همایش نانوفوتونیک ایران ۱۳۹۹- ۱ و ۲ آبان
Iranian Nano-Photonic Conference 2020
October 23 and 24

سنتز و مشخصه‌یابی ویژگی‌های ساختاری، اپتیکی و مغناطیسی نانوذرات فریت اسپینل نیکل- منگنز آلایش یافته با لانتانیوم

مطهره جعفرپور، محمد رستمی*، محمدحسین مجلس‌آرا

دانشکده فیزیک، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

چکیده: در این پژوهش پس از سنتز نانوذرات فریت اسپینلی نیکل-منگنز آلاییده شده با لانتانیوم به روش سل- ژل خود احتراقی، به بررسی ویژگی‌های ساختاری، اپتیکی و مغناطیسی نها آن‌ها پرداخته شده است. جهت بررسی خواص ساختاری از آنالیز *XRD* استفاده شده است که تایید شد پودرهای سنتز شده دارای فاز غالب فریت اسپینل با گروه فضایی *Fd3m* می‌باشند. اندازه بلورک‌ها نیز به وسیله معادله شرر محاسبه شده و برای نمونه خالص و نمونه آلاییده شده به ترتیب درحدود ۴۱,۹۱۵ و ۴۱,۹۱۹ نانومتر به‌دست آمد. آنالیز *FESEM* نیز برای بررسی مورفولوژی نمونه‌ها به‌کار گرفته شد. ویژگی‌های مغناطیسی نمونه‌ها نیز به‌وسیله آنالیز *VSM* بررسی شدند و مشخص شد که این نانوذرات از نوع مواد مغناطیسی نرم با مغناظش اشباع بالا می‌باشند، و لذا دارای کاربردهایی در زمینه حفاظت الکترومغناطیسی، هدهای خواندن در عرصه ذخیره داده‌ها و ... می‌باشند. همچنین از آنالیز *UV-VIS* جهت بررسی خواص اپتیکی و تعیین گاف انرژی نمونه‌ها با استفاده از رابطه تاوک بهره‌گیری شد و گاف انرژی برای نمونه خالص و آلاییده شده به‌ترتیب ۱,۷۱۵ و ۱,۸۰۲ الکترون ولت محاسبه شدند.

کلید واژگان: نانوذرات؛ فریت اسپینلی نیکل- منگنز؛ ویژگی‌های اپتیکی؛ گاف انرژی

Synthesis and characterization of the structural, optical and magnetic properties of Ni-Mn spinel ferrites doped with Lanthanum

Motahareh Jafarpoor, Mohammad Rostami, Mohammad Hossein Majles Ara

Faculty of Physics, Kharazmi University, Tehran, Iran.

Abstract- In this study, after synthesis of Ni-Mn spinel ferrites doped with Lanthanum by sol-gel auto-combustion method, their structural, optical and magnetic properties have been studied. XRD analysis was used to investigate the structural properties, which confirmed that the synthesized powders have a dominant phase of spinel ferrite with space group of Fd3m. The crystallite sizes were also calculated by the Scherer equation and were obtained for pure and contaminated samples at about 41.915 and 41.919 nm, respectively. FESEM analysis was also used to examine the morphology of the samples. The magnetic properties of the samples were investigated by VSM analysis and it was found that these nanoparticles are soft magnetic materials with high saturation magnetization, and therefore have applications in the field of electromagnetic protection, reading heads in the field of data storage and so on. Correspondingly, UV-VIS analysis was used to investigate the optical properties and determine the energy gap of the samples using the Tauc relation and the energy gap for the pure and doped samples was calculated as 1.715 eV and 1.802 eV, respectively.

Keywords: Nanoparticles; Ni-Mn spinel ferrites; Optical properties; Energy gap

* mrostami@khu.ac.ir

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]

۱- مقدمه

نانوفریت‌های اسپینلی با فرمول کلی MFe_2O_4، که در آن M یک یا چند یون دوظرفیتی مانند Co،Zn،Mn،Ni است، به سبب ویژگی‌های متفاوت و منحصربه‌فرد الکتریکی، مغناطیس و اپتیکی نظیر پایداری الکتروشیمیای و حرارتی خوب، مقاومت دربرابر سایش و خوردگی، دمای کوری بالا و مقاومت الکتریکی بالا از اهمیت زیادی در زمینه‌های مختلف صنعتی مانند سیستم‌های ذخیره اطلاعات، سیستم‌های الکتریکی، حسگرها، صنایع ریزموج و غیره برخوردار هستند [۱،۲]. در این مقاله ویژگی‌های ساختاری، اپتیکی و مغناطیسی نانوذرات فریت اسپینل نیکل- منگنز خالص و آلاییده شده با لانتانیوم با فرمول‌های شیمیایی $Ni_{0.6}Mn_{0.4}Fe_2O_4$ و $Ni_{0.6}Mn_{0.4}La_{0.02}Fe_{1.98}$ مورد بررسی قرار گرفته اند.

۲- روش تهیه نانوذرات

برای سنتز نمونه‌ها، مقادیر توزین شده از $Ni(NO_3)_2.6H_2O$، $Mn(NO_3)_2.4H_2O$، $Fe(NO_3)_3.9H_2O$، $LaCl_3.7H_2O$ و اسید به ۲۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه با دمای حدود ۶۰°C اضافه و به مدت چند دقیقه توسط همزن مغناطیسی هم زده شد. سپس تا رسیدن به pH حدود ۷، قطره قطره آمونیاک به محلول اضافه شد و بعد از آن به مدت حدود ۴۵ دقیقه در دمای ۸۰°C هم زده شد. بعد دما تا ۱۰۰°C بالا برده شد تا احتراق انجام شود. پس از اتمام احتراق، ماده حاصل آسیاب شده و به مدت ۹۰ دقیقه در کوره با دمای ۱۰۰۰°C کلسینه شد.

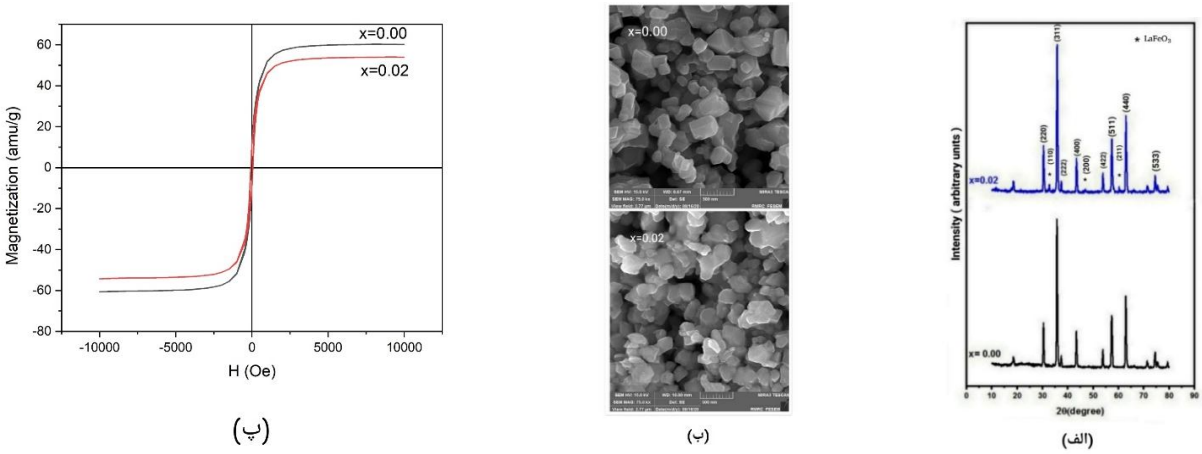
۳- آنالیز و مشخصه‌یابی

با توجه به طیف پراش پرتو ایکس(XRD) نمونه‌ها (شکل ۱- الف) هر دو نمونه دارای فاز غالب فریت اسپینلی می‌باشند. با استفاده از این طیف پارامتر شبکه a برای نمونه $Ni_{0.6}Mn_{0.4}Fe_2O_4$ و $Ni_{0.6}Mn_{0.4}La_{0.02}Fe_{1.98}$ به ترتیب برابر با ۸,۳۴۶ و ۸,۳۳۹ آنگستروم بدست آمد. و اندازه بلورک‌ها نیز توسط رابطه شرر [۲] برای نمونه $Ni_{0.6}Mn_{0.4}Fe_2O_4$ و $Ni_{0.6}Mn_{0.4}La_{0.02}Fe_{1.98}$ به ترتیب برابر با ۴۱,۹۱۵ و ۴۱,۹۱۹ نانومتر محاسبه شد. همانطور که مشاهده می‌شود ثابت شبکه و اندازه بلورک با افزودن ناخالصی La به میزان بسیار اندکی به ترتیب کاهش و افزایش می‌یابد. باتوجه به نتایج آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) که در شکل (۱- ب) نشان داده شده است، ذرات دارای توزیع تقریبا یکنواخت هستند و برخی از آن‌ها به‌صورت کلوخه‌ای درآمده‌اند، و میانگین اندازه ذرات نیز در حدود ۱۰۰ نانومتر می‌باشد.

خواص مغناطیسی نانوذرات با استفاده از آنالیز VSM مورد بررسی قرار گرفته است. (شکل۱- پ) نشان‌دهنده حلقه‌های پسماند مربوط به نمونه‌ها می‌باشد، مقادیر مربوط به مغناطش اشباع برای نمونه خالص $Ni_{0.6}Mn_{0.4}Fe_2O_4$ و نمونه آلاییده شده $Ni_{0.6}Mn_{0.4}La_{0.02}Fe_{1.98}$ به ترتیب برابر با ۵۹,۸۱۳emu/g و ۵۴,۱۶۸emu/g بدست آمد. با توجه به این حلقه‌های پسماند، این مواد از نوع مواد مغناطیسی نرم با مغناطش اشباع بالا می‌باشند، و لذا دارای کاربردهایی در زمینه حفاظت الکترومغناطیسی، هدهای خواندن در عرصه ذخیره داده‌ها و ... می‌باشند. کاهش مشاهده شده در مقادیر مغناطش اشباع مربوط به جانشانی یون‌های غیرمغناطیسی La^{+3} به جای یون‌های Fe^{+3} در مکان‌های B از ساختار اسپینلی می‌باشد، که در نتیجه آن مغناطش زیر شبکه B کاهش می‌یابد [۳].

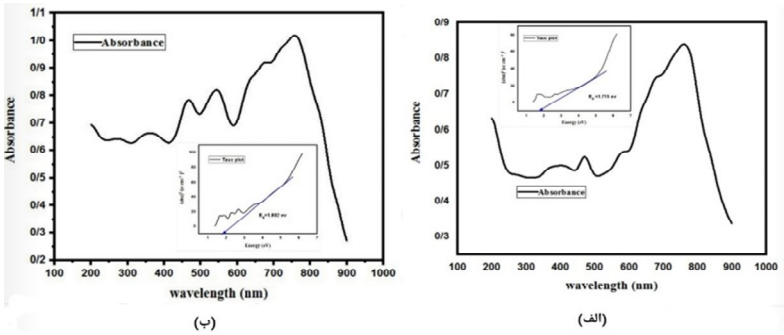
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]



شکل ۱– (الف) طیف XRD مربوط به نمونه‌ها، (ب) تصاویرFESEM نانوذرات سنتز شده، (پ) نمودار VSM نانوذرات.

به‌منظور بررسی خواص اپتیکی نمونه‌ها، از آنالیز UV-VIS استفاده شد (شکل۲). بااستفاده از طیف جذب در بازه ۲۰۰ تا ۹۰۰ نانومتر و رسم نمودار $(\alpha h\vartheta)^2$ برحسب $h\vartheta$ بااستفاده از رابطه Tauc گاف انرژی نمونه‌ها محاسبه شد، که برای نمونه $Ni_{0.6}Mn_{0.4}Fe_2O_4$ و $Ni_{0.6}Mn_{0.4}La_{0.02}Fe_{1.98}$ به ترتیب برابر با ۱,۷۱۵ و ۱,۸۰۲ الکترون ولت تعیین شد. باتوجه به این نتایج با افزودن لانتانیوم به نانوذرات، گاف انرژی افزایش یافته که با مطالعات قبلی درتوافق است[۴].



شکل۲– نمودار طیف جذبی (UV-VIS) و نمودار تعیین گاف انرژی برای (الف) نمونه $Ni_{0.6}Mn_{0.4}Fe_2O_4$. (ب) نمونه $Ni_{0.6}Mn_{0.4}La_{0.02}Fe_{1.98}$

نتیجه‌گیری

نانوذرات فریت اسپینل نیکل-منگنز به‌صورت خالص و آلاییده شده با لانتانیوم به روش سل- ژل احتراقی سنتز شدند. نتایج حاصل از XRD تاییدکننده تشکیل فاز غالب فریت اسپینلی می‌باشند. بررسی خواص مغناطیسی نمونه‌ها نشان داد که این مواد از نوع مغناطیسی نرم می‌باشند. بااستفاده از آنالیز UV-VIS مقدار گاف انرژی نانوذرات $Ni_{0.6}Mn_{0.4}Fe_2O_4$ و $Ni_{0.6}Mn_{0.4}La_{0.02}Fe_{1.98}$ به ترتیب در حدود ۱,۷۱۵ eV و ۱,۸۰۲ .به‌دست آمد.

مراجع

1. C. Kumari, *et. al*. **Phase Transit 93**(2), 207, 2020.
2. M. Rostami, *et. al*. **Ceram. Int 45**, 7606, 2019.
3. X. Ren, *et. al*. **J. Magn.Magn. Mater 354**, 44, 2014.
4. K. Sakthipandi, *et. al*. **Ceram. Int 46**(11), 19634, 2020.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]