مجموعه مقالات پژوهشی دانشکده مهندسی و علم مواد - دانشگاه صنعتی شریف - سال ۱۳۸۳ - ص ص ۱۲۳ - ۱۳۲

طراحی و ساخت سنسور لایه نازک گاز

سید خطیب الاسلام صدر نژاد (استاد)
محمدرضا واعظی (دانشجوی دکترا)

چکیده

حسگرهای لایه نازک گاز کاربرد فراوانی در صنایع تولید فلز، نیروگاههای حرارتی و واحدهای پتروشیمی دارند. نیاز به حساسیت نسبت به وزن بالا، این حسگرها را دارای اهمیت تحقیقاتی قابل توجهی نموده است. آخرین دستاوردهای پژوهشی مربوط به نشاندن لایه نازک حساس به گاز به عنوان مهمترین بخش مطرح در ساخت یک حسگر مطلوب در این مقاله ارائه می شود. چند نمونه لایه نازک از جنس اکسید روی و اکسید قلع بدون آلاینده و دارای آلاینده پالادیوم برای استفاده در طراحی و ساخت سنسور حساس به منواکسید کربن ساخته شد. برای بهبود روش ساخت و خواص لایه به دست آمده خصوصیات کریستالی و مورفولوژی ترکیب حاصل با استفاده از شیوه های XRD، EDAX و SEM بررسی شد. ترمودینامیک و سینتیک رشد لایه نشان داد که اتمهای مایع با پیوستن به سطح جامد افزایش نظم داده و با شبکه کریستالی جامد هماهنگ می شوند. سرعت رشد لایه تابع اختلاف دمای زیر لایه و پوشش بود و پارامترهای دیگر همچون دمای سطح، غلظت کمپلکس و هندسه سیستم نیز بر سرعت رشد تاثیر داشتند. بر اساس مطالعات انجام شده، ترکیب لایه های ساخته شده ZnO، SnO_2 و SnO_2-PdO و ساختار آنها کریستالی بود و شکل دانه های اکسید روی، با افزایش دفعات غوطه وری از حالت دانه های غیر کروی به کروی تبدیل می شد.

کلمات کلیدی: اکسید روی، اکسید قلع، لایه نازک، حسگر، گاز

مقدمه

آلاینده های گازی خطری بسیار جدی برای سلامت انسان هستند. کنترل غلظت این گازها بنابراین امری ضروری است. سنسورهای حساس به گاز مجهز به سیستمهای هشدار دهنده می توانند خطر در معرض قرار گرفتن را از طریق اندازه گیری پیوسته کاهش دهند. نیاز به استفاده از حسگرهای گازی ارزان قیمت و قابل اعتماد به سبب گسترش آلودگیهای محیطی ناشی از صنعت و ترافیک اخیراً به شدت افزایش یافته است. به همین دلیل، سنسورهای گازی به منظور تشخیص دود، گازهای گلخانه ای، بخارات فلزی، گازهای سمی و کشنده و رطوبت طی چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته و پیشرفت وسیعی داشته اند.

تا کنون مواد مختلفی از جمله نیمه هادیهای اکسید فلزی نظیر WO_3 ، Cr_2O_3 ، Ga_2O_3 ، SnO_2 ، InO_2 و یا مخلوطی از آنها برای ساخت سنسورهای لایه نازک مورد استفاده قرار گرفته اند. برخی از این مواد به صورت دو لایه ای های نازک نظیر SnO_2-Fe_2O_3

کارآیی مناسبی از خود نشان داده اند. از اکسیدهای نیمه هادی نظیر ZnO ، SnO_2 ، TiO_2 و WO_3 که خاصیت جذب گاز بالایی دارند هم به منظور تشخیص آلودگیهای محیط می توان استفاده کرد [۱]. حسگرهای اکسیدهای روی و قلع به سبب دمای کاری نسبتا پائین و حساسیت بالا توجه خاصی را به خود جلب کرده اند [۲]. اکسید قلع، یک نیمه هادی نوع n است. جاهای خالی اکسیژن این ماده به عنوان "دهنده" [1] عمل می کنند. میزان حساسیت به گاز اکسید قلع به اندازه دانه، مورفولوژی سطح و تخلخل داخلی لایه نازک مورد استفاده بستگی دارد.

اصول حسگری گاز بر پایه تغییر هدایت سنسور در حین تماس با گاز است [۳]. هدایت الکتریکی اکسید قلع برای مثال در اثر تماس با گازهای احیایی مانند هیدروژن، پروپان و گاز طبیعی افزایش می یابد. در ساخت حسگرهای گازهای خروجی اتومبیل، محیط های طبخ غذا و اجاق های میکروویو بنابراین از این ماده می توان استفاده کرد. در محیط های اتمسفری، اکسید قلع ابتدا اکسیژن هوا را جذب کرده و تشکیل کمپلکس $O^-_{ad}(SnO_{1-x})$ می دهد. حال اگر در تماس با یک گاز احیایی مانند منو اکسید کربن قرار گیرد، به کمپلکس $(SnO_{2-x})^*$ تبدیل شده و خواص الکتریکی آن تغییر می کند. از آنجا که این فرایندها بیشتر در مرز دانه ها اتفاق می افتند، لذا میزان ریزی دانه های اکسید قلع بر بهبود خواص حسگری تاثیر داشته و در عملیات ساخت مورد توجه قرار می گیرد. لایه های اکسید قلع اصلاح شده با عناصری نظیر پلاتین، نقره و ایندیم حساسیت بالایی در دماهای کم از خود نشان می دهند. کاهش دمای کاری منجر به مصرف توان کمتر می شود. در صورتی که سنسورهای لایه نازک بدون وارد کردن [2] عناصر فوق، حساسیت کمتری از خود نشان می دهند. بافت، مقدار تخلخل و ضخامت لایه همراه با جرم مولکولی گاز جذب شونده جزء موثرترین عوامل تغییر دهنده خواص حسگر هستند.

