلزی به خاطر قیمت پایین و عملکرد خوبشان به طور گسترده برای آشکارسازی مقادیر اندک گاز با تغییر مقاومت الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲]. ساز و کار این حسگرها، تغییر رسانش لایه‌ی اکسید فلزی با تغییر غلظت گاز است. اکسید قلع با شکاف انرژی ۳/۶ eV یکی از پرکاربردترین نیمرساناهای نوع n مورد استفاده در ساخت حسگرهای اکسید فلزی است [۳].

سیستم‌های حسگری که برای تشخیص گاز، مورد استفاده قرار می‌گیرند به چند دسته تقسیم می‌شوند. در برخی از این سیستم‌ها،

مقدمه

گاز CO₂ گازی تقریباً بی‌بو و بی‌رنگ است تشخیص آن در محیط در مقادیر کمتر از ۴۰ درصد مشکل بوده و همچنین تشخیص مسمومیت با آن نیز دشوار است. این گاز به میزان قابل توجهی از هوا سنگین‌تر بوده و می‌تواند جایگزین اکسیژن شود. برخلاف مونوکسید کربن که یک گاز خفه‌کننده شیمیایی محسوب و با هموگلوبین خون ترکیب می‌گردد، دی اکسید کربن یک گاز خفه‌کننده ساده بوده با هموگلوبین خون ترکیب نشده و از طریق جایگزین شدن به جای اکسیژن باعث خفگی می‌شود. غلظت دی اکسید کربن بیشتر از ۴ درصد برای سلامتی و حیات بسیار

سطح موثر در معرض گاز در نمونه‌ها ۱۲/۸۷۵ سانتیمتر مربع می‌باشد. پس از الکتروگذاری، نمونه‌ها به سیستم حسگری طراحی شده، شامل دسیکاتور شیشه‌ای، مولتی متر، فشارسنج، پمپ خلا، ترمورگلاتور، هیتر، میکروفولومترگاز (برای کنترل آهنگ گاز ورودی) و کپسول CO₂، منتقل شد تا میزان پاسخ آنها به گاز CO₂ مورد بررسی گردد. شکل ۱ چیدمان مربوط به سیستم اندازه‌گیری حسگری مورد استفاده در این پروژه را نشان می‌دهد.

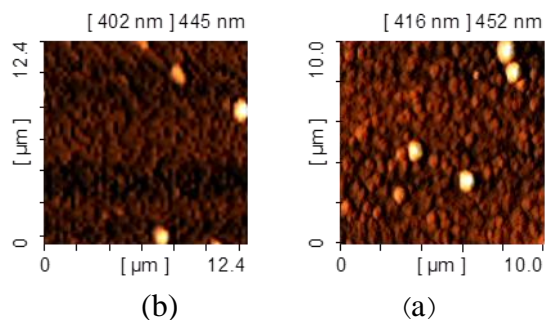


شکل ۱. چیدمان سیستم حسگری مورد استفاده در این پروژه

نتایج و بحث

با توجه به تأثیر میزان زبری سطح لایه و مورفولوژی آن بر حساسیت حسگر، در این پروژه ضمن بررسی تأثیر فشار گاز حامل بر مورفولوژی سطحی (توسط روش میکروسکوپ نیروی اتمی AFM)، اثر این متغیر بر پاسخ حسگری بررسی شده است. همچنین اثر ضخامت لایه‌های نازک SnO₂ بر حساسیت دو تا از نمونه‌های تهیه شده مورد بررسی قرار گرفته است.

شکل ۲ طیف AFM لایه‌های مورد آزمایش را نشان می‌دهند.



