روشی نوین جهت کاهش زمان بازیابی سنسورهای گازی نیمرسانای نوع n آلاییده شده با نانولوله های کربنی

حجتی، تینا[۱] ؛ افضل زاده، رضا[۲] ؛ ابراهیمی، محبوبه[۳]

[۱و۲] دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران ،[۳]دانشگاه پیام نور واحد تهران شرق

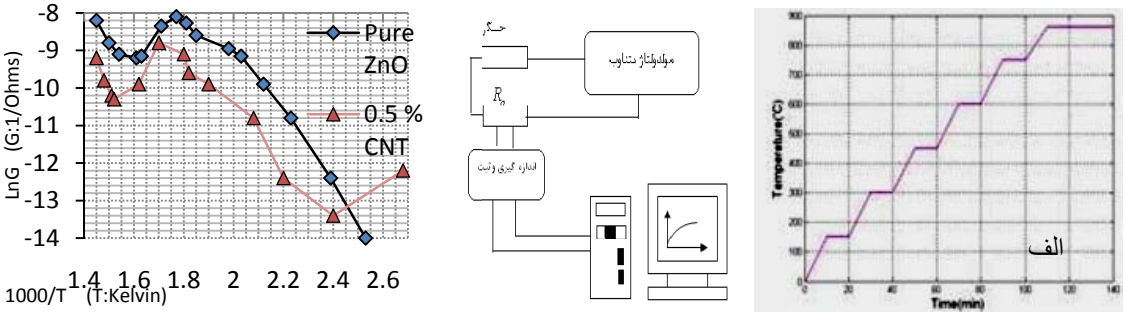
چکیده:

اکسید های فلزی نیم رسانا به عنوان حسگر گاز در طول دهه های اخیر کاربردهای بسیاری داشته اند. اثر آلایش با نانولوله های کربنی بر حسگر های اکسید روی بررسی شده است. افزودن نانولوله های کربنی سبب افزایش پاسخ حسگر می شود که می تواند ناشی از افزایش سطح تماس و عرض ناحیه ی تهی سنسور، و بسته به کایرالیتی و نوع نانولوله، ناشی از برقراری پیوندگاههای p-n باشد. آلایش با نانولوله ها در عین حال سبب افزایش زمان بازیابی سنسور به دلیل گیر افتادن آلاینده و محصولات در نانولوله ها و همچنین در تخلخل های کوچک ابعاد ناشی از جای خالی نانولوله هایی که در فرایند بازپخت تجزیه و تبخیر شده اند می شود. در این مقاله استفاده از پالس گرمایی به عنوان روشی جهت تسریع رهاسازی محصولات از روی سطح، و در نتیجه دستیابی به سنسورهایی با پاسخ قویتر، و در عین حال زمان بازیابی کوتاه جهت کاربردهایی که نیاز به بازیابی سریع سنسور است، ارایه می شود.

زمینه ی تئوری: سنسورهای گازی نیمه رسانای اکسید فلزی در زمینه های گوناگون مورد توجه بسیاری قرار گرفته اند، که می تواند به دلیل قیمت پایین، توانایی تولید سریع و پر بازده و قابل کنترل و همچنین حساسیت قابل قبول این مواد به آلاینده های گوناگون سمی و قابل اشتعال باشد. اخیرا گستره ی وسیعی از سنسورهای گازی مبتنی بر نانومواد ارایه شده است که برخی از این ساختارها به دلیل نسبت سطح به حجم بالایی که ارایه می کنند، توانایی پاسخ به آلاینده در دمای محیط را نیز دارا هستند. اما بازیابی ناقص سنسور به دلیل تشکیل آب و سایر محصولات واکنش حسگری و عدم رهاسازی کامل این محصولات از روی سطح، کاربرد این ساختارها را محدود می کند[۱]. مکانیسم حسگری گاز بسیاری از اکسیدهای فلزی نیمرسانا همچون اکسید روی مبتنی بر تغییر الکترونهای آزاد لایه ی سنسور در حضور گاز های اکسنده یا کاهنده است. تغییرات تهی جاهای اکسیژن، تغییر سد های انرژی بر سر راه حرکت الکترون را سبب می شود، که این تغییر قابل آشکار سازی است[۲].

