

# تولید نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم به روش هم رسوبی و بررسی خواص حسگری آن به منظور تشخیص گاز متان در مراکز مخابرات

حسین امامی<sup>۱\*</sup>، سید محسن اعتصامی<sup>۲</sup>

۱- دانشیار، مرکز تحقیقاتی مهندسی پیشرفته، واحد شهر مجلسی، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز تحقیقاتی مهندسی پیشرفته، واحد شهر مجلسی، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

\*مسئول مکاتبات: [h.emami@iaumajlesi.ac.ir](mailto:h.emami@iaumajlesi.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۱۰

**چکیده:** در این مطالعه، به تولید نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم و بررسی حساسیت آنها پرداخته شده است. روش به کار رفته برای ساخت نانو حساسه روش هم رسوبی است که برای این ترکیب روش جدیدی است. برای بررسی ساختار این نانو حساسه از آزمایشاتی نظیر پراش پرتو ایکس (XRD) که تک فاز بودن ترکیب و نانو بودن آن را نشان می دهد، و آزمایش میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) که اندازه نانو ذرات را مشخص کرده (کمتر از ۵۰ نانومتر) و همین طور یکنواختی آنها را نمایش می دهد، استفاده شده است. برای آزمون حساسیت پذیری این نانو حساسه از یک دستگاه آزمایشگاهی با قابلیت کنترل دما بهره برده شد که مجهز به یک گرم کن حساسه با کنترل دما بوده و حساسه روی آن قرار می گیرد و یک محفظه برای تزریق گونه های مورد آزمایش، و یک برد الکترونیکی رابط که اطلاعات نانو حساسه را به سیستم رایانه انتقال و توسط نرم افزار مربوطه مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. در مورد این نانو حساسه که با گاز متان مورد آزمایش قرار گرفت، حساسیت پذیری دما مناسب برای پاسخ این نانو حساسه ۳۰۰ درجه سانتیگراد بود.

## واژه های کلیدی:

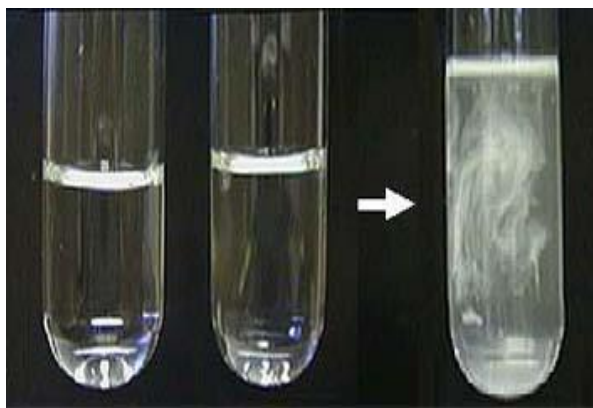
نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم، پرتو ایکس، حساسیت پذیری، متان.

## ۱- مقدمه

گاز متان گازی است که از لایه های فسیلی زیر زمینی ساخته می شود که بیشترین مقدار آن را در ترکیبات آلی نفتی می توان یافت. از آنجا که کابل های مخابراتی و برق از روکش هایی از جنس مواد نفتی (پلی وینیل کلرید) ساخته می شوند، در هنگام گرم شدن اولین گازی که از این کابلها متصاعد می شود، گاز متان است. اگر بتوان قبل از وقوع هرگونه حادثه ای از جمله افزایش فشار و خطرات ناشی از گرم شدن کابل مثل اتصال کوتاه و در نهایت آتش سوزی با یک حساسه به گاز متان فرمان قطع جریان

سنتر نانو ساختارهای فریت تبدیل به عرصه مهمی از تحقیق و پژوهش شده است [۱-۳] و نه تنها در درک برخی حقایق در مغناطیس و تجزیه، بلکه در برنامه های کاربردی فن آوری و علوم زیستی، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. نانو ذرات فریت از مهمترین مواد مغناطیسی هستند که می توانند به صورت گسترده در بسیاری از زمینه ها از قبیل ذخیره سازهای اطلاعات با چگالی بالا، فروفلوئیدها، ابزارهای مغناطیسی، رسانه های ضبط قابل انعطاف، سنسورها، تصویر برداری رنگی، جداسازی ملکول های زیستی و غیره استفاده گردند.

روش هم رسوبی جزء اولین روش‌های شیمیایی برای تهیه نانو ذرات می‌باشد. هم رسوبی فرآیندی است که در آن یک ماده محلول در محیط به یک ساختار نامحلول تبدیل می‌شود. در شکل (۱) نمای کلی از این روش را مشاهده می‌گردد.