لایه های نازک مورد استفاده در حسگرها به روشهای گوناگونی قابل ساخت هستند. روشهای شیمیایی، الکتروشیمیایی، لایه نشانی بخار، اسپاترینگ، پرس و زینتر کردن پودر، هیدرولیز ترکیبات کلریدی و لایه نشانی الکتروفورتیکی EPD [3] همگی قابل به کار گیری هستند. روش اعمال پوشش اکسید های فلزی به طریق فیزیکی مانند تبخیر حرارتی، اسپاترینگ مغناطیسی و اسپاترینگ RF [4] و روشهای شیمیایی مانند LPCVD [5]، PECVD [6] و MOCVD [7] نیز قابل بهره برداری است. تعیین روش بهینه، نیاز به بررسی های دقیق و مفصل علمی و آزمایشگاهی دارد. در شرایط حاضر، تکنیک قابل استفاده و منتج به نتیجه را از طریق تجربه های عملی می توان بدست آورد. مشخصات فیزیکی، شیمیایی و الکتریکی لایه های تولید شده از دیدگاه استفاده در ساخت حسگرهای جاذب گاز دارای اهمیت فنی و صنعتی بوده و پس از ساخت لازم است از نظر بهره برداری بهینه مورد ارزیابی قرار گیرند.

روشهای اندازه گیری آلودگی محیط متنوع است. شبکه کنترل کیفیت هوا در فرانسه [8] غلظت هر یک از آلوده کننده های محیطی را در مکانهای مختلف اندازه گیری می نماید. دستگاه های مورد استفاده، آنالیز کننده های انتخابی می باشند که بسیار دقیق بوده اما بکارگیری آنها کاری بسیار پر زحمت و گران است. لذا این روشها به تعداد محدودی از ایستگاههای اندازه گیری منحصر شده است. سنسورهای گازی لایه نازک، یک راه حل سودمند برای کارتوگرافی دقیق آلودگی های محیطی ارائه داده است. مزایای استفاده از این سنسورها طراحی ساده، وزن کم و قیمت پایین آنها می باشد. امکان تولید انبوه، اندازه حسگر قابل

---

[1] - Donor
[2] - Doping
[3] - Electrophoretic Deposition
[4] - Radio Frequency Sputtering
[5] - Low Pressure CVD
[6] - Plasma – Enhanced CVD
[7] - Metal organic CVD
[8] - ATMO

ساخت، پاسخ سریع و دقیق، قابلیت تلفیق در مدارهای الکترونیکی و ارزانی از مهمترین عوامل مورد توجه در طراحی و ساخت حسگرهای لایه نازک گاز است.

روش غوطه وری شیمیایی دو مرحله ای TSCD[9] شامل غوطه وری در محلول حاوی کمپلکس یون مورد نظر و سپس غوطه وری در آب جوش یک روش اقتصادی برای رسوب اکسیدهایی نظیر اکسید روی است. چون عوامل سازنده محلول سمی نیستند، این روش، از لحاظ زیست محیطی نیز روش مناسبی است. در این روش یک لایه کمپلکس روی سطح تشکیل می شود که با غوطه وری در آب جوش به اکسید مورد نظر تجزیه می شود. در بسیاری از فرایندهای مهندسی سطح ، فازهای جدیدی اعم از جامد، مایع و یا گاز در اثر انجام تحولات فیزیکی یا شیمیایی بوجود آمده و رشد می کنند. نرخ رشد فازهای ایجاد شده به سرعت انتقال و پیوستن اتمهای فاز همجوار به فاز جدید و در نتیجه ساختار فصل مشترک بستگی دارد. بطور کلی دو نوع ساختار برای فصل مشترک فازها می توان متصور شد که در نوع اول، ایجاد پوشش از محلول آبی مستلزم پیوستن اتمها از فاز مایع به فاز جامد در چندین لایه اتمی است. این نوع ساختار، مرز پراکنده نام دارد. در مرز پراکنده، نظم اتمها که در فاز مایع کم است، به تدریج افزایش می یابد تا آنکه نهایتا با نظم شبکه کریستالی در فاز جامد برابر شود. ساختار دوم، مرز تخت می باشد که اتمها بسیار منظم و فشرده بوده و سطحی تخت تشکیل می دهد و بیشتر در هنگام نشاندن بخار بر سطح جامد مشاهده می شود.