بدون ایجاد خلأ مقدار مشخصی از گاز را (اغلب به کمک سرنگ) وارد محفظه نموده و میزان حساسیت نمونه نسبت به آن گاز سنجیده می‌شود. در برخی دیگر، ابتدا به کمک پمپ خلأ، یک خلأ نسبی در محفظه آزمایش ایجاد کرده سپس پمپ خلأ را قطع کرده و مقدار مشخصی از گاز را وارد محفظه می‌کنند. در برخی دیگر، هم خلأ و هم وارد کردن گاز هردو به صورت دینامیکی صورت می‌پذیرد. در این روش پس از گرم کردن محفظه و گاز پس‌دهی قطعات موجود، توسط پمپ خلأ گازهای آزاد شده از محیط تخلیه شده و سپس ضمن فعال بودن سیستم خلأ، گاز واکنشگر با آهنگ معین به محفظه وارد نموده و تأثیرات آن بر مقاومت الکتریکی نمونه اندازه گرفته می‌شود. در تحقیق حاضر، روش دینامیکی ورود گاز ضمن فعال بودن سیستم خلأ به کار گرفته شده است.

بخش تجربی

در این مطالعه تجربی برای ساخت حسگر گازی اکسید قلع، از محلول آبی-الکلی با نسبت ۱:۱ استفاده شده است. پیش ماده مورد استفاده کلرید قلع ۵ آبه و محلول تهیه شده دارای مولاریته ۰/۹۵۱ می‌باشد.

پس از تهیه محلول، لایه‌ها به روش اسپری پایرولیز بر روی زیرلایه های شیشه ای موسوم به لام میکروسکوپ تهیه شد. شرایط تهیه لایه‌ها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: شرایط تهیه نمونه‌ها بوسیله دستگاه اسپری پایرولیز

نام نمونه	حجم اسپری شده (میلی لیتر)	دمای زیرلایه (°C)	فشار گاز حامل (bar)
نمونه اول	۲۰	۵۰۰	۲
نمونه دوم	۲۰	۵۰۰	۳
نمونه سوم	۲۰	۵۰۰	۳/۷
نمونه چهارم	۴۰	۵۰۰	۳

ضخامت تقریبی سه نمونه اول ۱۱۰ nm و نمونه چهارم ۲۰۰ nm می‌باشد. پس از تهیه فیلم‌های SnO₂، نمونه‌های تهیه شده بوسیله دستگاه تبخیر حرارتی در خلأ با مس الکتروگذاری شدند. فاصله‌ی بین الکترودها ۵۰/۳ میلیمتر و عرض آنها ۲۵/۶ میلیمتر و

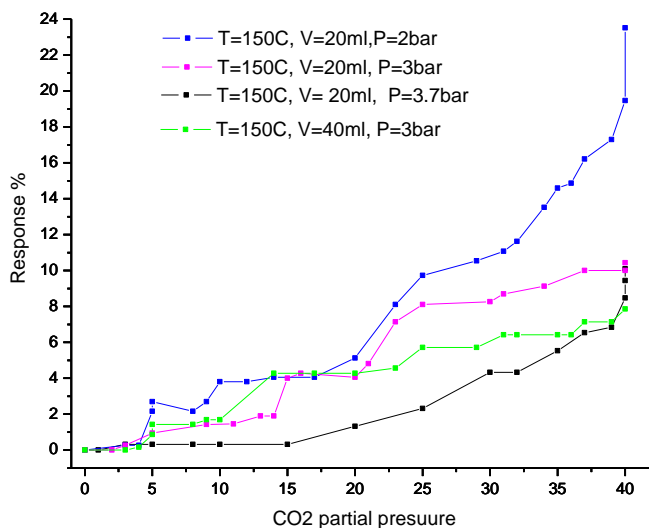
شد. حساسیت نمونه‌ها نسبت به گاز CO₂ از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$S = \frac{Ra - Rg}{Ra} \quad (1)$$

که در آن S حساسیت، R_a مقاومت حسگر در هوا و بدون حضور گاز و R_g مقاومت حسگر در حضور گاز می‌باشد [۴۵].

