JARC

بررسی حسگری نانوچندسازه‌های SnO/Graphene و SnO/Bamboo charcoal برای سنجش اتانول

رویا نایبی[۱]، عبدالله فلاح‌شجاعی[۲،*] و سیدمحسن حسینی‌گلگو[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی معدنی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. استاد شیمی معدنی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. استادیار برق الکترونیک، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

دریافت: خرداد ۱۳۹۸، بازنگری: آذر ۱۳۹۸، پذیرش: دی ۱۳۹۸

چکیده: در این پژوهش، نانوچندسازه قلع (II) اکسید دوپه‌شده با گرافن (SnO/graphene) به روش آب‌گرمایی تهیه شد. برای شناسایی ویژگی ساختاری نانوچندسازه و بررسی برهم‌کنش نانوذرات از پراش پرتو ایکس (XRD)، طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS)، میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) استفاده شد. سپس، نانوچندسازه SnO/graphene به‌عنوان لایه حساس و فعال در تهیه حسگر گازی به‌کارگرفته شد و برای سنجش گاز اتانول مورداستفاده قرار گرفت. به‌منظور بهینه‌کردن شرایط و عملکرد حسگر، حساسیت و پاسخ نانوچندسازه در دمای کار بررسی و عامل‌های مهمی مانند زمان پاسخ، زمان بازیافت و گزینش‌پذیری تعیین شد. همچنین، در دمای کار، حسگر ساخته شده حساسیتی در حدود ۱۲ برابر را نسبت به غلظت ppm ۲۰۰ نشان‌داد و زمان پاسخ آن تا حد قابل‌توجهی پایین بود. همچنین، حسگر SnO/graphene گزینش‌پذیری خوبی را نسبت به گاز هدف در مقایسه با سایر گازهای مورد بررسی مانند متانول، فنیل‌اتیل الکل، استون، ان‌هگزان و غیره داشته است. با توجه به ویژگی زغال بامبو و ویژگی‌های سطحی ویژه و ساختار متخلخل، تهیه نانوچندسازه قلع (II) اکسید دوپه‌شده با زغال بامبو (SnO/bamboo charcoal) نیز تهیه شد و عملکرد این حسگر مورد بررسی قرار گرفت. نانوچندسازه SnO/bamboo charcoal نسبت به غلظت کم اتانول در حد ppm ۱۰ حساسیت قابل‌توجهی را نشان‌داد که در مقایسه با حسگر SnO/graphene از حساسیت و حد تشخیص بهتری برخوردارست.

واژه‌های کلیدی: حسگرگازی، قلع(II) اکسید، گرافن، زغال بامبو، اتانول

مقدمه

غلظت بسیار کمی از گازهای آلاینده، قادرند به‌طور چشمگیری کیفیت هوا را تحت تاثیر قرار دهند. امروزه، تشخیص و شناسایی گازهای موجود در محیط‌زیست از اهمیت بالایی برخودار است [۱]. بخار گاز اتانول یک گاز خواب‌آور و با طبیعت سمی و قابلیت اشتعال است. قرارگرفتن در معرض بخار الکل به‌صورت مداوم امکان بروز سرطان کبد و به‌ویژه در زنان احتمال سرطان سینه را افزایش می‌دهد. بنابراین، تقاضا و درخواست‌های فراوانی برای

*عهده‌دار مکاتبات: a.f.shojaie@guilan.ac.ir

اندازه‌گیری و کنترل غلظت اتانول در حوزه‌های پژوهشی متفاوت مانند زیست‌شناسی، علوم غذایی، کشاورزی و بررسی‌های محیطی وجود دارد. یک حسگر گاز، نوعی مبدل است که مولکول‌های گاز را شناسایی و با توجه به نوع گاز و غلظت آن تولید سیگنال الکتریکی می‌کند [۲].

