

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

رویا ناییبی^۱، عبدالله فلاح شجاعی^{۲*} و سیدمحسن حسینی گلگو^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، نانوجندساز قلع (II) اکسید دوپه شده با گرافن (SnO/graphene) به روش آب گرمایی تهیه شد. برای شناسایی ویژگی ساختاری نانوجندساز و بررسی برهم کنش نانوذرات از پراش پرتو ایکس (XRD)، طیفسنجی تفکیک انرژی (EDS)، میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) و طیفسنجی فرسوخ تبدیل فوریه (FTIR) استفاده شد. سپس، نانوجندساز SnO/graphene به عنوان لایه حساس و فعال در تهیه حسگر گازی به کار گرفته شد و برای سنجش گاز اتانول مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بهینه کردن شرایط و عملکرد حسگر، حساسیت و پاسخ نانوجندساز در دمای کار بررسی و عامل‌های مهمی مانند زمان پاسخ، زمان بازیافت و گزینش پذیری تعیین شد. همچنین، در دمای کار، حسگر ساخته شده حساسیتی در حدود ۱۲ برابر را نسبت به غلظت ۲۰۰ ppm نشان داد و زمان پاسخ آن تا حد قابل توجهی پایین بود. همچنین، حسگر SnO/graphene گزینش پذیری خوبی را نسبت به گاز هدف در مقایسه با سایر گازهای مورد بررسی مانند متانول، فنیل اتیل الکل، استون، آن هگزان و غیره داشته است. با توجه به ویژگی زغال بامبو و ویژگی‌های سطحی ویژه و ساختار متخلخل، تهیه نانوجندساز قلع (II) اکسید دوپه شده با زغال بامبو (SnO/bamboo charcoal) نیز تهیه شد و عملکرد این حسگر مورد بررسی قرار گرفت. نانوجندساز SnO/bamboo charcoal نسبت به غلظت کم اتانول در حد ۱۰ ppm حساسیت قابل توجهی را نشان داد که در مقایسه با حسگر SnO/graphene از حساسیت و حد تشخیص بهتری برخوردار است.

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

مقدمه

بخار گاز اتانول یک گاز خواب‌آور و با طبیعت سمی و قابلیت اشتعال است. قرار گرفتن در معرض بخار الکل به صورت مداوم امکان بروز سرطان کبد و به ویژه در زنان احتمال سرطان سینه را افزایش می‌دهد. بنابراین، تقاضا و درخواست‌های فراوانی برای

غلظت بسیار کمی از گازهای آلاینده، قادرند به طور چشمگیری کیفیت هوا را تحت تاثیر قرار دهند. امروزه، تشخیص و شناسایی گازهای موجود در محیط زیست از اهمیت بالایی برخوردار است [۱].

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 بهترین موادی هستند که در تهیه حسگرهای گازی به کار برده می‌شوند. زمانی که 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 SnO₂ و SnO داشته باشند که قلع (IV) اکسید یک نیم‌رسانای نوع n با کاف انرژی پهن ۳٫۶ الکترون ولت است. این بیشترین پهنای برای نیم‌رسانای اکسید سرامیکی حسگرهای گازی است که مورد استفاده 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 مورد استفاده قرار گرفته، گرافن است. نخستین پژوهش درباره حسگر گرافنی^۱ 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 مونوکسید، اتانول و آمونیاک) دارد [۹]. در سال ۲۰۱۵، ژانگ^۲ و همکارانش نانوبلور قلع اکسید همراه با گرافن اکسید کاهش داده‌شده را به‌عنوان حسگری برای سنجش اتانول تهیه کردند. این حسگر توانایی اندازه‌گیری غلظت‌های پایین اتانول بین (۱ تا ۱۰۰ ppm) را در دمای اتاق داشت [۱۰]. همچنین، در همان سال چو^۳ 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 ۱۰^{-۶}×۰/۰۰۱ و دمای کار ۱۳۳ °C به‌دست آمد [۱۱]. دو ویژگی اصلی در حسگرهای گاز، حساسیت و گزینش‌پذیری^۴ است و بهبود این دو باعث افزایش کیفیت عملکرد حسگر است [۱۲] و [۱۳].