در این تحقیق از روش غوطه وری شیمیایی دو مرحله ای شامل غوطه وری در محلول حاوی کمپلکس یون Zn^{+2} و غوطه وری در آب جوش برای ساخت حسگر گاز استفاده شده است. این روش شیوه ای اقتصادی برای رسوب دادن اکسیدهایی نظیر اکسید روی بوده و چون عوامل سازنده محلول سمی نیستند ، این روش از لحاظ زیست محیطی نیز روش مناسبی می باشد [٤]. در این روش یک لایه کمپلکس روی سطح تشکیل می شود که با غوطه وری در آب جوش به ZnO تجزیه می شود [٥]. این لایه هدایت الکتریکی خیلی کمی داشته و هدایت آن توسط فرایند آنیل کردن یا دوپینگ با کلرور قلع قابل کنترل است [٦] . رابطه سرعت رشد لایه اکسید بر سطح جامد با پارامترهایی نظیر ΔT ، $T_{D.P}$ دمای پوشش دهی و d_m (مقدار پیشرفت فصل مشترک به ازای انتقال یک اتم) ارائه شده و با توجه به ثابت بودن نرخ افزایش ضخامت با زمان (یا تعداد دفعات غوطه وری) ، انرژی تحریک و فاکتور فرکانس فرایند لایه نشانی بدست آمده است [٧].

روش تحقیق

زیر لایه هایی[10] که اکسیدهای روی و قلع بر آنها نشانده می شود باید مقاومت الکتریکی بالا و ضریب انبساط حرارتی خطی کمی داشته باشند. به همین دلیل، معمولاً از زیر لایه های پورسلانی [11] و اکسید آلومینیوم استفاده می شود. استفاده از زیر لایه های آلیاژی مانند آلومینو فروکروم و نیز مواد سرامیکی مانند کوارتز و آلومینا نیز قابل استفاده است. ساخت زیر لایه همراه با بدنه حساس به گاز نیز امکان پذیر است. برای این کار می توان پودر را ابتدا تحت فشارهای مختلف پرس کرده و سپس زینتر نمود. تخلخل بدنه را می توان از طریق تنظیم فشار پرس کنترل نمود. اکسید روی را می توان در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد زینتر کرده و سپس تحت عملیات اندازه گیری مقاومت یا هدایت الکتریکی قرار داد. برای تفجوشی اکسید قلع، دماهای بسیار بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد باید به کار گرفته شود. مقدار دمای لازم به میزان افزودنی ها نیز بستگی دارد و برای اهداف پژوهشی و تولیدی قابل تنظیم است. از دیدگاه تحقیقاتی، انتخاب زیر لایه باید طوری باشد که از طریق تداخل خصوصیات، تعیین خواص لایه را بطور

---

[9] - Two – Stage Chemical Dipping
[10] - Substrates
[11] - Porcelain

منفی تحت تاثیر قرار ندهد. از دیدگاه صنعتی نیز بهینه سازی ویژگیهای زیر لایه حائز اهمیت است زیرا بر پاره ای از خواص حسگر ممکن است تاثیر بگذارد. از نمونه های شیشه ای از جنس های مختلف می توان استفاده کرد.

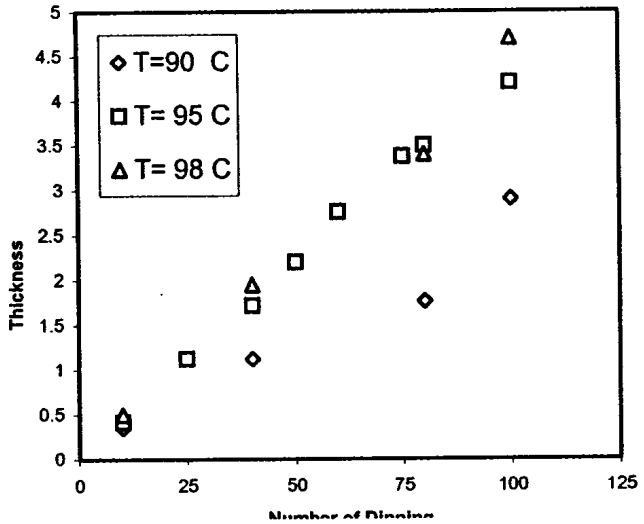
در این تحقیق برای نشاندن پوشش اکسید روی و اکسید قلع و دوپینگ با سایر عناصر از شیشه نوع سودا لایم استفاده شد. زیر لایه های دارای ابعاد ۲۵×۱۵×۵mm پس از چربی گیری با آب مقطر شسته شده و سپس تحت جریان هوای داغ خشک گردیدند. برای ساخت لایه نازک اکسید روی محلول غلیظ آمونیاک به ۱۰۰ سی سی از محلول کلرید روی با غلظت ۰/۵ مولار اضافه شد تا رسوب سفید رنگ $Zn(OH)_2$ تشکیل شود. پس از آن محلول فوق با افزودن آب یون زدایی شده و برای بدست آوردن محلول کمپلکس Zn^{+2} با غلظت ۰/۱ مولار رقیق شد. نمونه های شیشه ای ابتدا در محلول فوق غوطه ور شده و سپس در آب جوش به مدت ۲ ثانیه وارد شدند. برای ساخت لایه اکسید قلع نیز به طریق مشابه با اکسید روی عمل شد. به آلکوکسید قلع با فرمول شیمیایی $SnCl_x(OC_3H_7)_y$ مقادیر مناسبی آب مقطر و پروپانول اضافه شد. مخلوط سپس در حدود ۱ ساعت در دمای اتاق بوسیله همزن مغناطیسی بهم زده شد تا یکنواخت شود. نمونه‌های شیشه‌ای پس از عملیات آماده سازی سطحی شامل شستشو با آب مقطر و استن در اتوکلاو خشک شدند. عملیات پوشش‌دهی بر روی نمونه‌ها توسط غوطه‌ور کردن آنها در محلول حاوی آلکوکسید قلع انجام گردید. عملیات خشک کردن نمونه‌ها در دمای ۱۱۰°C به مدت ۰/۵ ساعت انجام شد. برای استحکام بخشی به نمونه ها، عملیات پخت در دمای ۶۰۰°C انجام شد. به منظور بهبود حساسیت و انتخاب حسگرهای ساخته شده از اکسید قلع، عملیات آلایش با استفاده از کلروپالادیم انجام شد. بدین منظور محلول سل تهیه شده با ۹۵٪SnO_2-۵٪PdO با مقدار مناسبی بوتانل رقیق شده و سپس مقدار مشخصی کلروپالادیم به آن اضافه شد. سل تهیه شده به مدت ۲۴ ساعت با همزن مغناطیسی یکنواخت شد. نمونه‌ها سپس به روش غوطه‌وری تهیه شدند.