نیم‌رساناهای اکسید فلزی یکی از مهترین موادی هستند که در تهیه حسگرهای گازی به‌کار برده می‌شوند. زمانی‌که مولکول‌های گاز هدف با سطح نیم‌رسانا برهم‌کنش می‌کنند باعث تغییر در ویژگی‌های سطحی مانند هدایت و پتانسیل سطحی نیم‌رسانا می‌شوند [۳]. اکسیدهای قلع می‌توانند ساختارهای SnO_2 و SnO داشته باشند که قلع (IV) اکسید یک نیم‌رسانای نوع n با کاف انرژی پهن ۳٫۶ الکترون ولت است. این بیشترین پهنا برای نیم‌رسانای اکسید سرامیکی حسگرهای گازی است که مورداستفاده قرار می‌گیرد [۴]. همچنین، قلع (II) اکسید یا قلع مونوکسید با دو ساختار چهاروجهی و رومارچیت شناسایی شده و کاف انرژی آن بین ۰٫۷ تا ۲٫۷ الکترون ولت اندازه‌گیری شده است [۵]. قلع (II) اکسید به‌طور عمده یک نیم‌رسانا نوع p است اما تحت شرایطی به نیم‌رسانا نوع n تبدیل می‌شود [۶]. یکی از علل تغییر نوع این نیم‌رسانا افزایش فشار از فشار محیط به فشار ۲ گیگا پاسکال است [۷]، ولی از مهم‌ترین علل تغییر قلع (II) اکسید دوپه‌کردن و واکنش اکسایش- کاهش است [۸]. یکی از دیگر ترکیب‌هایی که به‌عنوان حسگر به‌تازگی مورداستفاده قرار گرفته، گرافن است. نخستین پژوهش درباره حسگر گرافنی[1] در سال ۲۰۰۷ توسط گروه نوفسلوف و همکارانش انجام شد که نشان‌داد مولکول‌های گازی بر گرافن جذب و موجب تغییر رسانایی الکتریکی می‌شود. این گرافن با روش تورق گرافیت به‌دست آمده بود. جذب مقدار کم گاز موجب تغییر مقاومت گرافن با غلظت ppm شد که این مقاومت متناسب با غلظت بود. با گرمادهی در ۱۵۰ °C در خلأ، این حسگر گاز را واجذب می‌کند. گازهای متفاوت، تغییرهای متفاوتی در مقاومت گرافن ایجاد می‌کنند که این بستگی به الکترون‌گیرندگی (رطوبت، نیتروژن دی‌اکسید) یا الکترون‌دهندگی (کربن منوکسید، اتانول و آمونیاک) دارد [۹].

در سال ۲۰۱۵، ژانگ[2] و همکارانش نانوبلور قلع اکسید همراه با گرافن اکسید کاهش‌داده‌شده را به‌عنوان حسگری برای سنجش اتانول تهیه کردند. این حسگر توانایی اندازه‌گیری غلظت‌های پایین اتانول بین (۱ تا ۱۰۰ppm) را در دمای اتاق داشت [۱۰]. همچنین، در همان سال چو[3] و همکارانش چندسازه قلع (II) اکسید/ گرافن را با روش آب‌گرمایی تهیه کردند که به‌عنوان حسگر فرمالدهید شناخته شد. بهترین پاسخ برای این حسگر در غلظت $۰/۰۰۱\times۱۰^{-۶}$ و دمای کار ۱۳۳ °C به‌دست آمد [۱۱]. دو ویژگی اصلی در حسگرهای گاز، حساسیت و گزینش‌پذیری[4] است و بهبود این دو باعث افزایش کیفیت عملکرد حسگر است [۱۲ و ۱۳].

در این پژوهش، نانوچندسازه SnO /graphene تهیه و از آن به‌عنوان لایه حساس به‌منظور سنجش اتانول و بررسی برای گازهایی مانند متانول، فنیل‌اتیل الکل، ۲- پروپانول، استون، دی‌اتیل اتر، ان‌هگزان و غیره استفاده شد. همچنین، افزون بر بررسی حساسیت نسبت به گاز موردنظر، گزینش‌پذیری لایه حساس نیز بررسی شد. از طرف دیگر، با توجه به ظرفیت جذب بالای زغال بامبو به‌دلیل ویژگی‌های سطحی خاص و ساختار متخلخل، نانوچندسازه قلع اکسید با زغال بامبو دوپه و به‌عنوان حسگر استفاده شد.

بخش تجربی

مواد شیمیایی

نانوذره‌های گرافن اکسید، قلع (II) کلرید، اوره، هیدروکلریک اسید ۳۶ ٪ (از شرکت مرک تهیه شدند) و بامبو دو ساله از منطقه تالاب امیر کلایه لاهیجان تهیه شد.