در این پژوهش، نانوجندسازه 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، نانوجندسازه 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 کلاهی 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

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

به منظور تهیه پوشش حسگری برای تهیه نانوجندسازه قلع اکسید دوپه‌شده با زغال بامبو ابتدا، به ۰/۰۲ گرم پودر زغال بامبو، ۰/۰۲ لیتر آب یون زدوده افزوده شد. مخلوط برای دو ساعت در فراصوت قرار گرفت. پس از گذشت دو ساعت، با افزودن ۰/۱۸ لیتر آب یون زدوده، نمونه با همزن مغناطیسی، ۴۰ دقیقه هم‌زده شد. بقیه مراحل تهیه همانند روش تهیه نانوجندسازه قلع اکسید دوپه‌شده با گرافن یادشده، پیش رفت.

تهیه حسگر

پودر به دست آمده از تهیه نانوجندسازه‌ها با آب یون زدوده مخلوط و به مدت ده دقیقه هم‌زده شد. سپس، با دستگاه پوشش‌دهنده چرخشی با سرعت ۳۰۰۰ دور بر ثانیه به مدت یک دقیقه بر شیشه‌های لام با ابعاد $۰/۷ \times ۰/۵$ سانتی‌متر نشانده و در دمای اتاق خشک شد تا یک سطح صاف و یکنواخت به دست آید. برای آماده‌سازی نمونه‌ها برای بررسی عملکرد حسگری، ریزگرمن‌های^۱ مقاومتی در مجاور سطح حساس برای کارکرد مطلوب حسگر که در دمای بالا به دست می‌آید، تهیه شد. مجموعه نمونه و گرمکن بر یک عایق گرمایی از جنس میکا قرار داده شد. از چسب رسانا نقره به عنوان اتصال الکتریکی نمونه‌ها و از سیم‌های نازک پلاتین به عنوان الکترود که وظیفه اتصال نمونه را به مدار خارجی بر عهده داشت، استفاده شد. شکل ۱ تصویر یک نمونه حسگر نصب‌شده بر ریزگرمن را نشان می‌دهد.

پاسخ حسگر از جمله عامل‌هایی است که برای مقایسه عملکرد حسگرها مورد استفاده قرار می‌گیرد که برای حسگر نوع n به صورت معادله ۱ تعریف می‌شود.

$$(R_a/R_g) = \text{پاسخ} \quad (1)$$

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

قرص‌های KBr به دست 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 K α 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 به کار گرفته شد.

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

به منظور تهیه پوشش حسگری ابتدا به ۰/۰۲ گرم پودر نانوذره گرافن اکسید، ۰/۰۲ لیتر آب یون زدوده افزوده شد. این مخلوط به مدت دو ساعت در فراصوت قرار داده شد. پس از این مدت، با افزودن ۰/۱۸ لیتر آب یون زدوده، 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 به دست 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 به دست آمد. پس از ۳۰ دقیقه هم‌خوردن نمونه به یک اتوکلاو منتقل و برای ۸ ساعت در دمای 120°C قرار داده شد. سپس، محلول به دست آمده تحت گریزانه با ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت و با آب یون زدوده 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 340°C قرار گرفت.

روش تهیه زغال بامبو

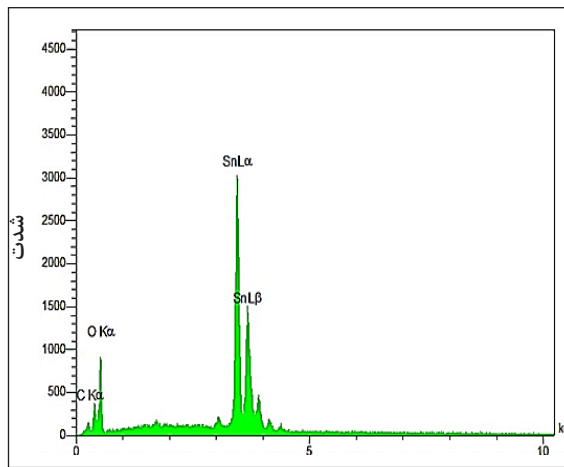
برای تهیه زغال بامبو، چوب بامبو دو ساله از منطقه تالاب امیر کلاهی لاهیجان با ابعاد 1×2 سانتی‌متر برش داده شد و درون یک بوته چینی قرار گرفت. سپس، بوته در کوره با دمای 800°C به مدت دو و نیم ساعت قرار داده شد.

