مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

سنتز نانو ذرات فریت نیکل- روی با آلایش کبالت، بررسی خواص مغناطیسی

محبوبه هوشیار، [۱]؛ محدثه باباخانی[۱،۲]؛ علی قاری عرب[۲]

[۱]گروه فیزیک دانشگاه شهید بهشتی،تهران؛ [۲]دانشگاه خوارزمی،کرج

چکیده

در این مقاله نانوذرات مغناطیسی $Ni_{0.2}Co_xZn_{0.8-x}Fe_2O_4$ با آلایش کبالت با غلظت‌های۰/۸، ۰/٦، ۰/٤، ۰/۲، ۰=x به‌روش شیمیایی احتراق تهیه شد و خواص مغناطیسی با استفاده از دستگاه VSM در میدان‌های خارجی تا ۱۵ کیلو ارستد در دمای اتاق نشان می‌دهد که مغناطش نمونه‌ها با افزایش آلایش کبالت افزایش می‌یابد که می‌تواند به‌خاطر واکنش ابرتبادلی و جایگاه کاتیونی فریت‌ها در ساختار اسپینل باشد

.نانومغناطیس به شاخه‌ای از علم فیزیک گفته می‌شود که در آن خواص مغناطیسی سیستم‌هایی بررسی می‌شود که حداقل یکی از ابعاد آنها در محدوده نانومتر، یعنی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، قرار بگیرد [۱]. فریت نیکل یک ماده مغناطیسی نرم با خصوصیات فرومغناطیسی است که رسانایی ناچیز آن باعث پایین بودن تلفات جریان گرمایی میشود. در مقابل، فریت کبالت یک ماده مغناطیسی سخت با مغناطش متوسط و میدان وادارندگی بالاست. این خواص و دیگر خواصی همچون پایداری فیزیکی، مقاومت ویژه بالا و... این فریت فلزی را برای ضبط مغناطیسی مناسب کرده است.همچنین فریت کبالت-روی یکی از فریت‌های نرمی است که در وسایل الکتریکی از قبیل هسته‌های ترانسفرماتور، موتورهای الکتریکی و ژنراتورها و دارورسانی کاربرد وسیعی دارد و خصوصیات بهتری را نسبت به فریت کبالت از قبیل؛ پایداری شیمیایی بالاتر، مقاومت بیشتر در برابر زنگ‌زدگی، ناهمسانگردی مغناطیسی و خصوصیات مگنواپتیکی نشان می‌دهد

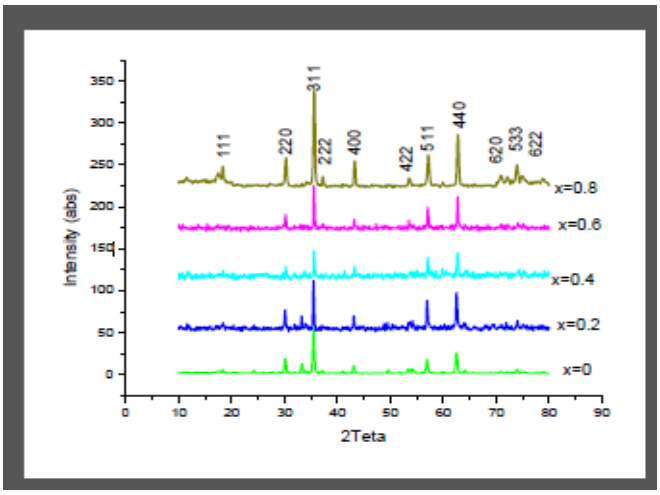
در این مقاله نانوذرات $Ni_{0.2}Co_xZn_{0.8-x}Fe_{2O_4}$ با مقادیر (۰/۸ ، ۰/٦ ، ۰/٤، ۰/۲، ۰=x) به روش احتراق با استفاده از سوخت گلایسین تهیه گردیدند. در جدول۱مقدار مورد نیاز مواد اولیه به کار برده شده در ساخت نانوذرات آورده شده است.تمامی مواد دارای درصد خلوص ۹۹/۹ درصر و محصول شرکت مرک[۱] هستندو از آب دوبار تقطیر به‌عنوان حلال استفاده شده است.

مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

جدول ۱مقدار مواد مورد نیاز برای ساخت نانوذرات

NH_2CH_2COOH	$Zn(NO_3)_2.6H_2O$	$Co(NO_3)_2.6H_2O$	$Ni(NO_3)_2.6H_2O$	$Fe(NO_3)_3.9H_2O$	مقدار آلایش (X)
۱/٦٦	۱/۱۸		۰/۲۹	٤/۰٤	۰
۱/٦٦	۰/۸۹	۰/۲۹	۰/۲۹	٤/۰٤	۰/۲
۱/٦٦	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۲۹	٤/۰٤	۰/٤
۱/٦٦	۰/۲۹	۰/۸۷	۰/۲۹	٤/۰٤	۰/٦
۱/٦٦	–	۱/۱٦	۰/۲۹	٤/۰٤	۰/۸

خواص ساختاری با بهره‌گیری از پراش پرتوی x با چشمه Cukα و طول موج ۱/٤٥۰٥Å در گستره‌ی ۸۰≤θ≤۱۰ با ولتاژ کیلوولت٤۰ و دستگاه STOE STADI Diffractometer در دانشگاه شهید بهشتی مورد ارزیابی قرار گرفت. حضورصفحات (۱۱۱)،(۲۰۰)،(۳۱۱)،(۲۲۲)،(٤۰۰)،(٤۲۲)،(٥۱۱)،(٤٤۰)،(٦۲۰)،(٥۳۳)،(٦۲۲)درالگوی پراش نمونه‌ها مؤید ساختار اسپینلی مکعبی معکوس با گروه فضایی fd-3m است، که با مقادیر ثبت شده درکارت‌های استاندارد JCPDS[۲] هم‌خوانی دارد.