دستگاه‌ها

طیف‌های فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) با دستگاه ALPHA متعلق به شرکت Bruker به کمک

1. Graphene 2. Zhang 3. Chu 4. Selectivity

قرص‌های KBr به‌دست آمد. الگوی XRD با دستگاه XPert Proan X-ray photoelectron spectrometer (Netherlands) در گستره 2θ از ۱۰ تا ۸۰ درجه، ولتاژ ژنراتور ۴۰ کیلوولت و پرتو ایکس Cu Kα ثبت شد. میکروسکوب الکترونی روبشی مدل SEM-3200 مجهز به دستگاه ILCA متعلق به شرکت Oxford Instrument (England) برای ثبت تصاویر SEM و تجزیه عنصری نمونه‌ها به‌کارگرفته شد.

تهیه نانوچندسازه قلع (II) اکسید دوپه‌شده با گرافن (SnO/graphene)

به‌منظور تهیه پوشش حسگری ابتدا به ۰٫۰۲ گرم پودر نانوذره گرافن اکسید، ۰٫۰۲ لیتر آب یون‌زدوده افزوده شد. این مخلوط به مدت دو ساعت در فراصوت قرارداده شد. پس از این مدت، با افزودن ۰٫۱۸ لیتر آب یون‌زدوده، مخلوط با همزن مغناطیسی، ۴۰ دقیقه هم‌زده شد. سپس، ۴٫۵ گرم قلع (II) کلرید و ۳٫۶ گرم اوره تحت هم‌زدن به آن افزوده شد. مخلوط به‌دست آمده ۳۰ دقیقه در فراصوت قرار گرفت. پس از آن به نمونه در حین هم‌زدن، ۳۰۰ میکرولیتر هیدروکلریک اسید ۳۶ ٪ با میکرو پیپت به آن افزوده شد که محلول طوسی رنگی به‌دست آمد. پس از ۳۰ دقیقه هم‌خوردن نمونه به یک اتوکلاو منتقل و برای ۸ ساعت در دمای ۱۲۰ °C قرار داده شد. سپس، محلول به‌دست آمده تحت گریزانه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت و با آب یون‌زدوده شسته شد. این عمل برای پنج بار تحت شرایط یادشده تکرار شد. پس از آن، نمونه با بوته به کوره منتقل و برای ۳ ساعت در دمای ۳۴۰ °C قرار گرفت.

روش تهیه زغال بامبو

برای تهیه زغال بامبو، چوب بامبو دو ساله از منطقه تالاب امیرکلایه لاهیجان با ابعاد ۲×۱ سانتی‌متر برش داده شد و درون یک بوته چینی قرار گرفت. سپس، بوته در کوره با دمای ۸۰۰ °C به مدت دو و نیم ساعت قرار داده شد.

تهیه نانوچندسازه قلع (II) اکسید دوپه‌شده با زغال بامبو (SnO/bamboo charcoal)

به‌منظور تهیه پوشش حسگری برای تهیه نانوچندسازه قلع اکسید دوپه‌شده با زغال بامبو ابتدا، به ۰٫۰۲ گرم پودر زغال بامبو، ۰٫۰۲ لیتر آب یون‌زدوده افزوده شد. مخلوط برای دو ساعت در فراصوت قرارگرفت. پس از گذشت دو ساعت، با افزودن ۰٫۱۸ لیتر آب یون‌زدوده، نمونه با همزن مغناطیسی، ۴۰ دقیقه هم‌زده شد. بقیه مراحل تهیه همانند روش تهیه نانوچندسازه قلع اکسید دوپه‌شده با گرافن یادشده، پیش رفت.

تهیه حسگر

پودر به‌دست آمده از تهیه نانوچندسازه‌ها با آب یون‌زدوده مخلوط و به‌مدت ده دقیقه هم‌زده شد. سپس، با دستگاه پوشش‌دهنده چرخشی با سرعت ۳۰۰۰ دور بر ثانیه به مدت یک دقیقه بر شیشه‌های لام با ابعاد ۰٫۷×۰٫۵ سانتی‌متر نشانده و در دمای اتاق خشک شد تا یک سطح صاف و یکنواخت به‌دست آید. برای آماده‌سازی نمونه‌ها برای بررسی عملکرد حسگری، ریزگرمکن‌های[1] مقاومتی در مجاور سطح حساس برای کارکرد مطلوب حسگر که در دمای بالا به‌دست می‌آید، تهیه شد .مجموعه نمونه و گرمکن بر یک عایق گرمایی از جنس میکا قرار داده شد. از چسب رسانا نقره به‌عنوان اتصال الکتریکی نمونه‌ها و از سیم‌های نازک پلاتین به‌عنوان الکترود که وظیفه اتصال نمونه را به مدار خارجی بر عهده داشت، استفاده شد. شکل ۱ تصویر یک نمونه حسگر نصب‌شده بر ریزگرمکن را نشان می‌دهد.