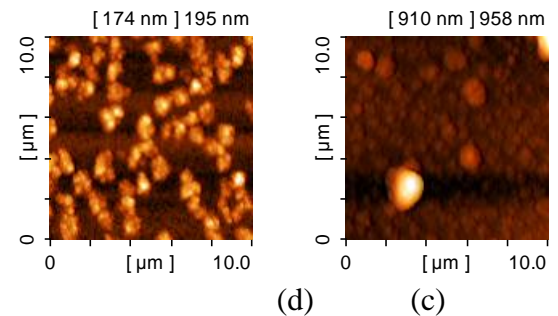
روند اندازه‌گیری میزان حسگری نمونه‌ها برای دماهای کار ۲۵ درجه سلسیوس (دمای اتاق)، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ درجه تکرار شد.

در جدول ۲ میزان حساسیت برای دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس آورده شده است. بر اساس شکل ۱ و جدول ۲، میزان زبری سطح با افزایش فشار گاز حامل، کاهش و میزان حساسیت حسگر نیز کاهش یافته است. همچنین افزایش حجم محلول و ضخامت نمونه‌ها موجب کاهش میزان حساسیت حسگر شده است. نمودار حساسیت نمونه‌ها بر حسب فشار جزئی گاز CO₂ ورودی برای دمای ۱۵۰ درجه در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳. نمودار حساسیت نمونه‌ها بر حسب فشار گاز وارد شده در دمای کار ۱۵۰°C.

نتایج حاصل شده نشان می‌دهد با افزایش غلظت گاز ورودی، حساسیت نمونه‌ها افزایش می‌یابد.



شکل ۲. مورفولوژی سطحی نمونه‌های تهیه‌شده در فشارهای مختلف گاز حامل (با استفاده از AFM). شکل‌های a تا c به ترتیب فشارهای گاز حامل ۲، ۳ و ۳.۷ bar و حجم محلول ۲۰ ml و شکل d مربوط به فشار گاز حامل ۳ bar و حجم ۴۰ ml.

جدول ۲. ویژگی‌های نمونه‌ها و وابستگی حساسیت حسگر به میزان سطح موثر

نمونه	فشار گاز حامل (bar)	SDR (%)	حجم محلول اسپری شده (ml)	حساسیت (%)
نمونه اول	۲	۶/۶۸	۲۰	۲۳/۵
نمونه دوم	۳	۴/۵۳	۲۰	۱۰/۴
نمونه سوم	۳/۷	۱/۰۲	۲۰	۸/۷
نمونه چهارم	۳	۲/۹	۴۰	۷/۸

یکی از پارامترهای قابل اندازه‌گیری در AFM که معرف میزان سطح موثر می‌باشد، ضریب SDR^۱ است که بنا به تعریف میزان افزایش سطح زبر در مقایسه با سطح معادل آن، چنانچه سطح مورد نظر کاملاً تخت و بدون زبری باشد. در جدول ۲ مشاهده می‌شود که با افزایش فشار گاز حامل میزان سطح موثر کاهش یافته است. برای تعیین حسگری گاز CO₂ ابتدا بوسیله پمپ خلأ محفظه دسیکاتور از هوا و ناخالصی به طور نسبی تخلیه شده سپس گاز پس از عبور از میکروفلومتر وارد محفظه و فشار آن پس از به پایداری رسیدن توسط فشارسنج ثبت می‌شود. همچنین مقاومت نمونه‌ها قبل و پس از ورود گاز توسط مولتی‌متر ثبت