شکل (۱): نمای کلی از روش هم رسوبی

در این روش مواد با هم ترکیب شده و از یک ماده رسوب دهنده مثل کلرید سدیم استفاده می‌شود. سپس رسوب به دست آمده را کلسینه می‌کنند و پودر مورد نظر بدست می‌آید [۱۶]. در روش هم رسوبی عواملی مانند زمان، دما و غلظت موثر بوده و اساس آن بر مبنای واکنش نمک‌های دو ظرفیتی و سه ظرفیتی با باز می‌باشد [۱۷-۱۸]. از عوامل موثر دیگر در واکنش هم رسوبی ترکیب و آهنگ اضافه کردن واکنش گرما بوده که بر روی اندازه ذرات اثر دارد و اضافه کردن محلول سودبه مخلوط نمک‌های محلول اولیه به صورت آهسته، سبب کامل شدن واکنش می‌گردد. عامل موثر دیگر در روش هم رسوبی pH محیط واکنش بوده که در اندازه ذرات تاثیر دارد. در فریت‌هایی که در pH کمتر از ۱۰ تهیه شده‌اند، ساختار آمورف پیدا کرده و در pH حدود ۱۲ علاوه بر کامل شدن واکنش، اندازه ذرات نیز کاهش می‌یابد [۱۹-۲۱]. در این مقاله نانوذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیوم با روش کارآمد هم رسوبی تولید گردید و سپس رفتار سنسوری این نانوذرات در مواجهه با گاز متان در شرایط مختلف (زمان‌های

الکتریکی از کابل رارسال کرد، می‌توان از خسارت‌های ناشی از انفجار این گاز جلوگیری کرد [۵-۷].

هم زمان با پدید آمدن انقلاب صنعتی، تاثیر منفی صنایع مختلف بر روی سلامتی انسان پدیدار شد. یکی از این تاثیرات منفی به وجود آمده، افزایش گازهای مضر است که شناسایی این گازها می‌تواند به بهبود سلامت زندگی انسان‌ها منجر شود. همچنین مانیتور کردن گازهای قابل اشتعال از ایجاد انفجارهای عظیم جلوگیری می‌کند. در سال‌های اخیر توجه زیادی به کنترل میزان گازهای سمی و قابل اشتعال در سیستم‌های کنترلی می‌شود [۸-۱۲].

به طور کلی واکنش نانو حساسه‌های گازی در دمایی بین ۱۵۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد رخ می‌دهد. به همین دلیل برای بالا بردن راندمان آن‌ها نیاز است که به طور یکنواخت و از داخل به آن‌ها گرما داده شود تا دمای مورد نیاز واکنش با گاز تامین گردد. علاوه بر دما، نسبت سطح به حجم نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشد، چرا که این نسبت عکس بوده و تاثیر مستقیمی بر روی نتایج خروجی حسگر دارد [۱۳-۱۵].

اخیراً تحقیقات گسترده‌ای نه تنها در روش‌های آماده سازی نانوذرات فریت، بلکه در ارتباط بین خواص ویژه و شرایط مصنوعی (سنستیک)، متمرکز شده است. برخی فن‌آوریها همانند روش سل-ژل، هم رسوبی، میکروامولسیون، هیدرو ترمال و فریز خشک، برای آماده سازی نانوذرات فریت استفاده شده است [۴]. به منظور تولید نانوذرات فریت استفاده شده در این پژوهش از روش هم رسوبی استفاده شد.

در مقایسه با تکنیک‌های دیگر، روش هم رسوبی روش مفید و جذابی برای آماده سازی پودرهای نانو کریستال‌های فریتی است. در این روش، کاتیون‌های واکنش دهنده مخلوط در مقیاس مولکولی به راحتی به هم نزدیک می‌شوند و فاز فریتی تشکیل می‌گردد. از این رو سرعت واکنش افزایش می‌یابد و منجر به دمای ساخت پایینتر و نانوذرات مناسب جهت مطالعات سنسوری می‌شود.

رسوب با دستگاه و کیوم الکتریکی (Rocker 400، ساخت تایوان) صاف گردید (شکل (۳)). رسوب حاصله پس از چندین بار شستشو با آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت در کوره در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شد تا به پودر تبدیل شود. در نهایت برای مغناطیسی شدن پودر ساخته شده به مدت یک ساعت در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد در کوره الکتریکی حرارت داده شد.



