بررسی اثر جانشانی کاتیون‌های (Al, Ti) بر خواص مغناطیسی، الکتریکی و ماکروویو فریت لیتیم

زهرا بهرامی، اسماعیل کیانی و محمد حسین شمس
گروه الکتروسرام، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی مالک اشتر شاهین شهر

مقدمه

فریت‌ها به دلیل مقاومت زیاد و تلفات دی‌الکتریک کم گزینه بسیار مناسبی برای قطعات الکتریکی می‌باشد. فریت لیتیم به عنوان یک فریت اسپینل معکوس ترکیب فری‌مغناطیس و با فرمول استوکیومتری ($Li_{0.5}Fe_{2.5}O_4$) شناخته شده است [۱]. خانواده فریت لیتیم دارای دمای کوری بزرگ و خواص مغناطیسی مطلوبی هستند .زمانی که افزودنی‌های مغناطیسی یا دیامغناطیسی به فریت لیتیم اضافه شود، خواص مغناطیسی و دی الکتریک این فریت تغییر چشمگیری می‌کند. از میان این جانشینی‌ها، Tiو Al بر روی ثابت ناهمسانگردی و مغناطش این فریت بسیار تأثیر گذار هستند [۲]. در پژوهش حاضر، فریت لیتیم با جانشانی کاتیون‌های (Ti، Al، Zn و Mn) با ترکیب شیمیایی $Li_{0.873}Ti_{1.086-x}Al_{1.333x}Fe_{0.782}Mn_{0.067}Zn_{0.151}O_4$ (که X= ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/٤، ۰/۵) تهیه گردیده است و خواص ساختاری، مغناطیسی و الکتریکی فریت در محدوده فرکانس ماکروویو مورد بررسی قرار گرفت.

روش

پودرفریت لیتیم جانشانی شده با کاتیون‌های (Al، Ti، Zn و Mn) با ترکیب شیمیایی

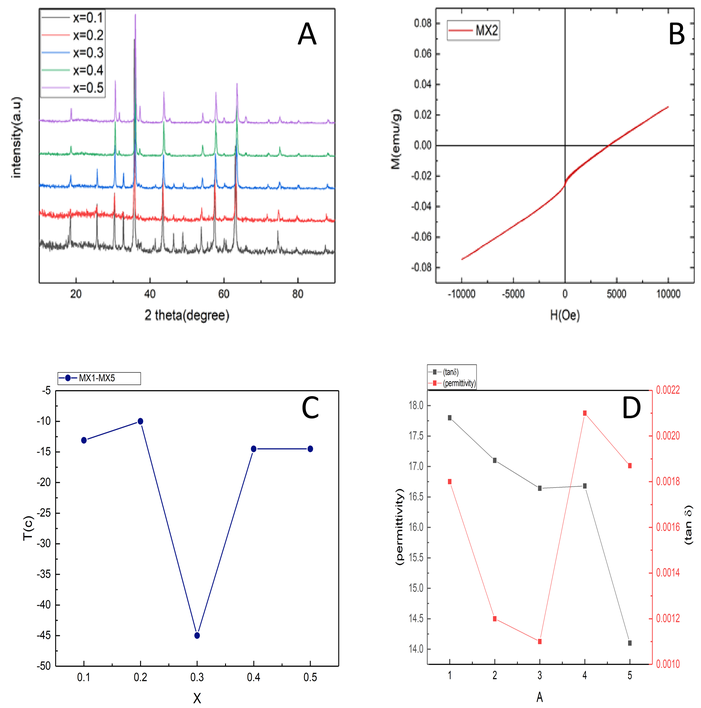
$Li_{0.878}Ti_{1.086}Al_{1.333x}Fe_{0.782}Mn_{0.067}\ Zn_{0.151}O_4$