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

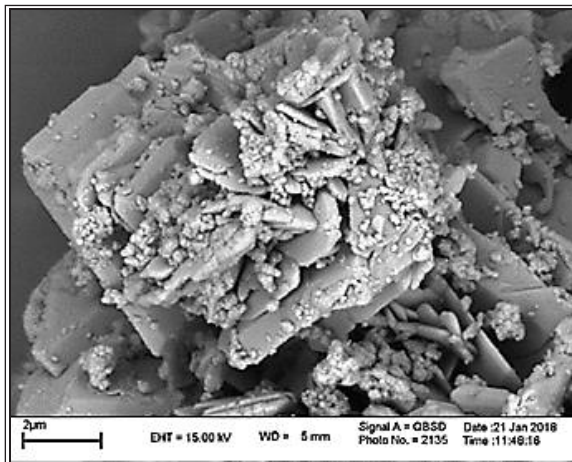


شکل ۱ طرحواره‌ای از یک کیت ساخته شده برای قرارگیری حسگر

برای تایید عناصر موجود در نمونه تهیه شده 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 نانوجندساز *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.



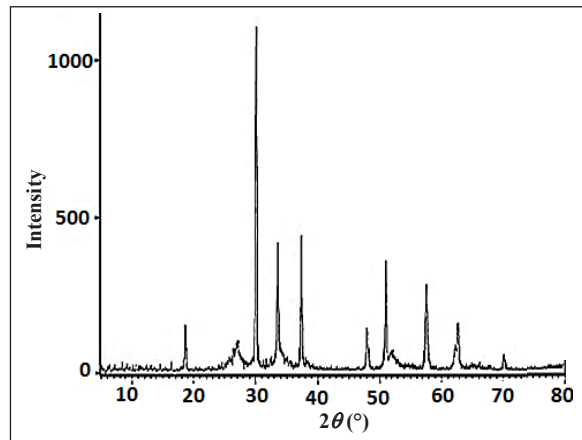
شکل ۳ طیف EDS نانوجندسازه *SnO/graphene*



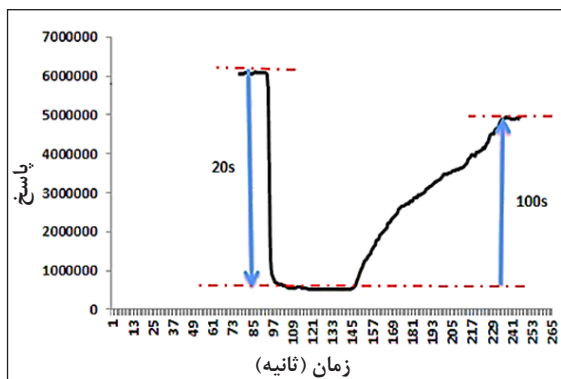
شکل ۴ تصویر SEM نانوجندسازه *SnO/graphene*

نتیجه‌ها و بحث

الگوی پراش پرتو ایکس نمونه *SnO/graphene* تهیه شده در دمای 340°C (شکل ۲) با کارت استاندارد (JCPDS) شماره ۸۵-۰۷۲۱ همخوانی دارد. صفحه‌های (۰۰۱) در 18.5° ، (۰۰۲) در 26.9° ، (۱۰۱) در 30.1° ، (۱۱۰) در 33.5° ، (۰۰۲) در 37.3° ، (۲۰۰) در 48° ، (۱۱۲) در 50.9° ، (۲۰۲) در 57.6° ، (۱۰۳) در 62.7° ، (۲۰۰) در 70.1° درجه دلیلی بر این ادعاست [۱۴]. صفحه (۰۰۲) در 26.9° نشان‌دهنده وجود گرافن است [۱۰]. وجود بقیه پیک‌ها، قلع اکسید (SnO) در فاز رومارچیت را تایید می‌کند [۱۴].

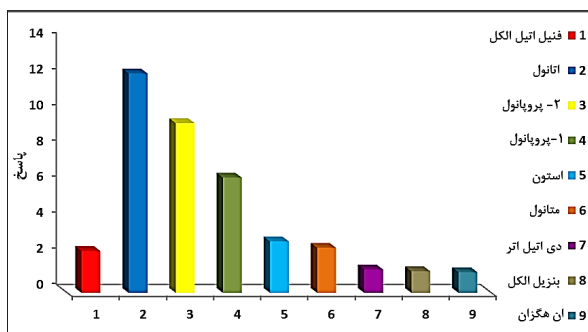


شکل ۲ الگوی XRD نمونه *SnO/graphene*



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

نمودار گزینش‌پذیری در غلظت ۲۰۰ ppm و دمای بهینه 335°C 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 سنسور 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 $12,20$ مگا اهم به دست آمده است.