شکل (۳): دستگاه پمپ و کیوم مورد استفاده در آب گیری سریع از رسوبات

برای تایید تشکیل فاز مورد نظر در این مطالعه دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) با مشخصات زیر مورد استفاده قرار گرفت.

(X-Ray Diffraction, Model: Bruker D8 ADVANCE  
 $\lambda=0.154 \text{ nm Cu } k\alpha \text{ radiation}$ )

همچنین به منظور تایید تشکیل نانوذرات در مقیاس نانومتری از میکروسکوپ الکترونی عبور نوری مدل CM120 ساخت شرکت Philips استفاده گردید.

#### ۲-۲- لایه نشانی پودر بر روی بستر حساسه

برای لایه نشانی پودر حاصل از روش هم رسوبی بر روی حساسه ابتدا بایستی بستر حساسه را تهیه و آماده سازی نمود. برای انجام این کار قرصی دایره‌ای شکل از ورق میکا به قطر ۱۴ میلی متر جدا شده و ۶ رشته سیم به دو دسته ۳ تایی تقسیم و بدون اتصال یافتن دو سر آن پودر نانوذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم

متفاوت تزریق گاز) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مقایسه نتایج با دیگر تحقیقات انجام شده [۲۳-۲۴] حاکی از افزایش سرعت تشخیص گاز می باشد.

#### ۲- مواد و روش انجام تحقیق

##### ۲-۱- روش ساخت نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم

برای تهیه نانوذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم به ترتیب نمک های آهن نیترات ۹ آبه، مس نیترات ۳ آبه و منگنز نیترات ۴ آبه در آب مقطر دیونیزه حل شدند. پس از حل شدن کامل سه محلول فوق ابتدا محلول مس نیترات به محلول آهن و سپس محلول منگنز نیترات به این مجموعه اضافه گردید و پس از آن نمک کادمیم نیترات ۲ آبه به این محلول اضافه شد.

بعد از ۳۰ دقیقه هم زدن با افزودن سدیم هیدروکسید ۸ مولار pH محلول حاصله به ۱۲ افزایش یافت (pH توسط دستگاه pH متر مدل pH lab, Metrohm 827 ساخت سوییس اندازه گیری شد). سپس نمونه حاصله به مدت ۳۰ دقیقه تحت امواج اولتراسونیک (تولید شده توسط دستگاه اولتراسونیک Elma S 40H Elmasonic ساخت آلمان) قرار گرفت (شکل (۲)).



شکل (۲): دستگاه التراسونیک به کار گرفته شده به منظور تکمیل فرایند تشکیل نانوذرات فریت

در این مرحله نانوذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم به صورت رسوب قهوه ای رنگ از محلول خارج شد و سپس این

کردن شیر مربوطه، گاز به طرف محفظه حساسه‌ها هدایت می‌شود. در محفظه حساسه‌ها یک المنت قرار گرفته که حساسه‌ها بر روی آن نصب می‌شوند تا به دمای مورد نیاز برسند. هر حساسه به پایه مربوط به خود متصل می‌شود که هر کدام از این پایه‌ها به یک مبدل آنالوگ به دیجیتال متصل است و این مبدل وظیفه تبدیل مقاومت الکتریکی حساسه‌ها به عدد قابل تشخیص کامپیوتر را دارد. در نهایت جعبه کنترل مرکزی که مازول کنترل کننده PID در آن قرار دارد نصب شده است. این مازول وظیفه دارد تا دمای المنت محفظه حساسه را بر روی درجه مورد نیاز تنظیم کرده و ثابت نگه دارد. این جعبه همچنین شامل یک کلید تأخیری است که باعث می‌شود هیتر داخل مخزن گاز به مدت سه دقیقه روشن گردد تا گاز کاملاً تبخیر شود.

#### ۵-۲- روش کار با دستگاه آزمون حساسه

ابتدا باید درب محفظه حساسه‌ها را باز نمود در این محفظه پایه‌هایی مخصوص جهت متصل شدن اتصالات حساسه قرار داده شده است. سپس درب محفظه را بسته و کنترل کننده PID جهت تنظیم دمای المنت محفظه حساسه‌ها تنظیم می‌گردد. برای تثبیت دما حدود ۳۰ دقیقه زمان نیاز است. در مرحله بعد پس از اطمینان از بسته بودن راه‌های نفوذ مخزن گاز، یک سی‌سی گاز مایع مورد نظر را درون مخزن ریخته و شیر آن بسته می‌شود. با روشن کردن هیتر مخزن گاز، عملیات تبدیل گاز مایع به بخار گاز شروع شده و مایع درون مخزن منبسط می‌شود. با باز کردن شیر دوم مخزن، گاز به طرف محفظه حساسه‌ها هدایت شده و نتایج حاصل از تاثیر گاز بر روی حساسه‌ها از طریق یک مبدل آنالوگ به دیجیتال به کامپیوتر ارسال می‌شوند. پس از تمام شدن آزمون می‌توان اعداد ذخیره شده در کامپیوتر را در قالب نمودار مشاهده و نتایج را مقایسه نمود.