پاسخ حسگر از جمله عامل‌هایی است که برای مقایسه عملکرد حسگرها مورداستفاده قرار می‌گیرد که برای حسگر نوع n به‌صورت معادله ۱ تعریف می‌شود.

$$\text{پاسخ} = (R_a/R_g) \qquad (۱)$$

که در آن R_a و R_g مقاومت حالت پایدار حسگر به‌ترتیب در هوای تمیز و هوای آلوده به گاز هدف است. دراین پژوهش،

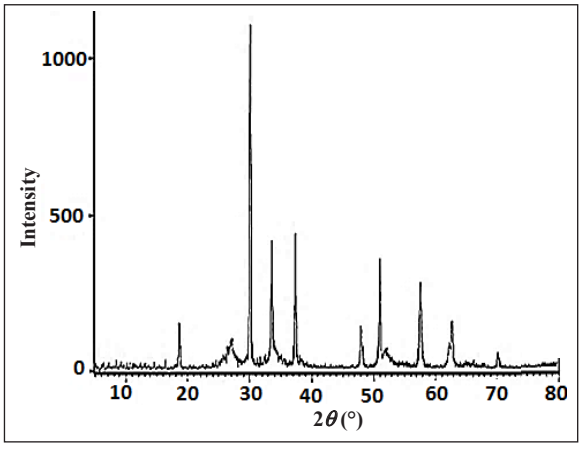
1. Microheater

همواره از معادله ۱ برای محاسبه پاسخ حالت پایدار حسگر استفاده شده است.

شکل ۱ طرحواره‌ای از یک کیت ساخته‌شده برای قرارگیری حسگر

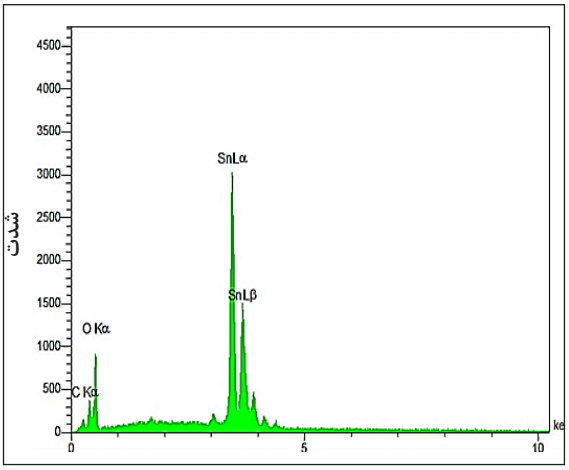
نتیجه‌ها و بحث

الگوی پراش پرتو ایکس نمونه SnO/graphene تهیه‌شده در دمای ۳۴۰ °C (شکل ۲) با کارت استاندارد (JCPDS) شماره ۰۷۲۱–۸۵ همخوانی دارد. صفحه‌های (۰۰۱) در ۱۸٫۵، (۰۰۲) در ۲۶٫۹، (۱۰۱) در ۳۰٫۱، (۱۱۰) در ۳۳٫۵، (۰۰۲) در ۳۷٫۳، (۲۰۰) در ۴۸، (۱۱۲) در ۵۰٫۹، (۲۰۲) در ۵۷٫۶، (۱۰۳) در ۶۲٫۷ و (۲۰۰) در ۷۰٫۱ درجه دلیلی بر این ادعاست [۱۴]. صفحه (۰۰۲) در ۲۶٫۲ نشان‌دهنده وجود گرافن است [۱۰]. وجود بقیه پیک‌ها، قلع اکسید (SnO) در فاز رومارچیت را تایید می‌کند [۱۴].