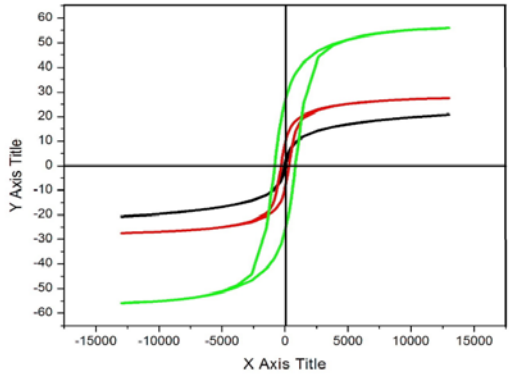
شکل۱.طیف الگوی پراش نمونه‌ها.

اندازه‌گیری مغناطش نمونه‌ها در دمای اتاق با استفاده از دستگاه VSM در دمای اتاق تا میدان ۱٥۰۰۰ Oe انجام شد و در شکل۲ آورده شده است.

مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

جدول۲. مقادیر Hc(نیروی وادارندگی)، Ms (مغناطش اشباع)، Mr(مغناطش باقیمانده)، Mr/Ms

مقدار آلایش(x)	Hc	Ms	Mr	Mr/Ms
۰	٤۰	۲۰/۸۳۳	۰/۹۵۲	۰/۰٤٥۷
۰/٤	۳۳۰	۲۷/٥۱٦	۸/۸٤۳	۰/۳۲۲
۰/۸	۸٥۰	٥٥/۹٤۱	۲٦/۱۲۹	۰/٤۷۰



شکل۲. منحنی تغییرات مغناطش نمونه ها برحسب تغییرات میدان مغناطیسی در دمای اتاق

به منظورتوضیح تغییرات مغناطش اشباع با نسبت غلظت روی، باید مقادیر ممان مغناطیسی به‌عنوان تابعی از غلظت روی محاسبه شود. طبق مدل دو زیرشبکه ای نیل داریم:[۱]

$$n_B^t = M_B(x) - M_A(x) \qquad (۱)$$

که M_B و M_A ممان‌های مغناطیس دو زیرشبکه A و B بر حسب مگنتون بوهر است ومقادیر تجربی ممان مغناطیسی بر حسب رابطه۳ محاسبه می شود[۲]

$$n_B^e = M_w \cdot M_s \;/\; ۰/٥٥۸٥ \quad n_B^e = \frac{M_w M_s}{0.5585} \qquad ۲$$

که M_w وزن مولکولی، M_s مغناطش اشباع و عدد موجود در مخرج کسر فاکتور مغناطیسی است.

جدول۳.مقادیر ممان تجربی و تئوری

میزان آلایش(x)	n_B^t	n_B^e

۰/٦٥٥٧	۸/٤	۰
۰/۸٥٤۳	٥/٦	۰/٤
۱/۷۱۲۷	۲/۸	۰/۸

کاهش ممان مغناطیسی تئوری ناشی از وجود آرایش اسپینی غیرخطی در سیستم است که توسط مدل سه زیرشبکه ای Yafet-Kittel توجیه می‌شود.

جدول٤. مقدار زاویه یافت-کیتل بر حسب میزان آلایش.

میزان آلایش	x=۰	x=۰/٤	x=۰/۸
αY-K	۷۸°	٦۱°	۰°

مطابق مدل Stoner- Wohlfrath مقدار K_{eff} برای ناهمسانگردی تک محوری از رابطه $H_c = 0.985K_{eff}/M_s$ به‌دست می‌آید.

جدول۵. مقدار ثابت ناهمسانگردی بر حسب میزان آلایش

میزان آلایش	x=۰	x=۰/٤	x=۰/۸
K_{eff}	۸٤٦/۰۱	۹۲۱۸/٥٥	٤۸۲۷۳/۹٥

نتیجه‌گیری

۱. آنالیز مغناطیسی در نتایج آزمایش افزایش مغناطش اشباع، نیروی وادارندگی و همچنین مغناطش باقیمانده را بر اساس افزایش آلایش کبالت (و کاهش آلایش روی) نشان می‌دهد. ممان مغناطیسی تئوری کاهش و تجربی افزایش پیدا می‌کند.برای توجیه این پدیده می‌دانیم که مرتبه مغناطیسی فریت‌ها به توزیع کاتیون‌ها و برهم کنش ابر تبادلی درون شبکه‌ای بین یون‌های فلزی در جایگاه‌های چهارگانه A و هشت گانه B بستگی دارد.

۲. از آنجا که انرژی ناهمسانگردی با ثابت ناهمسانگردی نسبت مستقیم دارد، با افزایش آلایش، افزایش پیدا می‌کند.

مرجع‌ها

1 Guimaraes, A.P., Principles of Nanomagnetism, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2009.

2 Topkaya A. Baykal A. Demir, J Nanopartticles (2013) 15:1359.