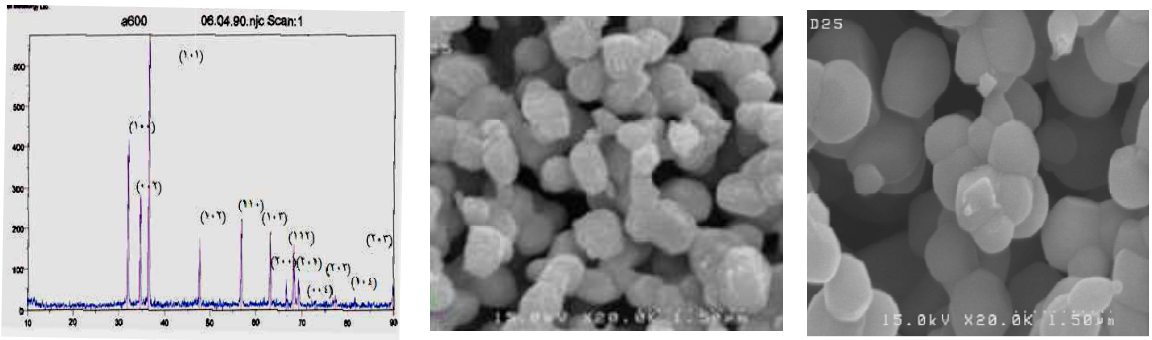
جزییات تجربی: برای ساخت حسگر، ۵ گرم پودر اکسید روی ساخت شرکت مرک آلمان با خلوص ۹۹.۹ درصد را با ۲۵ میلی گرم نانولوله کربنی چند دیواره با درجه خلوص ۹۵ درصد و تعداد دیواره های بین ۱ و ۳ و طول ۱ تا ۱۰ میکرومتر که در ۲ میلی لیتر آب مقطر به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آلتراسونیک قرار داده شده بودند مخلوط شد. حسگرها با اندازه ی ۸×۵ میلیمتر و با ضخامت یک میلیمتر پرس شدند و برای انجام بازپخت در کوره ی حجمی مدل EX۱۴۰۰ اکسایتون، با برنامه ی دما زمان نشان داده شده در شکل ۱.الف به مدت نیم ساعت در دمای ۸۶۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته، سپس با سیم پلاتین ۵۰ میکرومتری و چسب نقره در مدار وصل شدند. جزییات مدار به کار برده شده در شکل

۱.ب نشان داده شده است. نمودار آرنیوس نمونه ها رسم شد تا گستره ی دمای کار سنسور مشخص شود (شکل ۱.ج). گستره ی دمای کار سنسورهای خالص بین ۳۲۰ تا ۳۶۰ و نمونه ی آلاییده بین ۳۵۰ تا ۳۷۰ درجه سلسیوس می باشد.



شکل ۱: الف) برنامه ی دما–زمان استفاده شده برای بازپخت. ب) شکل مدار حسگر. ج) نمودار آرنیوس حسگرها.

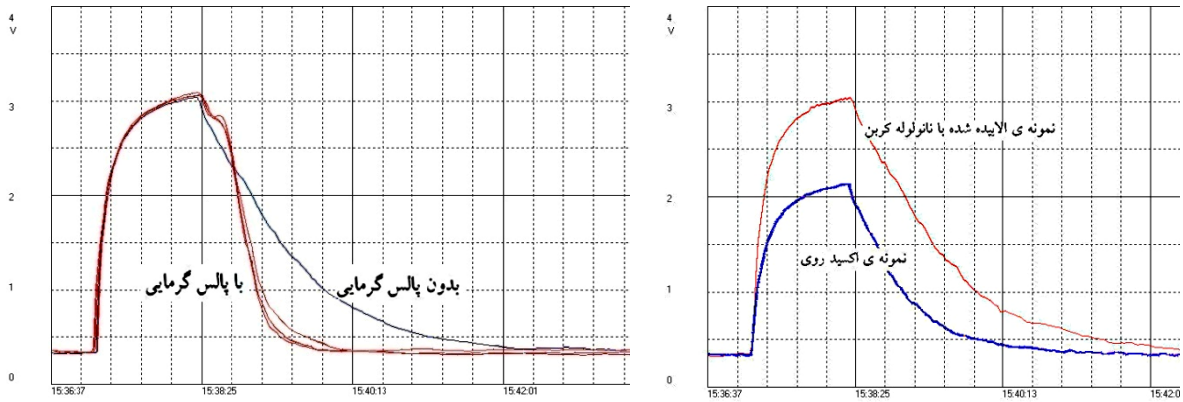
تصویر SEM و الگوی XRD نمونه ها در شکل ۲ قابل مشاهده است که حاکی از تشکیل دانه هایی با اندازه ی متوسط ۵۵۰ نانومتر برای نمونه ی خالص، و ۲۰۰nm برای نمونه ی آلاییده می باشد. تصاویر SEM به کمک دستگاههای CAMBRIDGE S۳۶۰ و PHILIPS مدل pw۳۷۱۰ بدست آمده است. نکته ی قابل تامل، حضور نانولوله های کربنی آگلومره در نمونه ها بعد از بازپخت در دما ی بازپخت ۸۶۰ است که به شکل نقاط سیاه با چشم مشهود است. این در حالی است که انتظار می رود تبخیر و تبدیل به دی اکسید کربن نانولوله ها را، در دمای ۵۵۰ درجه شاهد باشیم.