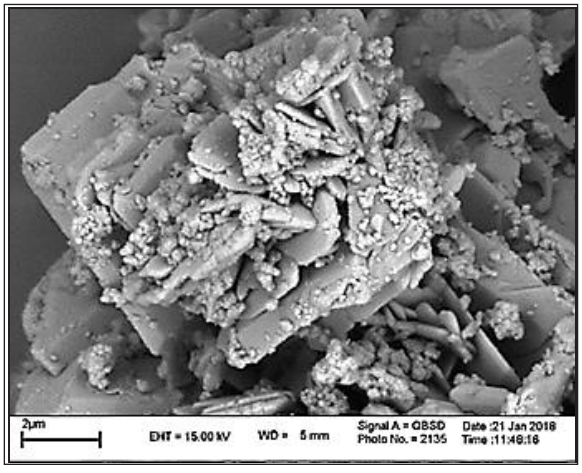


شکل ۲ الگوی XRD نمونه SnO/graphene

برای تایید عناصر موجود در نمونه تهیه‌شده از آزمون EDS استفاده شد. با توجه به شکل ۳، آزمون EDS حضور قلع اکسید و همچنین، با شناسایی کربن وجود گرافن را نشان داده و مواد ناخالصی در نمونه وجود ندارد. مقدار Sn با درصد وزنی ۸۶٫۶۰، O با درصد وزنی ۱۲٫۲۹ و C با درصد وزنی ۱٫۱۱ است. ریخت‌شناسی نانوچندسازه SnO/graphene با تصویر SEM انجام شد (شکل ۴). در تصویر SEM این نمونه صفحه‌هایی با ذرات کروی شکل دیده می‌شوند. همچنین، میانگین ابعاد ذرات با مقدار ۴۱٫۹۳ نانومتر، ثابت کرد که چندسازه تهیه شده در مقیاس نانو است.



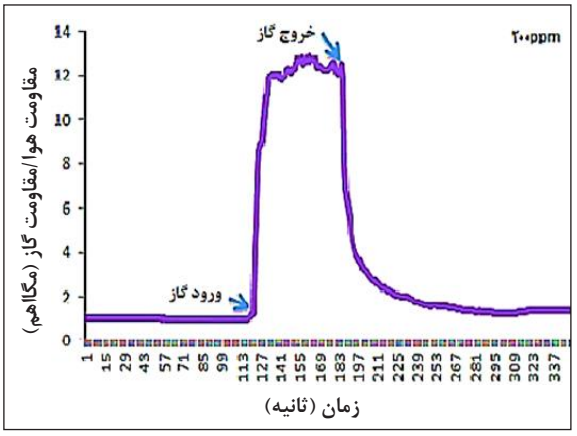
شکل ۳ طیف EDS نانوچندسازه SnO/graphene



شکل۴ تصویر SEM نانوچندسازه .SnO/graphene

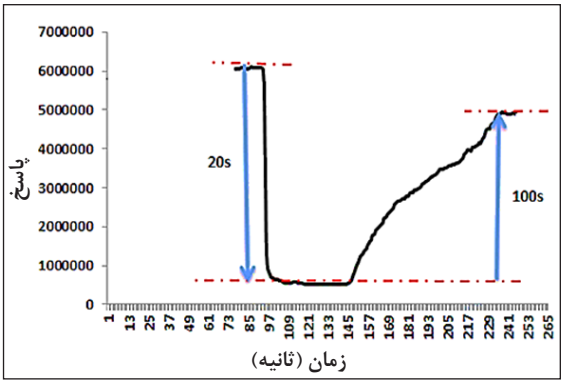
نتیجه‌های آزمون حسگری

در شکل ۵، نمودار پاسخ برحسب غلظت اتانول برای غلظت ppm ۲۰۰ در دمای بهینه °C ۲۳۵ پاسخ بالاتر از ۱۲ برابر (مگا اهم) نمایش داده شده است که نشان‌دهنده عملکرد موفق حسگر است. این حسگر برای غلظت‌های ۱۰۰ تا ppm ۱۰۰۰ در همین دما اندازه‌گیری شده است.



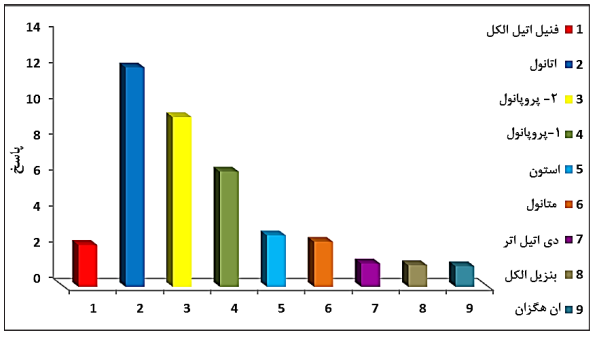
شکل ۵ نمودار پاسخ بر حسب زمان برای حسگر SnO/graphene برای غلظت ppm ۲۰۰ اتانول