به‌روش حالت جامد تهیه شد.پس از محاسبه مقدار لازم از هر ماده اولیه، تمامی پودرهای وزن شده به مدت ۲ ساعت درون آسیاب سیاره‌ای قرار گرفت. سپس آنها را درون کوره الکتریکی به منظور تشکیل فازهای مد نظردر مدت زمان ۵ ساعت در دمای ۱۰۹۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد تا کلسینه شوند. پس از کلسینه قرص‌هایی به ارتفاع ۱ سانتی متر در فشار ۲ بار شکل دهی شد و سپس نمونه‌ها در دمای ۱۰۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۸ ساعت تف جوشی شد. چگالی نمونه‌ها به روش ارشمیدس مطابق استاندارد ASTMC373-18اندازه گیری شدند و ثابت دی الکتریک، گذردهی و تانژانت تلفات نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پردازشگر شبکه برداری و روش محفظه تشدید اندازه گیری شد.

نمونه	ثابت شبکه A°	چگالی g/cm^2
X=0.1	8.346	3.89
X=0.2	8.326	3.89
X=0.3	8.307	3.90
X=0.4	8.305	3.91
X=0.5	8.306	4.03

جدول ۱: ثابت شبکه نمونه‌های مختلف به ازای مقادیر مختلف X

جدول ۲: چگالی نمونه‌های مختلف به ازای مقادیر مختلف X



شکل A: الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه‌های فریت لیتیوم به ازای مقادیر مختلف X ، شکل B: منحنی مغناطش اشباع نمونه x=0.2 ، شکل c: منحنی دمای کوری به ازای مقادیر مختلف x ، شکل D: منحنی ثابت دی‌الکتریک و تانژانت تلفات دی‌الکتریک به ازای مقادیر مختلف X

نتایج

مشخصات ساختاری ذرات فریت لیتیم پراش پرتو ایکس مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج بدست آمده با افزایش جانشانی یون تیتانیوم در X =۰/۳ منجر به تغییر گذار از ساختار فضایی $p4_3\ 32$ به Fd_3m شده است. منحنی دارای حلقه پسماند مغناطیسی نمی‌باشد و وارد فاز پارامغناطیس در دمای اتاق شده است. عملکرد اصلی Ti^{4+} کاهش مغناطش اشباع می‌باشد [۳]. با جانشانی یون تیتانیوم، دمای کوری در x=۰/۳ به شدت کاهش پیدا می‌کند. جانشانی تیتانیوم سبب کاهش مقدار تلفات دی‌الکتریک که ناشی از کاهش مغناطش است می‌شود. افزایش مقدار آلومینیوم باعث کاهش پرش الکترون می‌شود.

.

تحلیل نتایج

نمونه‌ها در دمای اتاق دارای حلقه پسماند مغناطیسی نبودند و در فاز پارامغناطیس بودند. دمای کوری این فریت را می‌توان تا دمای پایین‌تر از دمای اتاق کاهش داد. در اینصورت در دمای کاری، فریت لیتیم در فاز پارامغناطیس قرارگرفته و تلفات مغناطیسی آن حذف می‌شود. همچنین با افزایش مقدار آلومینیوم و کاهش مقدار تیتانیوم در X=۰/۳ فریت دارای کمترین میزان تلفات دی‌الکتریک است. اما با تغیر ساختار فضایی و جهت گیری نا منظم، یون Fe^{3+} به طور تصادفی در مکان هشت وجهی و چهار وجهی قرار می‌گیرد و ثابت دی الکتریک نمونه‌ها به تدریج با افزایش مقادیر آلومینیوم کاهش پیدا می‌کند.

مراجع

[1] I. S. Gradshteym and I. M. Ryzhik; "*Tables of Integrals, Series, and Products*"; 5th edition, Academic Press. (1994) 547 (54 normal, Calibri).

[2] P. G. .Debendetti and E.. H. Stanley; "Supercooled and Glassy Water"; *Physics Today* **56**, No. 3 (2003) 40-46.

[3]Y.-P. Fu and C.-S. Hsu "$Li_{0.5}Fe_{2.5-x}Mn_xO_4$ ferrite sintered from microwave-induced combustion", Solid state communications 134 (2005) pp 201-206.