شکل۲ :الف) SEM نمونه ی خالص. ب)SEM نمونه آلاییده شده با۰.۵ درصد .CNT ج) الگوی XRD نمونه های آلاییده.

تحلیل نتایج: منحنی پاسخ دینامیکی سنسورها نسبت به ۴۰۰ppm آلاینده ی اتانول در حضور هوا و در گستره ی دمای کار در شکل ۳.الف مشاهده می شود. زمان بازیابی سنسورهای اکسید روی خالص در گستره ی ۴۰ تا ۶۰ ثانیه، و سنسورهای آلاییده شده با نانولوله کربنی در گستره ی ۱۱۰ تا ۱۵۰ ثانیه قرار دارد که این زمان بازیابی طولانی، به گیر افتادن آلاینده و محصولات در نانولوله ها و همچنین در تهی جاهای نانو ابعاد به جا مانده از تجزیه و تبخیر نانولوله ها در طول فرایند بازپخت می تواند نسبت داده شود. جهت برطرف نمودن این مشکل و کاهش زمان بازیابی، از دادن پالس

گرمایی به سنسور در فاز بازیابی استفاده شد تا با تسریع رها سازی مولکولهای گاز، زمان بازیابی تسریع شود. سپس سنسور پیش از خارج شدن از حوزه ی تعادل مجددا به دمای ابتدایی باز گردانده می شود.



شکل ۳: الف) پاسخ سنسورهای اکسید روی خالص و آلاییده به ppm۴۰۰ اتانول، ب) نتایج حاصل از دادن پالس گرمایی در دماهای ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ درجه به سنسورهای آلاییده بر کاهش زمان بازیابی.

افزایش دمای سطح سنسور به بیش از دمای کار آن، باعث افزایش انرژی جنبشی مولکولهای گاز هدف و رها شدن از سطح حسگر می گردد لذا پس زنی مولکولهای گاز اتفاق می افتد. نتایج حاصل در شکل۳.ب مشاهده می شود. پالسهای گرمایی به مدت ۳۰ ثانیه و تا دماهای ۴۰۰، ۴۵۰و ۵۰۰ درجه، به سنسور که دمای کار آن حدود ۳۵۰ درجه است، داده شد که کاهش تقریبا یکسانی در زمان بازیابی سنسور در پی داشت. زمان بازیابی سنسورها بسته به غلظت آلاینده، به وضوح کاهشی در گستره ی ۲۵۰ تا ۳۰۰ درصد نشان می دهد.

نتیجه گیری

استفاده از پالس گرمایی، کاهش چشمگیر زمان بازیابی سنسورها را سبب می شود. این روش همچنین می تواند در مورد تمام سنسورهای از این دست که زمان بازیابی طولانی دارند به کار برده شود. علاوه بر این، مشکل اکثر سنسورهای با دمای کار پایین از جمله سنسورهای ساخته شده ازنانوساختارهای شبکه مانند اکسید های فلزی یا نانولوله های کربنی خالص، بازیابی ناقص این سنسورها به دلیل باقی ماندن رطوبت به عنوان یکی از محصولات واکنش حسگری روی سطح حسگر و در نتیجه مسدود شدن تعدادی از جایگاههای واکنش می باشد. استفاده از این روش در فاز بازیابی می تواند با پس زنی محصولات و تبخیر آب از سطح سنسور، بازیابی کامل و کوتاه مدت این سنسورها را به همراه داشته باشد.

مرجع ها

۱. Mohamadrezaei A., Afzalzadeh R., Ag Nano Particles-Doped Zinc Oxide with Noble Metal Catalytic Contacts, *Sensors Lett.* ۲۰۱۰, **Vol.** ۸, pp.۱–۷.

۲. C. Baratto, E.Comini, G.Faglia, influence of metallic impurities on response kinetics in metal oxide thin film gas sensor, *Sensors and Actuators*, ۲۰۰۴, Vol. ۱۰۳, pp.۴۴۸–۴۵۶.