شکل ۶، زمان پاسخ[1] و زمان بازیابی[2] برای حسگر قلع اکسید دوپه‌شده با گرافن را برای غلظت ppm ۲۰۰ اتانول در دمای کار نشان می‌دهد. زمان پاسخ برابر ۲۰ ثانیه و همچنین، زمان بازیابی برابر ۱۰۰ ثانیه به‌دست آمده است. این نتیجه نشان‌دهنده زمان پاسخ عالی حسگر است که نسبت به زمان بازیابی عملکرد حسگر بهتر است. زمان پاسخ به معنای جذب اکسیژن بر سطح با استفاده از گاز ورودی و زمان بازیابی به معنای پس‌دهی اکسیژن است. به عبارتی، اکسیژن‌هایی که با گاز واکنش داده بودند، دوباره جذب سطح می‌شوند که با زیادشدن غلظت گاز زمان پاسخ کاهش و زمان بازیابی افزایش می‌یابد زیرا تعداد بیشتری از مولکول‌های گاز هدف با استفاده از اکسیژن‌های سطحی در واحد زمان جذب می‌شوند.



شکل ۶ نمودار زمان پاسخ و بازیابی برای حسگر SnO/grapheme برای غلظت ppm ۲۰۰ اتانول

نمودار گزینش‌پذیری در غلظت ppm ۲۰۰ و دمای بهینه °C ۲۳۵ برای گازهای فنیل‌اتیل الکل، اتانول، ۲- پروپانول، ۱- پروپانول، استون، متانول، دی‌اتیل اتر، بنزیل الکل، ان‌هگزان در شکل ۷ نمایش داده شده است. این که یک حسگر بتواند از میان چندین گاز به تعداد کمتری پاسخ دهد یعنی گزینش‌پذیری خوبی داشته است. پس، برای این سنجش باید حسگر و گازها در شرایط یکسانی از نظر غلظت و دمای بهینه باشند. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، بالاترین پاسخ برای اتانول برابر با ۱۲٫۲۰ مگا اهم به‌دست آمده است.

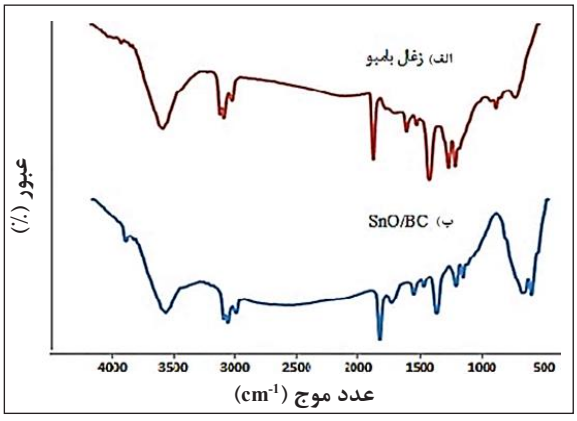


شکل ۷ نمودار گزینش‌پذیری در غلظت ppm ۲۰۰ و دمای بهینه °C ۲۳۵ برای تمام گازها

نانوچندسازه قلع (II) اکسید دوپه‌شده با زغال بامبو با روش

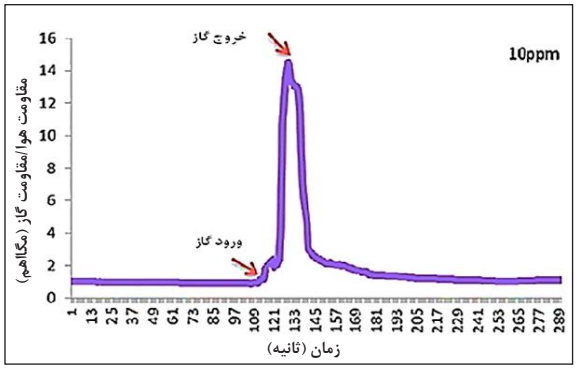
1. Response time 2. Recovery time

یادشده، تهیه و ساختار آن با طیف FTIR (شکل ۸–b) بررسی شد. نوارهای زیر cm^{-1} ۹۰۰ مربوط به ارتعاش‌های کششی Sn-O و Sn-OH [۱۵]. نوار موجود در cm^{-1} ۵۳۲ مربوط به ارتعاش Sn-O است [۱۴]. نوار cm^{-1} ۶۰۳ مربوط به ارتعاش‌های خمشی نامتقارن Sn-O-Sn است [۱۶]. نوارهای cm^{-1} ۱۶۳۷ مربوط به ارتعاش خمشی H-O-H و cm^{-1} ۳۴۱۸ مربوط به ارتعاش‌های کششی Sn-OH و H-OH [۱۴]. همچنین، نوارهای مربوط به زغال بامبو نیز در طیف ۸–b دیده می‌شود که برخی از این نوارها با نوارهای موجود در قلع اکسید هم‌پوشانی کرده است. ارتعاش‌های مربوط به cm^{-1} ۵۹۰، cm^{-1} ۷۴۳، مربوط به گروه C-H خارج از حلقه بنزن است، نوارهای cm^{-1} ۱۰۷۳، cm^{-1} ۱۱۲۶، cm^{-1} ۱۲۷۹ (گستره cm^{-1} ۱۰۴۰ تا cm^{-1} ۱۲۸۰) مربوط به C-O و نوارهای cm^{-1} ۱۳۸۱تا cm^{-1} ۱۴۶۱ مربوط به پیوندهای C-H هستند [۱۷].



