



## سنتز نانوساختارهای فریتی به عنوان جاذب امواج مایکروویو

سید ابوالحسن میر محمد حسینی<sup>۱</sup>، سید ارسلان حبیبی<sup>۱</sup>، اکبر چراغی<sup>۱،۲</sup>، احمد مشاعی<sup>۱</sup>، رسول ملک فر<sup>۱</sup>، مرضیه پریشانی<sup>۱</sup>  
محمد الله آبادی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، بخش فیزیک، گروه فیزیک اتمی و مولکولی، تهران صندوق پستی ۱۴۱۱۵-۱۷۵

<sup>۲</sup>دانشگاه شهید ستاری-دانشکده علوم پایه

چکیده - در این تحقیق به بررسی خواص جذب امواج الکترومغناطیس در ناحیه مایکروویو برای پودر های فریتی تیتانات باریم و لیتیم- روی ( $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$ ) آرایش یافته با یون های  $\text{Cu}^{2+}$  پرداخته شده است. پودر های فریتی مورد نظر به وسیله روش واکنش های حالت جامد تولید شده و سپس ۷۰٪ وزنی پودر فریت تولید شده با رزین اپوکسی مخلوط و حرارت داده شد. مشخصه یابی نمونه ها از روش های وزن سنجی حرارتی TGA/DTA انجام شده است. همچنین میزان تلفات بازتاب برای امواج مایکروویو با استفاده از روش Vector Network Analyzer انجام شده است. نتایج نشان دهنده میزان جذب تا حداکثر مقدار ۴ dB- برای این نمونه ها است.

کلید واژه- تیتانات باریم، واکنش حالت جامد، جاذب مایکروویو، تلفات بازتاب

## Nanostructures ferrite synthesis as microwave absorber

<sup>1</sup>S. A. Mir Mohammad Hosseini, <sup>1</sup>S. A. Habibi, <sup>1,2</sup>A. Cheraghi, <sup>1</sup>A. Moshaii, <sup>1</sup>R. Malekfar, <sup>1</sup>M. Parishani, <sup>1</sup>M. Allah Abadi,

<sup>1</sup>Tarbiat Modares University, Department of Physics.  
<sup>2</sup>Shahid Sattari University, Department of Basic Science.

Abstract- This paper examines the microwave absorption properties of lithium ferrite powder, ferrite and barium titanate - ions ( $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$ ) doped with  $\text{Cu}^{2+}$ . The ferrite powders synthesized by solid-state reaction method and 70% by weight mixed with epoxy resin and then the mixture annealed. Thermal gravimetric analysis techniques TGA / DTA have been used for characterization of the samples. In addition, the reflection losses of the samples in the microwave region were measured by Vector Network Analyzer method. The results indicate that the amount of absorption for the synthesized materials can reach up to -4 dB.

Keywords: Barium titanate, Solid state reaction, Microwave absorption, Reflection loss

## ۱- مقدمه

جاذب ایده ال شرایط باید به گونه ای باشد که امپدانس ورودی برابر 1 شود.