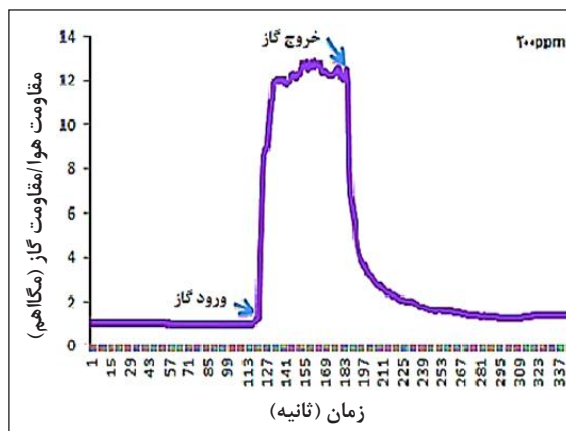
شکل ۷ نمودار گزینش‌پذیری در غلظت ۲۰۰ ppm و دمای بهینه 335°C برای تمام گازها

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

1. Response time 2. Recovery time

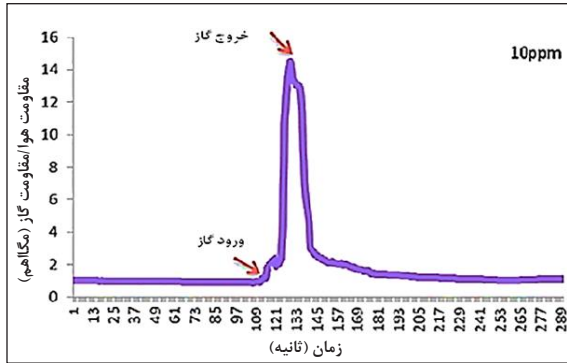
نتیجه‌های آزمون حسگری

در شکل ۵، نمودار پاسخ برحسب غلظت اتانول برای غلظت ۲۰۰ ppm در دمای بهینه 335°C پاسخ بالاتر از ۱۲ برابر (مگا اهم) نمایش داده شده است که نشان‌دهنده عملکرد موفق حسگر است. این حسگر برای غلظت‌های ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ ppm در همین دما اندازه‌گیری شده است.



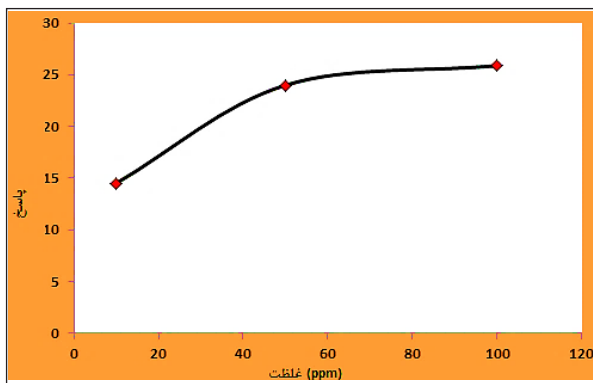
شکل ۵ نمودار پاسخ بر حسب زمان برای حسگر SnO/graphene برای غلظت ۲۰۰ ppm اتانول

شکل ۶، زمان پاسخ^۱ و زمان بازیابی^۲ برای حسگر قلع اکسید دوپه‌شده با گرافن را برای غلظت ۲۰۰ ppm اتانول در دمای کار نشان می‌دهد. زمان پاسخ برابر ۲۰ ثانیه و همچنین، زمان بازیابی برابر ۱۰۰ ثانیه به دست 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 زیاد شدن 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 ۹ نمودار پاسخ بر حسب زمان برای حسگر SnO/bamboo charcoal برای غلظت ۱۰ ppm اتانول

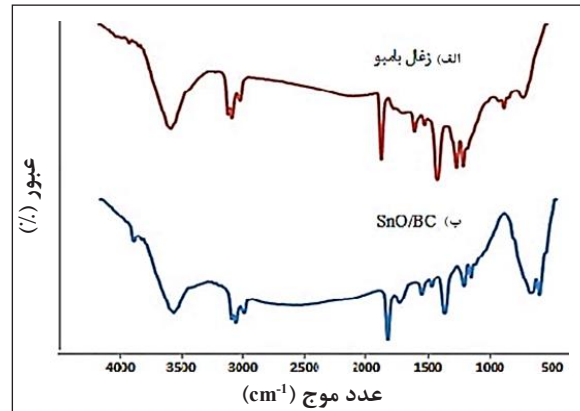
در شکل ۱۰، نمودار پاسخ حسگر قلع اکسید دوپه شده با زغال بامبو بر حسب غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ppm اتانول نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود نمودار برای غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ppm روند افزایشی و خطی خوبی را نشان می‌دهد که دلالت بر روند درست اشباع شدن حسگر دارد. در نمودارهای غلظت بر حسب زمان بهتر است که نمودار به صورت خطی باشد. برپایه نمودار برای غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ppm پاسخ به ترتیب برابر است با ۱۴،۵۲، ۲۴ و ۲۵،۸۸ مگا اهم است. از ۵۰ ppm به بعد روند اشباع شدن حسگر مشاهده می‌شود.