شناسایی و تعیین وضعیت کریستالی فازها توسط تکنیک XRD تعیین شد. ضخامت لایه های اکسیدی با میکروسکپ الکترونی روبشی اندازه گیری شد. مورفولوژی لایه ها به وسیله میکروسکپ الکترونی روبشی و نحوه رشد ذرات اکسید توسط آنالیز نقطه ای EDAX بررسی شد.آنالیز ساختاری شامل شناسایی فازها و تعیین کریستالینیته لایه‌ها توسط تکنیک XRD انجام شد. ضخامت لایه‌های اکسیدی با استفاده از روش مقطع زدن و استفاده از میکروسکپ روبشی اندازه‌گیری شد. از میکروسکپ الکترونی روبشی نیز برای بررسی مورفولوژی لایه‌ها و بررسی نحوه رشد ذرات اکسیدی و از آنالیز عنصری EDAX و روبش خطی [12] برای آنالیز لایه‌ها استفاده شد.

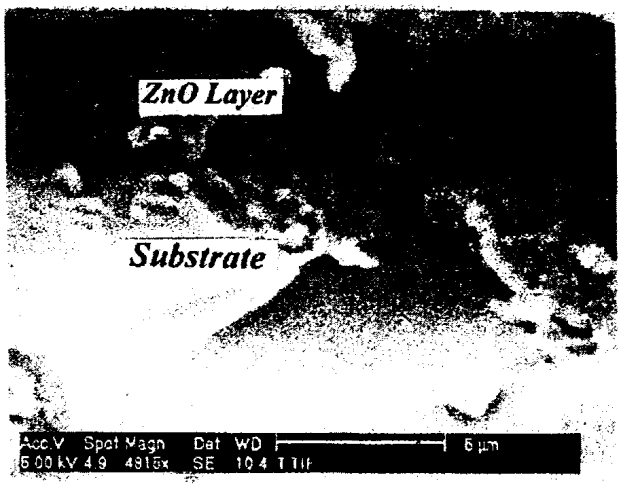
نتایج و بحث

سه مشخصه مهم هر حسگر گازی، حساسیت (Sensitivity)، قابلیت انتخاب (Selectivity) و پایداری (Stability) است. عیب اصلی حسگرهای گازی نیمه هادی، کم بودن توان انتخاب گری آنها است. با انجام فرآیند آلایش (Doping) یا راسب کردن یک لایه کاتالیست، قابلیت انتخاب گاز این مواد را می‌توان افزایش داد. در این تحقیق لایه‌های نازک اکسید روی به شیوه غوطه وری دو مرحله ای و لایه های نازک اکسید قلع به روش سل- ژل تهیه شدند. لایه های اکسید قلع برای بهبود رفتار حسگری با پالادیم [۸] آلایش گردیدند. نتایج بدست آمده نشان داد که لایه‌های ایجاد شده کریستالی بوده و ترکیب آنها در مورد اکسید روی از نوع ZnO و در مورد اکسید قلع از نوع SnO_2 (در حالت غیرآلایش شده) و SnO_2-PdO (درحالت آلایش شده) بود. ضمناً میزان میکروترک در آنها قبل از عملیات پخت بسیار زیاد بود.

[12] - Line Scan



شکل ۱ – تاثیر تعداد دفعات غوطه وری و دما بر ضخامت لایه اکسید روی.

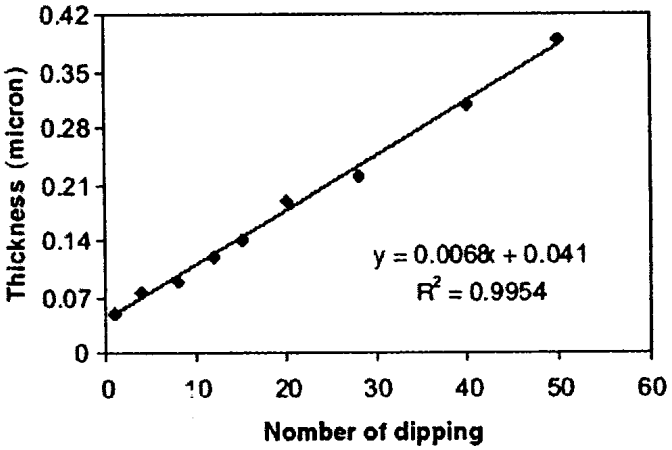


شکل ۲ - تصویر میکروسکپی از مقطع عرضی لایه اکسید روی ایجاد شده پس از ۶۰ بار غوطه وری (بزرگنمایی ۴۸۱۶).