## ۲- مواد و روش تحقیق

نمونه  $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$  با ترکیب کردن مواد اولیه شامل اکسید آهن ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )، کربنات لیتیم ( $\text{LiCO}_2$ )، اکسید مس ( $\text{CuO}$ )، اکسید روی ( $\text{ZnO}$ ) و نمونه تیتانات باریم ( $\text{BaTiO}_3$ ) شامل کربنات باریم ( $\text{BaCO}_3$ ) و اکسید تیتانیوم ( $\text{TiO}_2$ ) بدست آمد. ابتدا عملیات خرد کردن و مخلوط کردن توسط آسیاب گلوله ای به مدت 10 ساعت انجام شد و بمدت 3 ساعت در دمای  $1300^\circ\text{C}$  در هوا تف جوشی شده است. سرعت حرارت دهی نمونه ها از دمای اتاق تا  $600^\circ\text{C}$ ،  $5\frac{^\circ\text{C}}{\text{min}}$  بوده و سپس تا دمای نهایی تف جوشی با سرعت  $10\frac{^\circ\text{C}}{\text{min}}$  حرارت دهی شد. از آنجایی که ذرات هگزافریت بدست آمده پس از تف جوشی ابتدایی درشت و زبر هستند و برای مخلوط شدن با اپوکسی باید به پودری نرم تبدیل شوند، بنابر این ذرات دوباره توسط آسیاب گلوله ای به مدت 10 ساعت خرد شدند تا ابعاد آنها در گستره ی  $3-5\mu\text{m}$  قرار گیرد. مواد مرکب به منظور ارزیابی خواص جذب امواج مایکروویو به وسیله ی مخلوط کردن فریت  $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$  با پلیمر رزین اپوکسی به نسبت وزنی فریت به پلیمر، معادل 70 به 30 مخلوط گردید. مخلوط پودر فریت نام برده شده در دمای  $200^\circ\text{C}$  حرارت دیده و در  $5.5\text{MPa}$  به مدت 10 دقیقه پرس شده است. در نمونه تیتانات باریم بدون نیاز به رزین اپوکسی پس از حرارت دیدن در دمای  $200^\circ\text{C}$  مانند نمونه اولیه پرس گردید و جهت بررسی جذب آنها در دستگاه Vector Network Analyser داخل فلنج WR90 قرار گرفت. در شکل (۱۱) پودر تهیه شده از نمونه ها در درون فلنج WR90 برای محدوده امواج مورد نظر آورده شده است.

از انرژی مایکروویو به صورت روز افزون استفاده می شود. تداخل امواج الکترومغناطیس (EMI) به عنوان یک مشکل جدی در عصر حاضر مطرح می شود. بنابراین تلاش های زیادی برای پیدا کردن یک جاذب امواج مایکروویو مناسب صورت گرفته است [۱ و ۲]. جاذب مایکروویو به منظور تلفات بازتاب امواج الکترومغناطیسی در ادواتی مانند هواپیماها، کشتی ها، تانک ها، زیردریایی ها و همچنین پوشش محافظه های بدون بازتاب استفاده می شود [۳ و ۴]. مشکل اصلی در تولید جاذب امواج الکترومغناطیسی به انتخاب مواد با کنترل مناسب در خواص مغناطیسی و الکتریکی، مرتبط می شود. هر دو خصوصیت مغناطیسی و الکتریکی مواد مورد استفاده باید با دقت با بسامد موج فرودی تطبیق داده شوند تا جاذب بتواند یک نوار وسیعی از بسامد ها را جذب کند [۵]. در این پژوهش به بررسی پوششی جهت جذب امواج راداری در محدوده 8-12(GHz) با استفاده از  $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$  و فریت تیتانات باریم پرداخته شده است. طیف های الکترومغناطیسی به نوارهای فرکانسی متفاوتی تقسیم می شوند. اصطلاحات اولیه انتخاب شده برای طول موج های مایکروویو (ریزموج) شامل پرتوهایی با فرکانس "خیلی زیاد"، "فوق العاده زیاد" و "بسیار زیاد" می باشند. به علت سری بودن پیام ها در جنگ جهانی دوم، برای ارسال و دریافت پیام ها در نوار مایکروویو از طرح های نوار S، L، C، X، K و Q استفاده می نمودند. نوار X محدوده فرکانسی ۸ الی ۱۲ گیگاهرتز را شامل می شود که اکثر رادارهای مدرن دنیا در این محدوده کار می کنند [۶]. مقایسه نتایج حاصل از ترکیبات ایجاد شده در این پژوهش و ترکیبات دیگر نشان می دهد که فریت های نام برده شده می تواند کاندید مناسبی به عنوان جاذب در گستره ی امواج رادار باشد. تلفات بازتاب با امپدانس نرمال ورودی  $Z_{in}$  لایه جاذب مایکروویو مرتبط به صورت زیر است

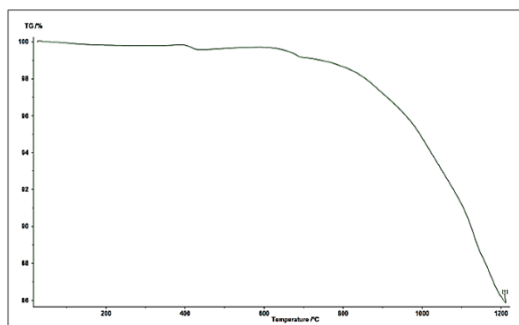
$$R(\text{dB}) = 20\text{Log} [(Z_{in} - 1)/(Z_{in} + 1)]$$

که  $Z_{in}$  در رابطه زیر داده شده است.