#### ۳- نتایج و بحث

جهت بررسی تغییرات فازی و همچنین بررسی فرآیند سنتز پودر تهیه شده از دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) استفاده شد. همچنین به منظور بررسی نانو سایز بودن و بررسی زیر ساختار دقیق

تولید شده روی آن پرس می‌گردد. برای این منظور مقدار ۰/۲ گرم پودر نانوذرات را روی بستر قرص میکا ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه توسط دستگاه پرس دستی تحت فشار قرار داده می‌شود تا پودر کاملاً به سطح قرص بچسبد.

#### ۳-۲- دستگاه آزمون حساسه

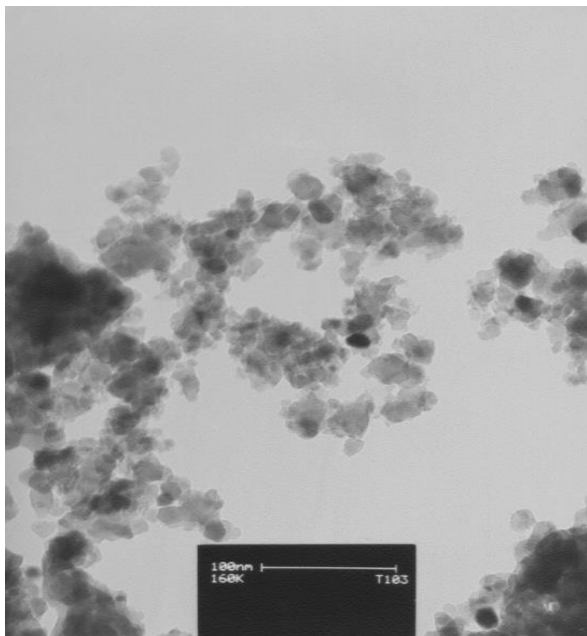
برای آزمون حساسه‌ها نیاز به یک محیط آزمایشگاهی قابل کنترل می‌باشد که بتوان در آن شرایط مختلف دمایی و رطوبتی را ایجاد کرده تا پاسخ حساسه به گاز هدف با کمترین میزان خطا حاصل گردد. به همین منظور دستگاهی جهت انجام این آزمایشات طراحی و ساخته شد. از ویژگی‌های مهم این دستگاه می‌توان به قابلیت اندازه‌گیری هم زمان هفت عدد حسگر اشاره نمود. همچنین این دستگاه می‌تواند دمایی بین دمای محیط تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد را بر روی حسگر اعمال کند. ظرفیت مخزن این دستگاه چهار لیتر است و توانایی خواندن مقدار مقاومت حسگرها از ۰ تا ۱۰۰ مگا اهم را دارد.

#### ۴-۲- عملکرد دستگاه آزمون حساسه

در ابتدا کمپرسور هوای فشرده به مخزن گاز متصل می‌شود که وظیفه آن پاکسازی گاز از مخزن می‌باشد، به این صورت که با تولید هوای فشرده و تزریق آن به مخزن گاز باعث خارج شدن گازهایی می‌شود که از قبل در مخزن باقی مانده‌اند. وجود گازهای اضافه از مرحله قبل در مخزن باعث می‌شود که نتایج غیر صحیحی از آزمایش ثبت شود و حتماً لازم است که مخزن قبل از شروع آزمون جدید کاملاً پاکسازی شود.