¹ Developed Interfacial Area Ratio

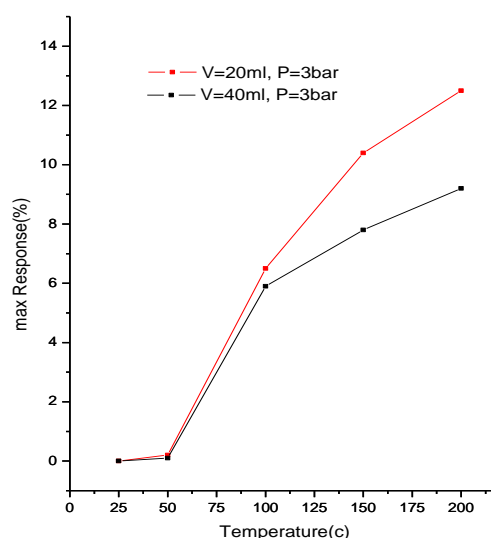
نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر فشار گاز حامل در روش اسپری پیرولیزیز و همچنین اثر ضخامت لایه بر میزان پاسخ حسگری گازی اکسید قلع بررسی شد. مشاهده شد که با افزایش فشار گاز حامل حساسیت نمونه‌ها نسبت به گاز CO_2 کاهش یافت. بیشترین میزان حساسیت در دمای کار ۲۰۰ درجه سلسیوس برای نمونه‌ای که در فشار 2bar و حجم ۲۰ میلی لیتر تهیه شده بود بدست آمد. همچنین حساسیت نمونه‌ها با افزایش دمای کار و افزایش غلظت گاز ورودی افزایش یافت. همچنین با افزایش ضخامت نمونه‌ها حساسیت آنها کاهش یافت.

مرجع‌ها

- [۱] Health Effects of Carbon Dioxide Gas. December ۲۳, ۱۹۹۷. Canadian Centre for Occupational Health & Safety.
- [۲] J. Q. Xu, Q. Y. Pan, Y. A. Shun, Z. Z. Tian, "Grain size control and gas sensing properties of ZnO gas sensor", *Sens. Actuators B* **66**(2000) 277-279.
- [۳] A. Gurlo ,etal; Metal Oxides, Chemistry and Application; CRC, Taylor and Francis Group, Germany; 2006.
- [۴] E. Brunet, T. Maiera, G. C. Mutinatia, S. Steinhauer, A. Köck, C. Gspanb, W. Grogger, "Comparison of the gas sensing performance of SnO₂thin film and SnO₂nanowire Sensors", *Sensors and Actuators B* **165** (2012) 110– 118.
- [۵] O. Lupan, L. Chow, S. Shishiyanu, E. Monaico, T. Shishiyanu, V. S. ontea, B. Roldan Cuenya, A. Naitabdi, S. Park, A. Schulte, "Nanostructured zinc oxide films synthesized by successive chemical solution deposition for gas sensor applications", *Materials Research Bulletin* **44** (2009) 63–69.

نمودار بیشترین حساسیت بر حسب دما برای نمونه‌هایی که در فشار گاز حامل $P=3$ bar و حجم‌های $V=40ml$ و $V=20ml$ از محلول، توسط دستگاه اسپری پیرولیزیز تهیه شده‌اند در شکل ۳ آمده است نتایج حاصله نشان می‌دهد با افزایش دمای کار تا ۲۰۰ درجه سلسیوس، حساسیت نمونه‌ها افزایش یافته است که این بخاطر افزایش جذب سطحی گاز می‌باشد.



شکل ۴. نمودار بیشترین حساسیت بر حسب دما برای نمونه‌های ۲۰ و ۴۰ میلی لیتری.

از مقایسه نمودارهای مربوط به نمونه‌های تهیه شده در حجم $V=40ml$ و $V=20ml$ می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ضخامت نمونه دوم حساسیت آن به گاز CO_2 نسبت به نمونه اول کاهش یافته است. در واقع با کاهش ضخامت و نازک شدن لایه‌ها، گاز می‌تواند به عمق بیشتری نفوذ کند و در نتیجه حسگر حساسیت بیشتری را نسبت به گاز نشان دهد. همچنین به علت کوچک بودن اندازه دانه‌ها در ضخامت‌های کم، سطح تماس مولکول‌های گاز با دانه‌ها افزایش می‌یابد که این خود عاملی در جهت افزایش حساسیت نسبت به گاز می‌باشد.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله