

## بررسی تأثیر ناخالصی فلزی بر ضریب دی الکتریک و مغناطش نانوفریت نیکل

هوشیار، محبوبه؛ رحیمی مسافر، حوری سادات

دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

### چکیده

در این تحقیق فریت نانو مقیاس نیکل-روی با ترکیب شیمیایی  $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$  ( $x = 0, 0.2, 0.5, 0.7, 1$ ) به روش سنتز احتراقی تولید گردید. خواص ساختاری، مغناطیسی و الکتریکی توسط  $VSM$ ,  $UV-Visible$ ,  $SEM$ ,  $XRD$  و اندازه‌گیری الکتریکی مطالعه شد. آنالیز طیف پراش پرتو ایکس نشان دهنده‌ی فاز اسپینل مکعبی در تمامی نمونه‌ها می‌باشد. با اضافه شدن ناخالصی فلز روی به ساختار مغناطش اشباع افزایش پیدا می‌کند. رفتار ثابت دی الکتریک برای نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نمودار ثابت دی الکتریک بر حسب فرکانس با مدل لایه‌ای ماکسول-واگنر و تئوری کوپ مطابقت دارد.

## Effect of metallic Dopant on Magnetic and Electrical Properties of Nickel Nano Ferrite

Houshiar, Mhboubeh; Rahimi msafer, Houri sadat

Department of Physics, University of Shahid Beheshti, Tehran

### Abstract

In this research ferrite nanoparticle  $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$  ( $x=0, 0.2, 0.5, 0.7, 1$ ) were prepared by combustion method. The crystalline structure is studied by XRD, SEM, UV-Visible and VSM. The X-Ray diffraction analysis shows that samples are crystalized in cubic spinel phase. Saturation magnetization increases by adding Zn to the structure. Dielectric constant was investigated as a function of frequency for two samples. The dependence of dielectric constant, with frequency is in accordance with Maxwell-Wagner model and Koop's theory.

### مقدمه

مطالعه خواص الکتریکی و مغناطیسی نانو فریت‌های فلزی مانند  $NiFe_2O_4$  و  $(Ni, Zn)Fe_2O_4$  به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردی که در ابعاد نانو دارند مورد توجه بسیاری از محققان قرار دارد. کاربردهای فراوان این نانو مواد در تکنولوژی نیز اهمیت زیادی یافته است. دارورسانی، کاتالیزور، سنسور، آنتن میله‌ای، جلوگیری از خوردگی، هسته القاگرها از جمله کاربردهای این مواد به شمار می‌روند [۱-۲]. این مواد دارای خاصیت دی الکتریک مناسب برای استفاده در فرکانس‌های بالا می‌باشد و هدر رفت در آنها بسیار اندک می‌باشد [۳].

فریت نیکل-روی جزء دسته مواد مغناطیسی نرم محسوب می‌شود. پراکندگی یونی در ساختار اسپینل برای ناخالصی‌های نیکل و روی به شکل زیر می‌باشد:

$$A[Ni_{1-x}^{2+}Fe_{1+x}^{3+}]_B[O_4]_A(Zn_x^{2+}Fe_{1-x}^{3+})$$

سایت تتراهدرال و B سایت اکتاهدرال است [۴]. جایگاه‌های A و B بسیاری از خواص فریت‌ها را تعیین می‌کنند. با توجه به فری مغناطیس بودن این نمونه‌ها و جهت‌گیری مخالف مغناطش یون‌های سایت‌های A و B، نوع این مواد و پراکندگی آنها در جایگاه‌های A و B خواص مغناطیسی آنها را تعیین می‌کنند. تأثیر ناخالصی بر ویژگی‌های الکتریکی و مغناطیسی نانو فریت‌ها مورد توجه بسیاری از محققین می‌باشد [۵-۶].

هم‌چنین با توجه به این‌که رسانندگی و قطبش الکتریکی در این مواد وابسته به جهش بار الکتریکی در سایت اکتاهدرال



جدول ۱: میانگین اندازه بلورکها و ثابت شبکه.

نمونه	D(nm)	a(Å)
NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	۲۳/۵۷	۸/۳۱۸۸
Ni <sub>۰.۸</sub> Zn <sub>۰.۲</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	۲۴/۱۱	۸/۳۴۰۲
Ni <sub>۰.۵</sub> Zn <sub>۰.۵</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	۱۹/۲۷	۸/۳۴۹۰
Ni <sub>۰.۳</sub> Zn <sub>۰.۷</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	۱۵/۳۹	۸/۳۸۲۸
ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	۲۳/۵۰	۸/۴۲۵۳

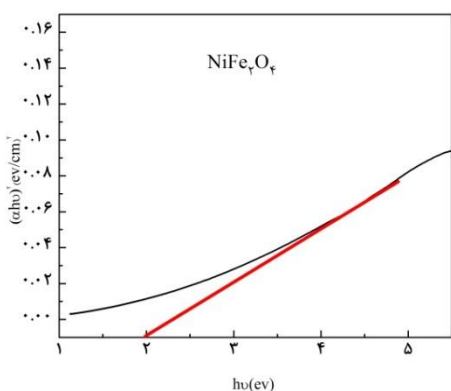
نتایج نشان داده شده در جدول ۱ حاکی از افزایش ثابت شبکه با آرایش روی است که ممکن است به دلیل بزرگتر بودن شعاع یونی Zn<sup>2+</sup> (۰/۷۴ Å) نسبت به شعاع یونی Ni<sup>2+</sup> (۰/۶۹ Å) باشد.

اندازه متوسط ذرات به کمک FESEM تخمین زده شد. شکل ۲ تصاویر FESEM نانوذرات فریت نیکل را نشان می دهد. ملاحظه می شود که ذرات با اندازه نانو شکل گرفته.

گاف اپتیکی سیستم توسط طیف جذبی تخمین زده می شود. براساس رابطه تاک ضریب جذب  $\alpha$  توسط رابطه زیر به دست می آید [۷].

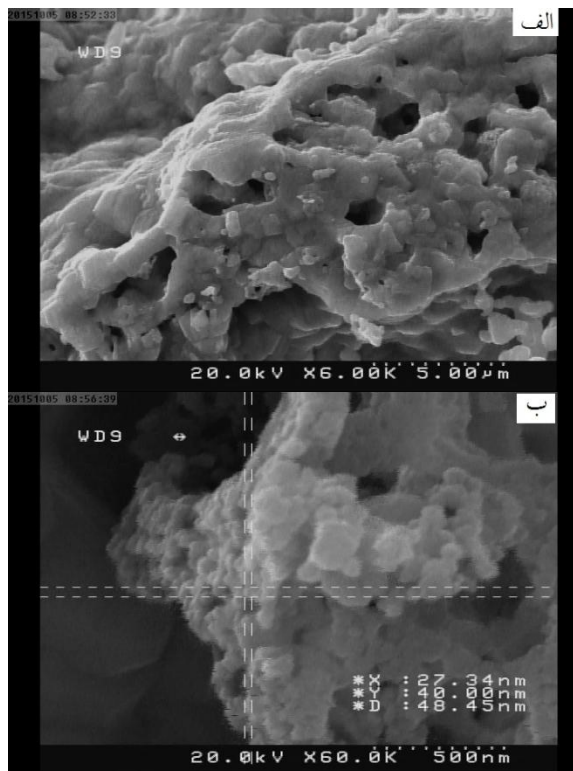
$$ah\nu = A(h\nu - E_g) \quad (۵)$$

گاف نواری از برازش خطی  $(ah\nu)^q$  بر حسب  $h\nu$  به دست می آید. اگر  $q=۲$  باشد گاف انرژی مستقیم و اگر  $q=۱/۲$  گاف انرژی غیر مستقیم محاسبه می گردد. در این پژوهش گاف انرژی مستقیم برای ۲ نمونه محاسبه شد. شکل ۳ نمودار  $(ah\nu)^2$  بر حسب  $h\nu$  را برای Ni<sub>۰.۸</sub>Zn<sub>۰.۲</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> نشان می دهد. گاف اپتیکی برای نمونه NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> به مقدار ۲ev و برای نمونه Ni<sub>۰.۸</sub>Zn<sub>۰.۲</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> به مقدار ۲/۱ev به دست آمد که با نتایج سایرین هم خوانی دارد [۷].



شکل ۳: نمودار  $(ah\nu)^2$  بر حسب  $h\nu$  برای فریت NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

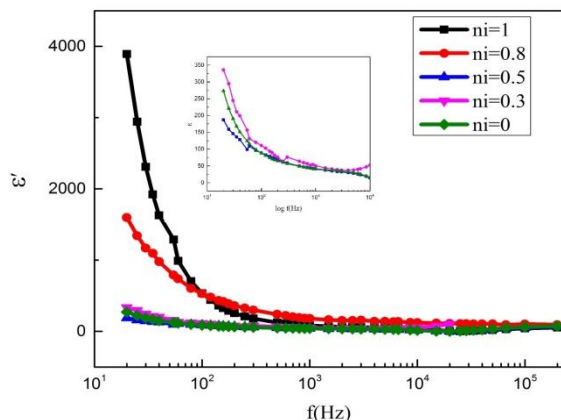
بررسی ویژگی های مغناطیسی نانو ذرات NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> و Ni<sub>۰.۸</sub>Zn<sub>۰.۲</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> توسط رسم منحنی پسماند نمونه ها، شکل ۴ در دمای اتاق فراهم شده است. به عنوان یک رفتار متداول برای مواد فرومغناطیس، مغناطش با افزایش میدان اعمالی افزایش می یابد تا به یک مقدار بیشینه برسد. در جدول ۲ مقادیر اشباع برای نانو ذرات نیکل-روی آورده شده است. یکی از تأثیرات آرایش روی افزایش مغناطش اشباع از ۵۲/۳۶۹ emu/gr به ۶۵/۷۸۷ emu/gr می باشد. گزارش های مشابهی از افزایش مغناطش اشباع با



شکل ۲: تصویر SEM نانو فریت NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (الف) با بزرگنمایی ۵

میکرومتر (ب) با بزرگنمایی ۵۰۰ نانومتر.

ثابت دی الکتریک با افزایش فرکانس به عقب افتادگی بارهای قطبیده از میدان اعمالی خارجی مربوط می شود.



شکل ۵: تغییرات قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک با فرکانس

### نتیجه گیری

در این تحقیق نانو ذرات فریت ( $\alpha = 0, 0.2, 0.5, 0.7, 1$ ) در این تحقیق نانو ذرات فریت  $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$  با موفقیت به روش احتراق تولید شدند. نتایج XRD حاکی از تشکیل نانو ذرات فریت در ساختار اسپینل می باشد و با افزایش مقدار ناخالصی عنصر روی، اندازه ثابت شبکه نیز افزایش می یابد. هم چنین گاف انرژی به دست آمده از UV مطابق با نتایج به دست آمده از مشاهدات دیگران می باشد. رفتار ثابت دی الکتریک با تغییر فرکانس مطابق با مدل لایه ای ماکسول-واگنر و تئوری کوپ می باشد. مشاهده مقادیر مغناطش اشباع برای دو نمونه  $Ni$  و  $Ni_{0.8}Zn_{0.2}$  حاکی از افزایش مغناطش اشباع با اضافه شدن عنصر روی به ساختار است

### مرجع ها

[۱] Džunuzović, A. S., et al. *JMMM* 374 (2015): 245.  
 [۲] A. U. Chaudhry, et al; *Int. J. Electrochem. Sci* 9(2014)4478.  
 [۳] S. Chakrabarty, M. Pal, et al; *Mat chem. & phys* 153(2015)221.  
 [۴] Ch. Srinivas, et. al.; *JMMM* 382(2015)15-19  
 [۵] Chakrabarty, S., et al.; *Mat chem. & phys* 153 (2015) 221.  
 [۶] Rezescu, E., et al. *IEEE* 36.6 (2000): 3962.  
 [۷] Nam, J. H., et al. *IEEE* 31.6 (1995): 3985-3987.  
 [۸] Hossain, AKM Akther, et. al.; *JMMM* 312, no. 1 (2007): 210.  
 [۹] Kurmude, D. V., et. al.; *J.Sup.&Nov.Mag.* 27.8 (2014) 1889.  
 [۱۰] Sekulic, Dalibor L., et al *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 26, no. 3 (2015): 1291-1303.  
 [۱۱] Koops, C. G. *Physical Review* 83.1 (1951): 121.

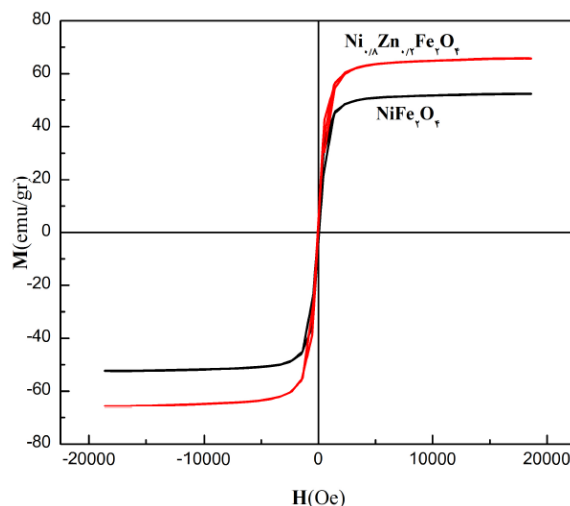
آلایش روی در سایر گزارش ها نیز [۸-۹] آورده شده است. دلیل این افزایش مغناطش را می توان به پادفرومغناطیس بودن این فریت ها و جهت گیری خلاف جهت مغناطش های نیکل و آهن نسبت داد که با کاهش مقدار ناخالصی نیکل مجموع مغناطش نمونه افزایش میابد.

جدول ۲: مقدار مغناطش اشباع، مغناطش باقی مانده و وادارندگی

### $Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe_2O_4$ و $NiFe_2O_4$

نمونه	اشباع	باقی مانده	وادارندگی
$NiFe_2O_4$	۵۲/۳۹۶	۳/۳۱۱۲	۵۴/۶۰۷
$Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe_2O_4$	۶۵/۷۸۷	۳/۳۸۹۲	۴۵/۱۵۱

وابستگی فرکانسی قسمت حقیقی ثابت دی الکتریک نمونه ها در دمای اتاق در شکل ۵ نشان داده شده است. مقدار  $\epsilon'$  با افزایش فرکانس کاهش می یابد که ناشی از خصوصیات قطبش در دی الکتریک است. پاشندگی بیشتر در فرکانس های پایین قابل مشاهده است. این رفتار مشابه نتایج گزارش شده دیگر است [۱۰]. کاهش ثابت دی الکتریک را می توان



شکل ۶: منحنی پسماند نانو فریت  $Ni_{0.8}Zn_{0.2}Fe_2O_4$  و  $NiFe_2O_4$

بر اساس قطبش سطحی مدل دولایه ای ماکسول-واگنر و بر طبق نظریه بنیادی کوپ توضیح داد [۱۱] که در آن کاهش