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

نتایج به دست آمده با برخی نتایج پژوهش‌های دیگر مقایسه

یاد شده، تهیه و ساختار آن با طیف FTIR (شکل ۸-b) بررسی شد. نوارهای زیر 900 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های کششی Sn-O و Sn-OH است [۱۵]. نوار موجود در 532 cm^{-1} مربوط به ارتعاش Sn-O است [۱۴]. نوار 603 cm^{-1} مربوط به ارتعاش‌های نامتقارن Sn-O-Sn است [۱۶]. نوارهای 1637 cm^{-1} مربوط به ارتعاش خمشی H-O-H و 3418 cm^{-1} مربوط به 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 590 cm^{-1} ، 743 cm^{-1} ، 1073 cm^{-1} ، 1126 cm^{-1} ، 1279 cm^{-1} (گستره 1040 cm^{-1} تا 1280 cm^{-1}) مربوط به C-H خارج از حلقه بنزن است، نوارهای 1381 cm^{-1} تا 1461 cm^{-1} مربوط به پیوندهای C-O هستند [۱۷].



شکل ۸ طیف‌های FTIR زغال بامبو تهیه شده در 800°C (a) و (b) SnO/bamboo charcoal

همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، حسگر قلع اکسید دوپه شده با زغال بامبو توانست به غلظت ۱۰ ppm 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.

موفقیت آمیزی با روش آب گرمایی تهیه شد. آزمون ساختاری نانوجندسازه تهیه شده با SEM، EDS، XRD تشکیل نانوجندسازه SnO/graphene را تایید کردند. نتایج حسگری نسبت به گاز اتانول در دمای ۲۳۵ °C چشمگیر بود. به گونه‌ای که، زمان پاسخ‌دهی و بازیافت به ترتیب در حدود ۲۰ و ۱۰۰ ثانیه به دست آمد که نشان می‌دهد نانوجندسازه SnO/graphene انتخاب مناسبی برای ساخت یک حسگر با حساسیت خوب و سرعت بالا است. همچنین، حسگرها در سنجش غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ppm از اتانول موفق عمل کردند. حسگر SnO/bamboo charcoal در غلظت پایین تری از اتانول نسبت به حسگر SnO/graphene از خود حساسیت نشان داده است. حساسیت خوب حسگرهای گاز ساخته شده از نانوجندسازه‌های SnO/graphene و SnO/bamboo charcoal در تشخیص بخار اتانول از نتایج با ارزش این پژوهش است که برای کاربردهای صنعتی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

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

شده است (جدول ۱). حسگرهای تهیه شده در این پژوهش، نسبت به دیگر پژوهش‌ها در دمای کار پایین تری جواب داده است. همچنین، حسگر نانوجندسازه SnO/bamboo charcoal به عنوان یک کاربرد جدید از زغال بامبو مطرح شده و عملکرد موفق‌تری داشته است.

جدول ۱ مقایسه حسگرها

مرجع	دمای کار (°C)	گستره غلظت (ppm)	نمونه‌های مورد استفاده به عنوان حسگر
۱۸	۲۶۰	۱۰ تا ۵۰	ساختارهای هسته-پوسته توخالی شبیه به خارپشت قلع (IV) اکسید
۲۱	۳۵۰	۱ تا ۱۰۰	نانو صفحه‌های چند لایه قلع (IV) اکسید
۱۹	۳۰۰	۵ تا ۵۰۰	نانو چندسازه RGO-SnO ₂
۲۰	۲۴۰	۱۰ تا ۱۰۰	Sn-SnO ₂ /carbon nanofibers
کار حاضر	۲۳۵	۱۰۰ تا ۱۰۰۰	نانوجندسازه SnO/graphene
کار حاضر	۲۳۵	۱۰ تا ۱۰۰	نانوجندسازه SnO/bamboo charcoal

نتیجه گیری

نانوجندسازه SnO/graphene برای حسگری گاز به صورت

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.;

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

Roya Nayebi¹, Abdollah Fallah Shojaei^{2,*}, Seyed Mohsen Hosseini-Golgoo³

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 Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: 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