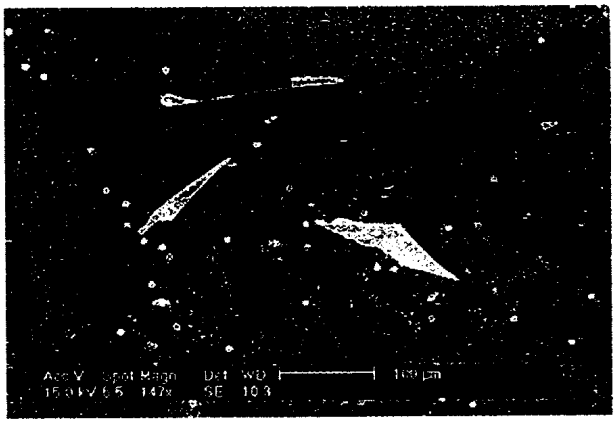
منحنی تغییرات ضخامت (δ) لایه اکسید روی بر حسب تعداد دفعات غوطه وری (N) در دماهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می شود، با افزایش تعداد دفعات غوطه وری، ضخامت لایه نیز افزایش می یابد. رابطه های تجربی زیر بیانگر تاثیر دفعات غوطه وری بر ضخامت لایه نشسته بر سودا لایم است. ملاحظه می شود که ضخامت به طور خطی با تعداد دفعات غوطه وری افزایش می یابد:

$$\delta_{ZnO}(\mu m) = 0.026N + 0.039 \quad , T = 90℃$$
$$\delta_{ZnO}(\mu m) = 0.0429N + 0.051 \quad , T = 95℃ \qquad (۱)$$
$$\delta_{ZnO}(\mu m) = 0.0448N + 0.0618 \quad , T = 98℃$$

اندازه گیری های متعدد نشان داد که سرعت رشد لایه تابع اختلاف دمای زیر لایه و پوشش بود. دیگر پارامترهای موثر دمای سطح، غلظت کمپلکس و هندسه سیستم بود. تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی از مقطع عرضی لایه اکسید روی ایجاد شده پس از ۶۰ بار غوطه وری در شکل ۲ نشان داده شده است. این تصویرنشان می دهد که دو نوع ذره کروی و غیر کروی (دارای



شکل ۳ – تاثیر تعداد دفعات غوطه وری بر ضخامت لایه اکسید قلع .



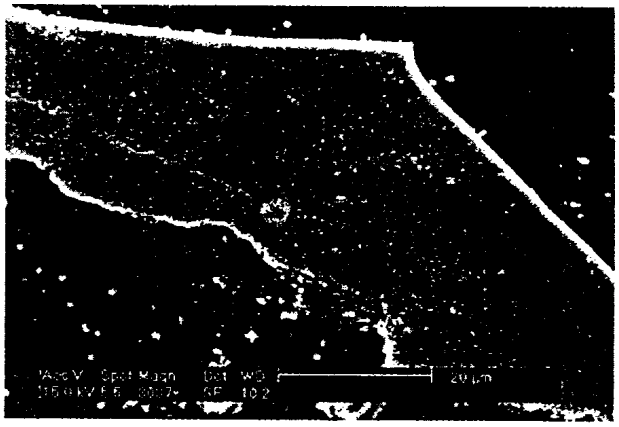
شکل ۴ – تصویر میکروسکپی مقطع عرضی لایه اکسید قلع نشسته بر سطح سودا لایم پس از ۶۰ بار غوطه وری (بزرگنمایی ۱۶۷).

اشکال هندسی) در لایه پوشش وجود دارد. بر اساس مدل مرز پراکنده [۷] به نظر می رسد که جهت رشد لایه با سمت ورود و خروج زیر لایه در محلول مرتبط باشد. همچنین ملاحظه می شود که ذرات کروی در دنباله و روی ذرات غیر کروی تشکیل شده و با ادامه فرایند رشد ذرات اکسیدی از شکل غیر کروی به کروی تبدیل می شوند. این موضوع در مورد رشد لایه های اکسید قلع تولید شده به روش سل ژل نیز تایید می گردد.

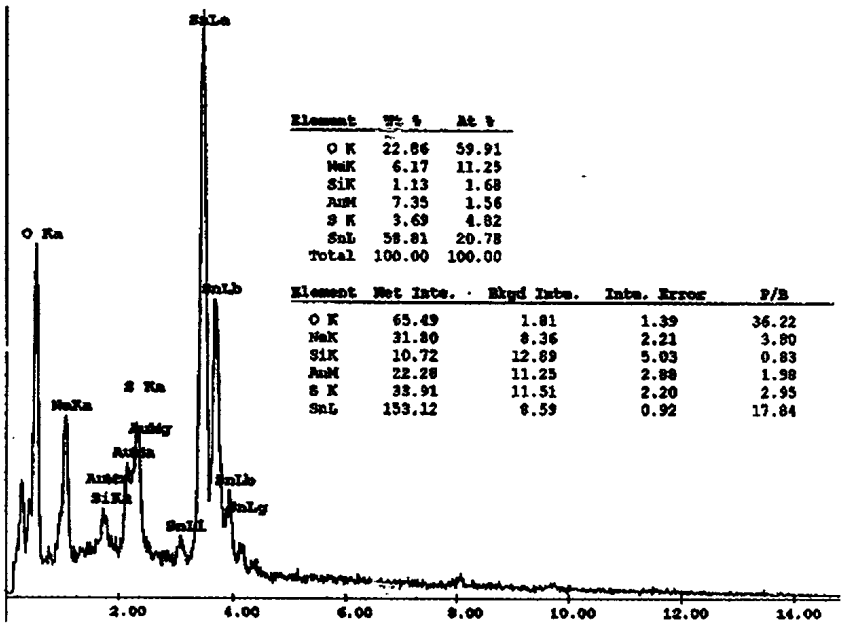
منحنی تغییرات ضخامت لایه اکسید قلع برحسب تعداد دفعات غوطه‌وری در شکل ۳ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که با افزایش تعداد دفعات غوطه‌وری ضخامت لایه بر اساس رابطه (۲) افزایش می‌یابد:

$$\delta_{SnO_2}(\mu m) = 0.006N + 0.041 \qquad (۱)$$

در شکل ۴ تصویر میکروسکپی SEM از سطح لایه پوشش یافته اکسید قلع نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود سطح زیر لایه بطور کامل پوشش نگرفته است. از آنجایی که دستیابی به لایه‌های نازک با استفاده از این روش نیاز به سطوحی بسیار صیقلی و عاری از هر گونه گرد و غبار و ذرات چسبنده به سطح دارد، لذا هرگونه چربی و اثر انگشت بر عملیات پوشش‌دهی تاثیر دارد و باید در هنگام پوشش دهی از آن اجتناب شود.

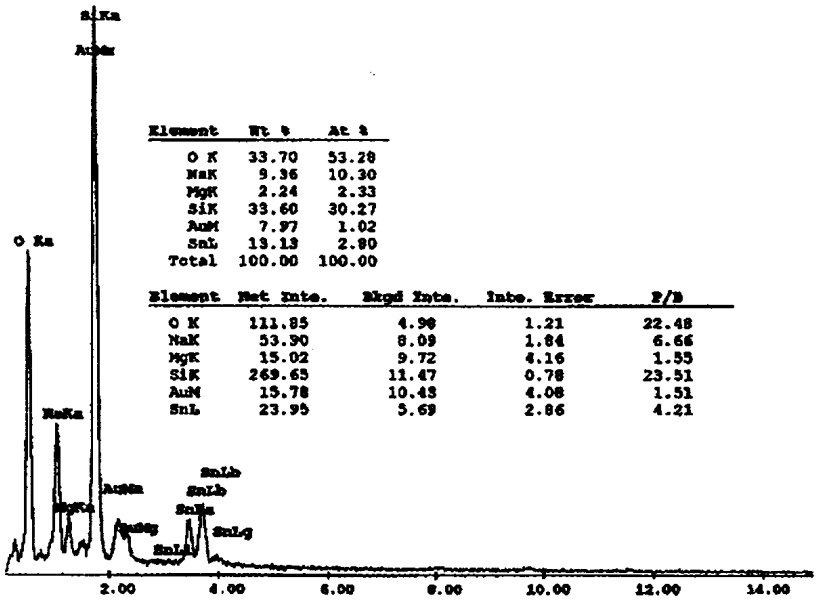


شکل ۵ - تصویر میکروسکپی مقطع عرضی لایه اکسید قلع نشسته بر سطح سودا لایم پس از ۶۰ بار غوطه وری (بزرگنمایی ۳۰۳۷)..

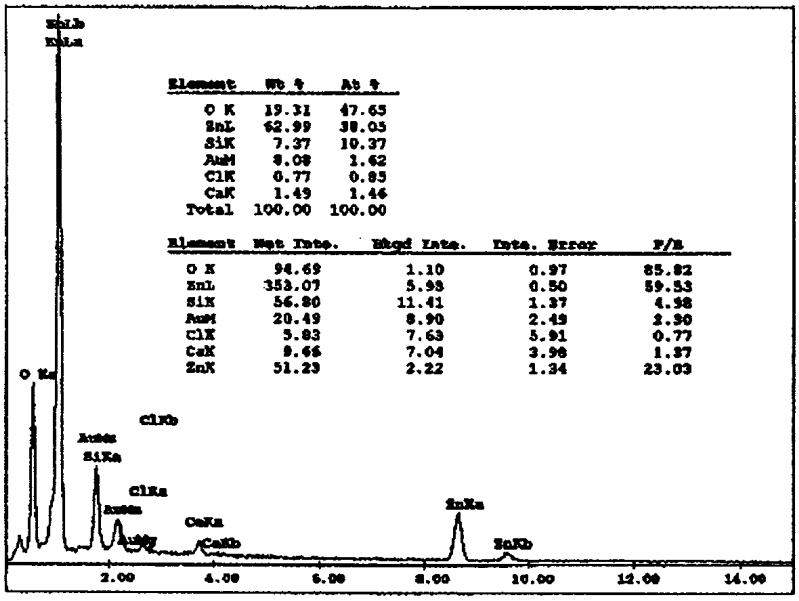


شکل ۶ – نتایج آنالیز نقطه ای EDAX از مناطق سفید رنگ شکل ۵.