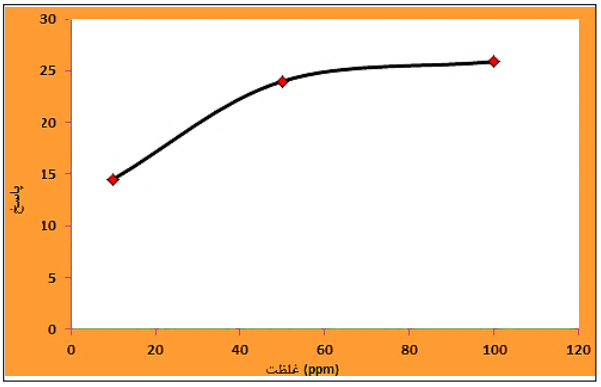
شکل ۸ طیف‌های FTIR زغال بامبو تهیه‌شده در ۸۰۰ °C (a) و (b) SnO/bamboo charcoal

همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، حسگر قلع اکسید دوپه‌شده با زغال بامبو توانست به غلظت ppm ۱۰ اتانول پاسخ بسیار عالی برابر با ۱۴٫۵۲ (مگا اهم) را نشان دهد که پاسخ بهتری در غلظت پایین‌تر اتانول نسبت به حسگر SnO/graphene است.



شکل ۹ نمودار پاسخ بر حسب زمان برای حسگر SnO/bamboo charcoal برای غلظت ppm ۱۰اتانول

در شکل ۱۰، نمودار پاسخ حسگر قلع اکسید دوپه‌شده با زغال بامبو بر حسب غلظت‌های۱۰، ۵۰ و ppm ۱۰۰ اتانول نشان‌داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود نمودار برای غلظت‌های۱۰، ۵۰ و ppm ۱۰۰ روند افزایشی و خطی خوبی را نشان می‌دهد که دلالت بر روند درست اشباع‌شدن حسگر دارد. در نمودارهای غلظت برحسب زمان بهتر است که نمودار به‌صورت خطی باشد. برپایه نمودار برای غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ppm ۱۰۰ پاسخ به‌ترتیب برابر است با ۱۴٫۵۲، ۲۴ و ۲۵٫۸۸ مگا اهم است. از ppm ۵۰ به بعد روند اشباع‌شدن حسگر مشاهده می شود.



شکل ۱۰ نمودار پاسخ بر حسب غلظت اتانول برای حسگر SnO/bamboo charcoal (غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ppm ۱۰۰)

نتایج به‌دست آمده با برخی نتایج پژوهش‌های دیگر مقایسه

شده است (جدول۱). حسگرهای تهیه شده در این پژوهش، نسبت به دیگر پژوهش ها در دمای کار پایین‌تری جواب داده است. همچنین، حسگر نانوچندسازه SnO/bamboo charcoal به‌عنوان یک کاربرد جدید از زغال بامبو مطرح‌شده و عملکرد موفقی داشته است.

جدول ۱ مقایسه حسگرها

نمونه‌های مورداستفاده به‌عنوان حسگر	گستره غلظت (ppm)	دمای کار (°C)	مرجع
ساختارهای هسته-پوسته توخالی شبیه به خارپشت قلع (IV) اکسید	۱۰ تا ۵۰	۲۶۰	۱۸
نانو صفحه‌های چند لایه قلع (IV) اکسید	۱ تا ۱۰۰	۳۵۰	۲۱
نانو چندسازه $RGO-SnO_2$	۵ تا ۵۰۰	۳۰۰	۱۹
$Sn-SnO_2$/carbon nanofibers	۱۰ تا ۱۰۰	۲۴۰	۲۰
نانوچندسازه SnO/graphene	۱۰۰ تا ۱۰۰۰	۲۳۵	کار حاضر
نانوچندسازه SnO/bamboo charcoal	۱۰ تا ۱۰۰	۲۳۵	کار حاضر