مخزن گاز یک ظرف چهار لیتری می‌باشد که در برابر عبور هوا عایق است و تنها با استفاده از دو شیر و یک سوپاپ امکان ورود و خروج هوا در آن وجود دارد. با توجه به این که گاز مورد نیاز برای آزمون حساسه‌ها مایع می‌باشد، در این مخزن از یک هیتر جهت تبخیر گاز استفاده شده است. زمانی که گاز مایع در این مخزن ریخته می‌شود، با توجه به این که هیچ راه نفوذی به آن وجود ندارد، هیتر گاز مایع را به بخار تبدیل کرده و سپس با باز

ملاحظه می شود متوسط ذرات از ۵۰ نانومتر کمتر است. لذا تشکیل نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم با این تکنیک کاملاً تایید می شود. ملاحظه می شود که پراکنندگی ذرات نانومتری به صورت مناسبی صورت گرفته است. همین پراکنندگی مناسب است که به ما اجازه تشخیص گاز متان در مقادیر جزئی را می دهد. این مسئله و همچنین کوچک بودن اندازه نانوذرات باعث خواهد شد برهم کنش بین گاز مورد سنجش و ذرات سریعتر انجام پذیرد و نتایج این واقعیت در بخش بعدی به خوبی قابل مشاهده است. به طوری که مشاهده خواهد شد در بازه زمانی کمتر از ۴۰ ثانیه فرآیند تشخیص گاز به خوبی انجام خواهد شد.



شکل (۵): تصویر TEM مربوط به نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم

### ۳-۳- نتایج مشخصه گذاری حساسه

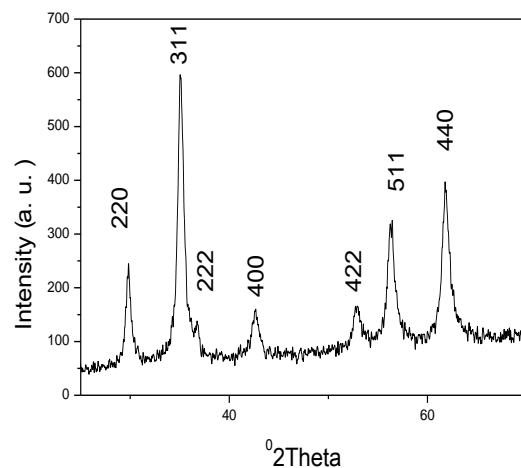
در این مطالعه پس از ساخت و شناسایی نانو ذرات فریت منگنز دوپه شده با کادمیم خواص حسگری این نانوذرات در برابر گاز متان مورد آزمایش قرار گرفت.

پودر تولید شده، از میکروسکپ الکترونی عبوری (TEM) استفاده گردید.

### ۳-۱- نتایج پراش اشعه ایکس (XRD)

به منظور بررسی و سنجش میزان تشکیل فاز ترکیب فریت مس منگنز حاصل از روش هم رسوبی، از پودر تشکیل شده تصویر برداری پراش اشعه ایکس (XRD) بهره برده شد.

در شکل (۴) تصویر پراش پرتو ایکس نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم مشاهده می شود. همان طور که در تصویر پراش پرتو ایکس (XRD) شکل (۴) مشاهده می شود پس از عملیات حرارتی در ۵۰۰ درجه سانتیگراد فاز فریت منگنز مس دوپه شده با کادمیم به خوبی تشکیل خواهد شد. ملاحظه می شود که صفحات مورد انتظار ۲۲۰، ۳۱۱، ۴۰۰، ۴۲۲، ۵۱۱، ۴۴۰ متناظر با فاز فریت منگنز مس دوپه شده با کادمیم قابل شناسایی هستند.

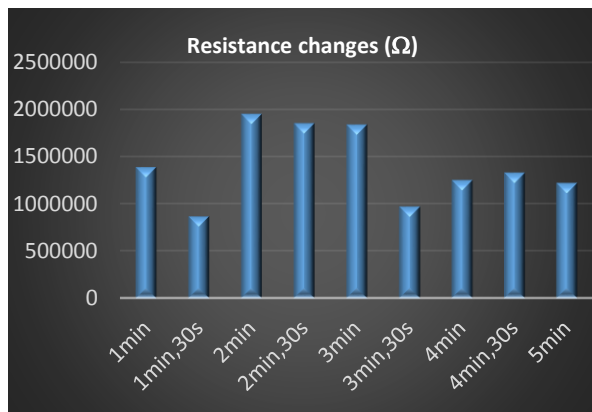


شکل (۴): تصویر پراش پرتو ایکس نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم

### ۳-۲- بررسی توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)

در ادامه به منظور تایید تشکیل نانوذرات فریت مورد مطالعه از تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری بهره گرفته شده است. در شکل (۵) تصویر مذکور نمایش گذاشته شده است. همان طور که

شود. قبل از این زمان مقدار غلظت گاز کم بوده و در نتیجه حساسیت سنسور کم می باشد. همچنین برای زمان های بالاتر از ۱۸۰ ثانیه به دلیل اشباع شدن جایگاه های فعال بر روی سطح سنسور، دوباره پاسخ بهینه دریافت نمی گردد. همان طور که در شکل (۷) مشاهده می شود برای مدت زمان تزریق ۱۲۰ تا ۱۸۰ ثانیه بهترین پاسخ دهی ثبت گردیده است که نشان می دهد با مقدار غلظت بهینه گاز حاصل در بازه زمانی مذکور عملکرد سنسور بهینه می باشد.



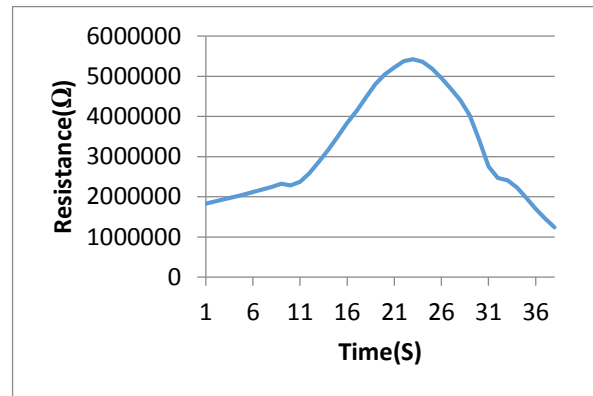
شکل (۷): بررسی اثر مدت زمان تزریق گاز متان بر روی حساسه در دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد

در مقایسه، می توان دید که در ۴۰ ثانیه کل پروسه انجام می شود ولی در [۲۳] برای LPG زمان رسیدن به حد تشخیص حدوداً ۳۰۰ ثانیه و زمان انجام کل پروسه ۵۵۰ ثانیه می باشد. همچنین در [۲۴]، تشخیص اولیه در حدود ۲۵۰ ثانیه به درازا می انجامد و کل پروسه حدود ۶۶۰ ثانیه به طول می انجامد. این سرعت تشخیص بالا در بخش ۲-۲ پیش بینی شده بود.

#### ۴- نتیجه گیری

تشکیل ساختار نانو ذرات فریت مس منگنز دوپه شده با کادمیم توسط آزمایشات XRD مورد تایید قرار گرفت. در تصویر TEM نیز به وجود آمدن نانوذرات زیر ۵۰ نانومتر به خوبی مورد تایید قرار گرفت. اثبات شد که با افزایش دما، مقاومت الکتریکی حساسه کاهش می یابد و در واقع بین دما و مقاومت الکتریکی

تغییرات مقاومتی در اثر عبور گاز متان در بازه زمانی تا ۴۰ ثانیه پس از رسیدن گاز متان به نانو حساسه ثبت گردیده است. این تغییرات مقاومتی در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل (۶): بررسی اثر گاز متان بر روی حساسه در دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد در بازه ۴۰ ثانیه

در شکل (۶) تغییرات مقاومت سنسور نسبت به زمان مورد مطالعه قرار گرفته است. همانطور که ملاحظه می شود مقاومت در زمان ۱۱ ثانیه حدود ۲/۲ مگا اهم می باشد که با مواجهه گاز با سطح سنسور مقاومت افزایش یافته و در ۲۴ ثانیه به بیشینه ۵/۳ مگا اهم می رسد. سپس با کاهش غلظت گاز متان در اثر عبور از سطح سنسور مقاومت کاهش می یابد و در زمان ۴۰ ثانیه به مقدار ۱/۲ مگا اهم می رسد. با این توصیف می توان در دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد با استفاده از غلظت های مختلف گاز متان تغییرات مقاومت را ثبت کرد و از روی این تغییرات مقاومت، غلظت گاز متان را تشخیص داد. بدین منظور حجم های مختلف گاز متان در معرض سنسور قرار می گیرد و برای رسیدن به این هدف مخزن گاز چهار لیتری در زمان های مختلف از گاز متان پر شده است. برای این منظور به مدت زمان های ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰، ۲۷۰ و ۳۰۰ ثانیه گاز متان به داخل محفظه حساسه تزریق شد. سپس با هوای فشرده گاز متان تزریق شده در هر مرحله به سمت سطح سنسور هدایت می شود. سپس نمودار مقاومت بر حسب زمان مطابق شکل (۶) برای هر کدام از زمان های مذکور رسم شد. بیشینه هر یک از نمودارها در شکل (۷) مشاهده می