تصویر میکروسکپی روبشی SEM لایه اکسید قلع در بزرگنمایی ۳۰۳۷ در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود سطح زیر لایه شیشه ای پس از آنیل در دمای ۶۰۰°C، کریستالی شده است. آنالیز نقطه‌ای EDAX از مناطق اکسید قلع (سفیدرنگ) در شکل ۶ و دانه‌ای (تیره رنگ) در شکل ۷ نشان داده شده است. دیاگرام اول وجود مقدار قابل ملاحظه‌ای Sn را روی سطح تأیید می‌کند. ولی دیاگرام دوم مقدار Sn بسیار کمی را همراه با مقدار قابل توجهی Si نشان می دهد. این موضوع مبین عدم وجود پوشش اکسید قلع در مناطق دانه‌ای (تیره رنگ) می‌باشد که عدم تولید پوشش یک پارچه را اثبات می نماید. شکل ۵ همچنین نشان می دهد که پوشش اکسید قلع حاوی ترکهای میکروسکپی فراوانی است. از آنجایی که حضور میکروترک تاثیر مثبتی بر فرآیند حسگری گاز دارد، لذا بهتر است که پوششهای اکسیدی پس از مرحله خشک شدن تحت عملیات پخت قرار نگیرند تا چگالی میکروترکهای ایجاد شده در پوشش کاهش نیابد.

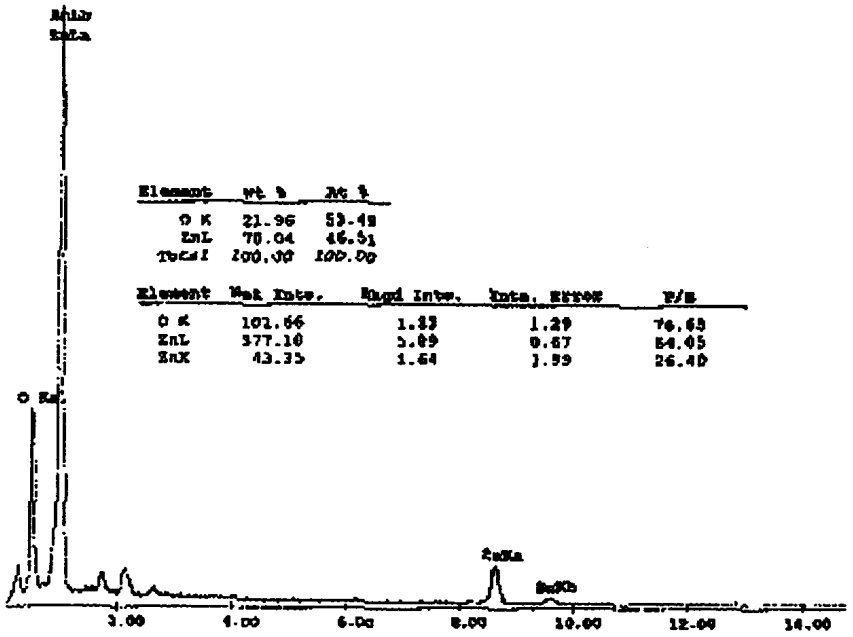


شکل ۷ – نتایج آنالیز نقطه ای EDAX از مناطق دانه‌ای (تیره رنگ) شکل ۵

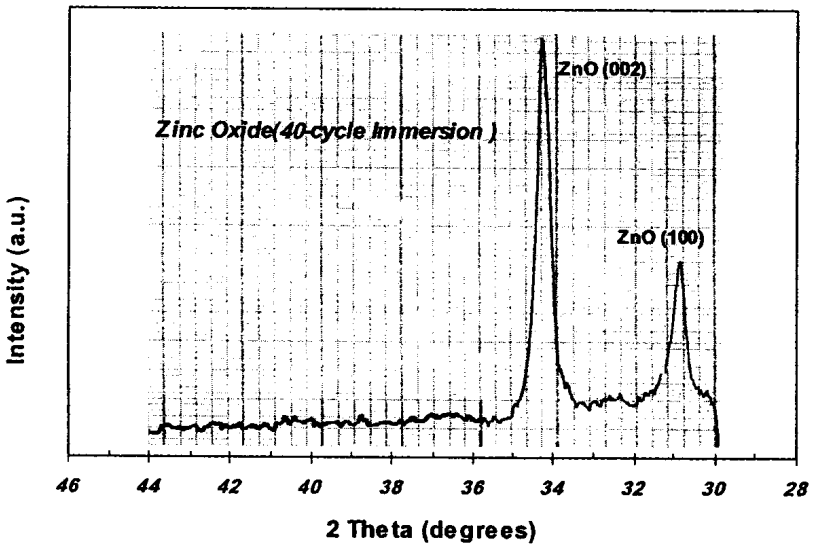


شکل ۸ – نتایج آنالیز نقطه ای EDAX از مناطق کروی موجود در لایه اکسید روی.

آنالیز نقطه ای EDAX از مناطق کروی و غیر کروی به ترتیب در شکلهای ۸ و ۹ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می شود، درصدهای وزنی روی و اکسیژن با ترکیب ZnO مطابقت کرده و نشاندهنده آن است که هر دو منطقه از لحاظ ترکیبی یکسان بوده ولی بدلیل فرایند حاکم بر رشد، ساختار آنها تفاوت دارد. پیکهای موجود در این آنالیز، پیکهای Ca، Si و کلر بوده که به ترتیب از زیر لایه شیشه و محلول آبی وارد شده اند. الگوی تفرق اشعه ایکس لایه اکسیدی پس از ۴۰ بار غوطه وری در شکل



شکل ۹ – نتایج آنالیز نقطه ای EDAX از مناطق کروی موجود در لایه اکسید روی.