نتیجه‌گیری

نانوچندسازه SnO/graphene برای حسگری گاز به‌صورت موفقیت‌آمیزی با روش آب‌گرمایی تهیه شد. آزمون ساختاری نانوچندسازه تهیه شده با SEM، EDS، XRD تشکیل نانوچندسازه SnO/graphene را تایید کردند. نتایج حسگری نسبت به گاز اتانول در دمای ۲۳۵ °C چشمگیر بود. به گونه‌ای که، زمان پاسخ‌دهی و بازیافت به‌ترتیب در حدود ۲۰ و ۱۰۰ ثانیه به‌دست آمد که نشان می‌دهد نانوچندسازه SnO/graphene انتخاب مناسبی برای ساخت یک حسگر با حساسیت خوب و سرعت بالا است. همچنین، حسگرها در سنجش غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ppm ۱۰۰ اتانول موفق عمل کردند. حسگر SnO/bamboo charcoal در غلظت پایین‌تری از اتانول نسبت به حسگر SnO/graphene از خود حساسیت نشان داده است. حساسیت خوب حسگرهای گاز ساخته شده از نانوچندسازه‌های SnO/graphene و SnO/bamboo charcoal در تشخیص بخار اتانول از نتایج با ارزش این پژوهش است که برای کاربردهای صنعتی می‌تواند موردتوجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه گیلان به‌دلیل فراهم آوردن امکانات لازم برای انجام این کار پژوهشی تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] McAleer, J.F.; Moseley, P.T.; Norris, J.O.; Williams, D.E.; Tofield, B.C.; Physical Chemistry in Condensed Phases 84, 441-457, 1988.
[2] Lee, J.H.; Sensors and Actuators B: Chemical 140, 319-336, 2009.
[3] Seiyama T.; Analytical Chemistry 34, 1502-1503, 1962.
[4] Das, S.; Jayaraman, V. Progress in Materials Science 66, 112-255, 2014.
[5] Sakaushi, K.; Oaki., Y.; Uchiyama, H.; Hosono, E.; Zhou, H.; Imai, H.; Nanoscale 2, 2424-2430, 2010.
[6] Wang, L.; Ji, H.; Zhu, F.; Chen, Z.; Yang, Y.; Jiang, X.; Yang, G.; Nanoscale 5, 7613-7621, 2013.
[7] Zhang, J.; Han, Y.; Liu, C.; Ren, W.; Li, Y.;

JARC

Study of SnO/graphene and SnO/Bamboo charcoal nanocomposites sensors for ethanol sensing

Roya Nayebi[1], Abdollah Fallah Shojaei[2,*], Seyed Mohsen Hosseini-Golgoo[3]

1. M.Sc. student in Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Professor in Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Assistant Prof. in Department of Electerical Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran

Recieved: June 2017, Revised: December 2017, Accepted: December 2017

Abstract: In this Research, tin(II) oxide doped with graphene (SnO /graphene) nanocomposite was synthesized by hydrothermal method. Structural characteristics of the nanocomposites were studied using X-ray Diffraction (XRD), Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) scanning electron microscopy (SEM), and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), to confirm possible interactions which may have formed between the nanocomposites. Then, SnO /graphene nanocomposite was used as a sensitive and active layer for preparing a gas sensor for ethanol gas sensing. To optimize the condition and function of the sensor, the sensitivity and response of the nanocomposite at working temperature were investigated and important parameters such as response time, recovery time, and selectivity were determined. At the working temperature also at operating temperature, the sensor showed a sensitivity of about 12 times the concentration of 200 ppm and its response time was significantly lower. In addition, the SnO /graphene sensor had good selectivity over the target gas compared to other gases such as methanol, phenylethyl alcohol, acetone, n-hexane, etc. Due to the properties of bamboo charcoal and specific surface properties and its porosity structure, tin (II) oxide doped with bamboo charcoal (SnO/Bamboo charcoal) nanocomposite synthesis, this sensor was also studied. SnO/Bamboo charcoal nanocomposite showed a significant sensitivity to the low concentration of ethanol at 10 ppm which is better than the sensitivity and detection limit compared to SnO /graphene sensor.

Keywords: Gas sensor, Tin (II) oxide, Graphene, Bamboo charcoal, Ethanol

*Corresponding author Email: a.f.shojaie@guilan.ac.ir