$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r} \tanh \left[ j \frac{2\pi}{c} \sqrt{\mu_r \epsilon_r} f d \right]}$$

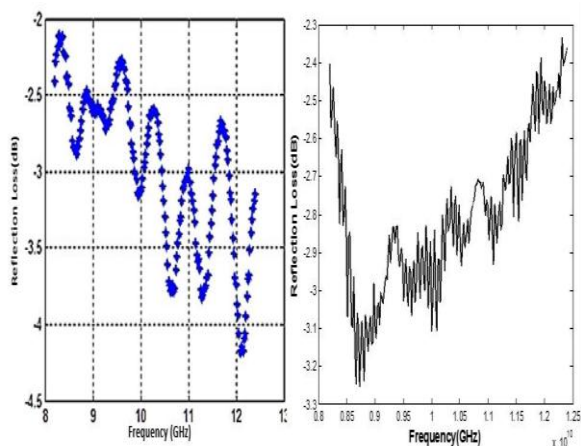
که در آن  $\mu$  و  $\epsilon_r$  به ترتیب تراوایی مختلط مغناطیسی و الکتریکی محیط جاذب،  $C$  سرعت نور در فضای آزاد،  $f$  بسامد و  $d$  ضخامت ماده جاذب است. در یک ماده

فازهای کربناتی هم تجزیه شده و تیتانات باریم بوجود می آید. سه پیک گرماگیر در دمای حدود  $420.9^{\circ}\text{C}$ ،  $800^{\circ}\text{C}$  و  $969.8^{\circ}\text{C}$  که مربوط به تجزیه کربنات ها و تشکیل تیتانات باریم می باشد.

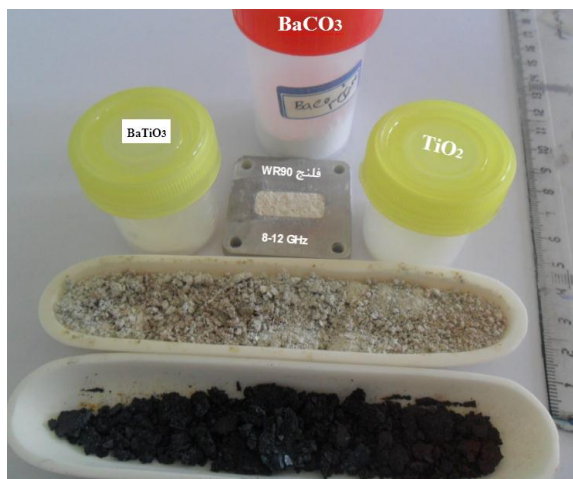


شکل (۳): آنالیز تجزیه حرارتی TGA نمونه صنعتی

پیک گرمایی که در دمای  $1154.5^{\circ}\text{C}$  مشاهده می شود، مربوط به تغییر ساختار تیتانات باریم از مکعبی به تتراگونال است [۷ و ۸]. شکل (۴) و شکل (۵) نمودارهای تلفات بازتاب برحسب بسامد فریت  $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$  و تیتانات باریم را نشان می دهد. با توجه به شکل ۳، پیک های اصلی جذب برای فریت  $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$  در بازه  $-3.2$ ،  $-3.1$ ،  $-2.9$  در بسامدی  $8-12\text{GHz}$  را نشان می دهد.



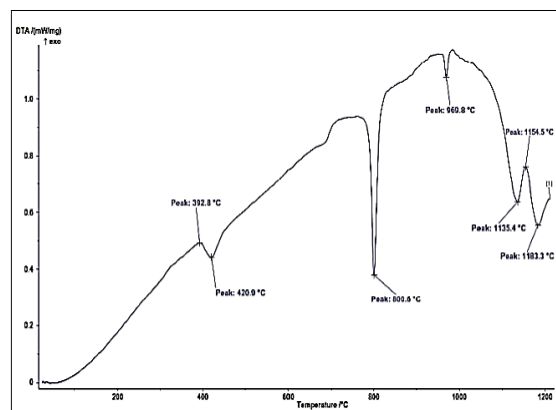
شکل (۴): نمودار تلفات بازتاب تیتانات باریم (سمت چپ) و فریت  $\text{Li}_{0.32}\text{Zn}_{0.26}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{2.32}\text{O}_4$  (سمت راست)



شکل ۱: نمونه آزمایشگاهی نانومواد جاذب تولیدی

### ۳- بحث و نتیجه گیری

به منظور بررسی تغییرات وابسته به دما در ساختار پودر آنالیز حرارتی تا محدوده دمایی  $1200^{\circ}\text{C}$  انجام و در شکل (۲) آورده شده است.



شکل (۲): آنالیز تجزیه حرارتی DTA نمونه صنعتی

نتایج آنالیز کاهش وزن ناشی از حرارت (TGA)، که در شکل (۳) نشان داده شده بیان می کند که نمونه آنالیز شده تا دمای  $1200^{\circ}\text{C}$  دارای ۲۴ درصد کاهش وزن بوده که شامل سه مرحله خروج آب در ساختار پودر، خروج ترکیبات آلی آزاد شده و تشکیل فازهای کربناتی، تجزیه حرارتی ترکیبات آلی و کربنات ها و تشکیل تیتانات باریم می باشد. منحنی (DTA) دارای ۲ پیک اصلی می باشد که پیک در دمای  $392.8^{\circ}\text{C}$  مربوط به واکنش تخریب ساختار و تشکیل فازهای کربناتی و آمورف می باشد. بلورینه شدن با فازهای کربناتی آغاز و با افزایش دما، خود

پیک های اصلی جذب برای تیتانات باریم در فرکانس های 8-12GHz را نشان می دهد که با توجه به وابستگی ویژگی های مغناطیسی و جذب تیتانات باریم به فرکانس تشدید استفاده از این مواد به عنوان جاذب در گستره فرکانس های راداری پرکاربرد مستلزم افزایش میزان تلفات بازتاب می باشد.

#### ۴- نتیجه گیری

پودر های فریت تیتانات باریم ( $BaTiO_3$ ) و ( $Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$ ) به روش حالت جامد تهیه شد. پهنای نوار جذب برای فریت تیتانات باریم در محدوده فرکانسی حدود 2GHz همراه با جذبی بیش از (-4dB) بود و تلفات بازتاب بر حسب فرکانس فریت  $Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$  در محدوده فرکانسی حدود 3GHz همراه با جذبی بیش از (-2.8dB) بود. بنابر این پوشش های نام برده در پژوهش حاضر می تواند کاندید مناسبی به عنوان پوشش های جاذب رادار باشند.

#### مراجع

- [1] H.S.Cho and Kim, **IEEE** 35,3151(1999)
- [2] M.Matsumoto and Y.Miyata, **J.Appl.Phys.** 79,5488 (1996)
- [3] S.Sugimoto, K.Okayama, S.Kondo, H.Kimura, Y.Yoshida, H.Nakamura, D.Book, T.Kagotani, and M.Homma, **Mater.Trans.JIM** 39,1080(1998)
- [4] F.Zekun, H.Aiping, and E.Huahui, **IEEE** 35,420 (2002)
- [5] H.Zhang, L.Zhichao, and Y.Xi, **ater.Sci.Eng.** B96,289(2002)
- [6] N.Zhao, T.Zou, C.Shi, J.Li and W.Gua, microwave absorbing properties of activated carbon-fiber felt screen (vertical-arranged carbon fibers)/epoxy resin composite, **Mater. Sci. Eng.** B127,207-211(2006)
- [7] Michael Z.-C Hu, Vino Kurian, E.Andrew Payzant, Claudia J Rawn, Rodney D Hunt. Powder Technology, Volume 110, Issues 1-2, 1 May 2000, Pages 2-14
- [8] Bharat L Newalkar, Sridhar Komarneni, Hiroaki Katsuki Materials Research Bulletin, Volume 36, Issues 13-14, 1 November 2001, Pages 2347-2355