شکل ۱۰ – الگوی تفرق اشعه ایکس لایه اکسید روی پس از ٤٠ بار غوطه وری در محلول حاوی کمپلکس روی.

۱۰ نشان داده شده است. بر اساس این دیفراکتوگرام، می توان گفت که لایه ایجاد شده، کریستالی بوده و ترکیب آن بصورت ZnO می باشد. از آنجایی که اندازه دانه کریستالهای اکسید در خواص حسگری گاز نقش بسزایی دارند، لذا اندازه کریستالیتهای ZnO در این نمونه با کمک دیاگرام های XRD محاسبه شد [۹،۱۰] و برابر ۱۰/۸۳ نانومتر بود.

نتیجه گیری

هدف تحقیق افزایش حساسیت، سرعت دادن به پاسخ دهی و بهبود انتخاب گری حسگر است. در این رابطه استفاده از انواع آلایش، غربال مولکولی و آلایش با لایه های کاتالیست توسط محققین مطرح شده است. بررسی و انتخاب اندازه متوسط دانه، ماهیت کریستالی و یا آمورف شدن لایه، ایجاد حفره و ترک دار شدن لایه بر خصوصیات حسگر و میزان جذب آن تاثیر دارند. با کاهش تخلخل، نفوذ گاز در لایه و زیر لایه کاهش یافته و کارایی سنسور را تحت تاثیر قرار می دهد. انتخاب طرح مطلوب، سیستم موجود ساخت و روش اندازه گیری خواص و آزمایش های استاندارد، با توجه به خواص مورد نیاز و عملکرد بهینه حسگر در صورت دستیابی به شرایط ایجاد لایه مصلوب تسهیل می شود.

روش غوطه وری دو مرحله ای برای تهیه پوششهای اکسید روی و اکسید قلع روشی ساده، ارزان و سازگار با محیط زیست بوده و با افزایش تعداد دفعات غوطه وری، ضخامت لایه ها بطور خطی افزایش می یابند. نتایج بدست آمده نشان می دهند که لایه ها کریستالی بوده و ترکیب آنها بصورت ZnO، SnO_2 (در حالت غیرآلایش شده) و SnO_2-PdO (درحالت آلایش شده) می باشد. سینتیک رشد لایه های اکسید روی از درجه صفر بوده و بر اساس مدل مرز پراکنده قابل تفسیر است. اندازه کریستالیتهای ZnO ایجاد شده پس از ٤٠ بار غوطه وری در محدوده نانومتر تعیین شده است.

قدردانی

بدینوسیله از حمایت مالی حوزه معاونت دانشگاه قدردانی می شود.

مراجع

1. C. Bittencourt, E. Liobet, M.A.P. Silva, R. Landers, L. Nieto, K.O.Vicaro, J.E. Sueiras, J. Calderer, X. Correig, "Influence of the Deposition Method on the Morphology and Elemental Composition of Tin Oxide Films for Gas Sensing: Atomic Force and X-Ray Photoemission Spectroscopy Analysis", ***Sensors and Actuators B***, 92, 2003 , pp 67-72.
2. A. Tarre, A. Rosental, J. Sundqvist, A. Harsta, T. Unstare, V. Sammelselg, "Nanoepitaxy of SnO_2 on α-Al_2O_3 (012)", ***Surface Science***, 532-535, 2003 , pp 514-518.
3. O-Shik Kwon, Sook-I Hwang, C.H. Shim, B.C. Kim, G.H. Rue, J.S. Huh, D.D. Lee, "Effect of Thermal Oxidized Tin Black Filter on SnO2 Gas Sensors, ***Sensors and Actuators B***, 89, 2003, pp 158-163.
4. P. Nunes, E. Fortunato, A. Lopes, R. Martins, "Influence of the Deposition Conditions on the Gas Sensitivity of Zinc Oxide Films Deposited by Spray Pyrolysis", ***International Journal of Inorganic Materials***, 3, 2001, pp 1129-1131.
5. M. Ristov, G.J. Sinadinovski, I. Grozdanov, M. Mitreski, "Chemical Deposition of ZnO Films", ***Thin Solid Films***, 149, 1987, pp 65-71.
6. N. Jayadev, S.N. Sainkar, R.N. Karekar, R.C. Aiyer, "Formulation and Characterization of ZnO :Sb Thick Film Gas Sensor", ***Thin Solid Films***, 325, 1998, pp 254-258.
7. س. خ. صدرنژاد، "فرایندهای سینتیکی در مهندسی مواد و متالورژی"، انتشارات امیرکبیر، تهران، چاپ دوم، ۱۳۸۳.
8. M. Gaidi, B. Chenevier, M. Labeau, "Electrical Properties Evolution Under Reducing Gaseous Mixtures (H_2, H_2S, CO) of SnO_2 Thin Films Doped with Pd/Pt Aggregated and Used as Polluting Gas Sensors", ***Sensors and Actuators:*** B, Vol. 62, (2000), 43-48.
9. C. Li, B. Hua, "Preparation of Nanocrystalline SnO2 Thin Film Coated Al2O3 Ultrafine Particles by Fluidized Chemical Vapor Deposition", ***Thin Solid Films***, Vol. 310, (1997), 238-243.
10. A. I. Ivashchenko, I. I. Kerner, G. A. Kiosse, I. Y.Maronchuk, "Dimensional Effect on the Electrical Conductivity of Polycrystalline SnO2 Thin Films", ***Thin Solid Films***, Vol. 303, (1997), 292-294.