- [8] R. D. Ladhe, K. V. Gurav, S. M. Pawar, J. H. Kim & B. R. Sankapal, "P-PEDOT: PSS as a heterojunction partner with n-ZnO for detection of LPG at room temperature", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 515, No. 80-85, pp. 5015, 2012.
- [9] M. M. Rahman, G. Gruner, M. S. Al-Ghamdi, M. S. Daous, S. Bahadar Khan & A. M. Asiri, "Chemosensors development based on low-dimensional codoped Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO nanoparticles using flat-silver electrodes", *Chemistry Central Journal*, Vol. 7, No. 60, 2013. doi: 10.1186/1752-153X-7-60
- [10] S Singh, N. Verma, B. C. Yadav & R. Prakash, "A comparative study on surface morphological investigations of ferric oxide for LPG and optoelectronic humidity sensors", *Surface Science*, Vol. 258, No. 22, pp. 8780-8789, 2012.
- [11] B. C. Yadav, S. Singh & A. Yadav, "Nanonails structured ferric oxide thick film as room temperature liquefied petroleum gas (LPG) sensor", *Surface Science*, Vol. 257, pp. 1960-1966, 2011.
- [12] K. Winiarska, I. Szczygieł R. Klimkiewicz, "Manganese-zinc ferrite synthesis by the sol-gel autocombustion method. Effect of the precursor on the Ferrite's catalytic properties", *American Chemical Society*, Vol. 52, No. 1, pp. 353-361, 2013.
- [13] R. B. Kamble & V. L. Mathe, "Nanocrystalline nickel ferrite thick film as an efficient gas sensor at room temperature", *Sensors and Actuators B*, Vol. 131, pp. 205-209, 2008.
- [14] S. Zhipeng, L. Lang, J. Dian zeng & P. Weiyu, "Simple synthesis of CuFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles as gas-sensing materials", *Sensors and Actuators B*, Vol. 125, pp. 144-148, 2007.
- [15] S. S. Joshi, C. D. Lokhande & H. H. Sung, "A room temperature liquefied petroleum gas sensor based on all-electrodeposited n-CdSe/p-polyaniline junction", *Sensors and Actuators B*, Vol. 123, pp. 240-245, 2007.
- [16] I. Polaert, S. Bastien, B. Legras, L. Estel & N. Braidy, "Dielectric and magnetic properties of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> at 2.45GHz and heating capacity for potential uses under microwaves", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, pp. 731-739, 2015.

رابطه‌ای غیر مستقیم وجود دارد. بهترین پاسخ حساسه در این مطالع هم مربوط به دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد که دلتای آن حدود ۶۰۰ کیلو اهم بوده و سرعت پاسخگویی آن نسبت به سایر دماها بهتر می‌باشد. برای تعیین حجم بهینه حس شونده‌گی گاز متان در شرایط فوق ۱۲۰ ثانیه تزریق گاز بهترین پاسخ دهی را داشته است.

## ۵- مراجع

- [۱] ع. حیدری مقدم، ح. یوزباشی زاده، و. دشتی زاد و ع. کفلو، "سنتر ترکیبی بین فلزی نانو ساختار Zr<sub>3</sub>Co با خاصیت جذب بالا به روش آلیاژسازی مکانیکی"، فصلنامه علمی-پژوهشی فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، شماره ۳، صفحه ۴۰-۲۵، پاییز ۱۳۹۴.
- [۲] م. محمودی و م. کاوانلویی، "بهبود ریزساختار و خواص مغناطیسی فریت های لیتیم تولید شده به روش حالت جامد بوسیله افزودنی نانو سیلیکا"، فصلنامه علمی-پژوهشی فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، شماره ۳، صفحه ۱۹۹-۲۰۴، پاییز ۱۳۹۴.
- [۳] ه. گلپایگانی، ع. بیت الهی و م. نیایی فر، "بررسی مقایسه ای تحولات فاز و خواص مغناطیسی نانو ذرات سیستم Co/a-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> سنتر شده به روش آلیاژسازی مکانیکی با نسبت های مولی متفاوت"، فصلنامه علمی-پژوهشی فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، شماره ۳، صفحه ۲۷-۳۴، پاییز ۱۳۸۷.
- [4] Y. Z. Xiaoyan Tan, G. Li & Ch. Hu, "Effect of calcination temperature on the structure and hydroxylation activity of Ni<sub>0.5</sub>Cu<sub>0.5</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles", *Applied Surface Science*, Vol. 257, pp. 6256-6263, 2011.
- [5] A. D. Wilson & M. Baietto, "Applications and advances in electronic-nose technologies", *Sensors*, Vol. 9, pp. 50, 2009.
- [6] F. Toshio, "Keynote speaker I: Cell analysis and assembly by micro and nano robotics system", in *Region 10 Symposium*, Vol. 10, pp. 1-5, 2014.
- [7] S., Aysin & M. Ezel, "Nanotechnology innovations for the sustainable buildings of the future", *World Academy of Science, Engineering and Technology International, Journal of Architectural and Environmental Engineering* Vol. 8, No. 8, 2014.

- [17] H. Meixner, J. Wiley & Sons, "Micro-and Nanosensor Technology: Trends in Sensor Markets", *Sensors*, Vol. 8, No. 1, 2008.
- [18] M. K. Jaiswal, D. Mrinmoy, S. S. Chou, S. Vasavada, R. Bleher, P. V. Prasad, D. Bahadur & V. P. Dravid, "Thermoresponsive magnetic hydrogels as theranostic nanoconstructs", *American Chemical Society*, Vol. 6, pp. 6237-6247, 2014.
- [19] S. Balasubramaniam, S. Kayandan, Y. N. Lin, D. F. Kelly, W. C. Robert, S. G. Timothy & M. J. House, "Toward design of magnetic nanoparticle clusters stabilized by biocompatible diblock copolymers for T2-weighted MRI contrast", *American Chemical Society*, Vol. 30, No. 6, pp. 1580-1587, 2014.
- [20] R. V. Roosbroeck, W. V. Roy, T. Stakenb, J. Trekker, A. D. Hollander, T. Dresselaer, J. Lammertyn & L. Lagae, "Synthetic antiferromagnetic nanoparticles as potential contrast agents in MRI", *American Chemical Society*, Vol. 8, pp. 2269-2278, 2014.
- [21] M. K. Jaiswal, M. De, S. S. Chou, S. Vasavada, R. Bleher, P. V. Prasad, D. Bahadur & V. P. Dravid, "Thermoresponsive magnetic hydrogels as theranostic nanoconstructs", *American Chemical Society*, Vol. 6, No. 9, pp. 6237-6247, 2014.
- [22] A. B. Gadkari, T. J. Shinde & P. N. Vasambekar, "Liquid petroleum gas sensor based on nanocrystallite  $Mg_{0.6}Cd_{0.4}Fe_2O_4$ ", *Advanced Materials Letters*, Vol. 4, pp. 573-576, 2013.
- [23] A. Jain, R. K. Baranwal, A. Bharti, Z. Vakil & C. S. Prajapati, "Study of Zn-Cu ferrite nanoparticles for LPG sensing", *The Scientific World Journal*, Article ID 790359, 2013.



## Production of copper manganese ferrite cadmium doped nanoparticles via co precipitation method and study of its sensitivity property for methane gas detection in telecommunications centers

Hossein Emami<sup>1,\*</sup>, Seyed Mohsen Etesami<sup>2</sup>

1- Associate Professor, Center for Advanced Engineering Research, Majlesi Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2- MSc Student, Center for Advanced Engineering Research, Majlesi Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

\*Corresponding Author: h.emami@iaumajlesi.ac.ir

---

### Abstract

In this study, synthesis and studying sensitivity of nano particles of manganese copper ferrite with common formula of copper manganese ferrite cadmium doped has been considered. Applied method for manufacturing this nanoparticle is co-precipitation method that is a novel method for this combination. Nano particle structure has been investigated using experiments such as X-ray diffraction which showed single-phase and Nano characteristics of this combination and scanning electron microscope which showed the size of nanoparticles and uniformity. Sensitivity of the nano particles was tested using a laboratory system equipped with sensor heater with the ability of temperature control on which nano sensor was put, a chamber for injecting related materials and a connector electronic range that transferred Nano-sensor information to computer and it was analyzed by a software. This system could control temperature. This Nano sensor was tested using Methane that sensitivity and suitable temperature for this Nano sensor was 300°C.

### Keyword:

Copper Manganese Ferritecadmium Doped Nanoparticles, X-Ray Diffraction, Sensitivity, Methane Gas.

---

Journal homepage: [ma.iaumajlesi.ac.ir](http://ma.iaumajlesi.ac.ir)

### Please cite this article using:

Hossein Emami, Seyed Mohsen Etesami, Production of copper manganese ferrite cadmium doped nanoparticles via co precipitation method and study of its sensitivity property for methane gas detection in telecommunications centers, in Persian, New Process in Material Engineering, 2019, 13(2), 77-85.