بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

سنتز نانوساختارهای فریتی به عنوان جاذب امواج مایکروویو

سید ابوالحسن میر محمد حسینی[۱]، سید ارسلان حبیبی[۱]، اکبر چراغی[۱و۲]، احمد مشاعی[۱]، رسول ملک فر[۱]، مرضیه پریشانی[۱]و محمد الله آبادی[۱]

[۱]دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، بخش فیزیک، گروه فیزیک اتمی و مولکولی ، تهران صندوق پستی ۱۷۵-۱۴۱۱۵

[۲]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 ($Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$) آلایش یافته با یون های Cu^{+2} پرداخته شده است. پودر های فریتی مورد نظر به وسیله روش واکنش های حالت جامد تولید شده و سپس ۷۰ ٪ وزنی پودرفریت تولید شده با رزین اپوکسی مخلوط وحرارت 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 dB ۴- برای این نمونه ها است.

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

Nanostructures ferrite synthesis as microwave absorber

[1]S. A. Mir Mohammad Hosseini, [1]S. A. Habibi, [1,2]A. Cheraghi, [1]A. Moshaii, [1]R. Malekfar, [1]M. Parishani, [1]M. Allah Abadi,
[1]Tarbiat Modares University, Department of Physics.
[2]Shahid Sattari University, Department of Basic Science.

Abstract- This paper examines the microwave absorption properties of lithium ferrite powder, ferrite and barium titanate - ions ($Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$) doped with 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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

۱-مقدمه

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 پیداکردن یک جاذب امواج مایکروویو مناسب صورت گرفته است[۱و۲]. جاذب مایکروویو به منظور تلفات بازتاب امواج الکترومغناطیسی در ادواتی مانند هواپیماها، کشتی ها، تانک ها، زیردریایی ها و همچنین پوشش محفظه های بدون بازتاب استفاده می شود [۳و۴]. 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(GHz)12-8 با استفاده از($Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$) و فریت **تیتانات باریم** پرداخته شده است. طیف‌های الکترومغناطیسی به نوارهای فرکانسی متفاوتی تقسیم می‌شوند. اصطلاحات اولیه انتخاب شده برای طول موج‌های میکروویو (ریزموج) شامل پرتوهایی با فرکانس "خیلی زیاد"، "فوق‌العاده زیاد" و "بسیار زیاد" می‌باشند. به علت سرّی بودن پیام‌ها در جنگ جهانی دوم، برای ارسال و دریافت پیام‌ها در نوار میکروویو از طرح‌های نوار S، L ، C ، X ، K و Q استفاده می‌نمودند. 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

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

که Z_{in} در رابطه زیر داده شده است.

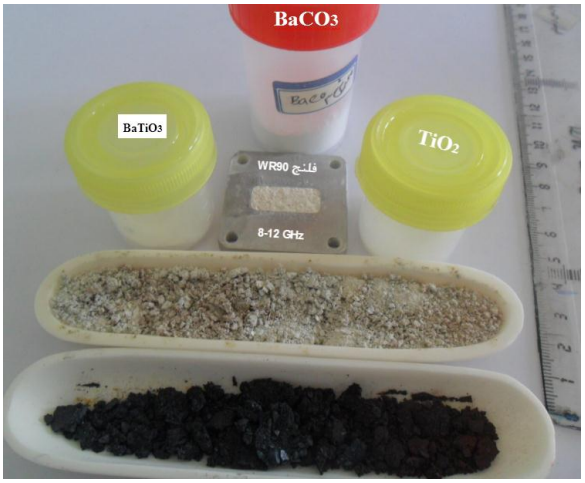
$$Z_{in} = \sqrt{\frac{\mu_r}{\varepsilon_r}\tanh\left[j\,\frac{2\pi}{c}\sqrt{\mu_r\varepsilon_r}fd\right]}$$

که در آن μ و ε_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 جاذب ایده ال شرایط باید به گونه ای باشد که امپدانس ورودی برابر 1 شود.

۲-مواد و روش تحقیق

نمونه $Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$ با ترکیب کردن مواد اولیه شامل اکسید اهن (Fe_2O_3)،کربنات لیتیم ($LiCO_2$)، اکسید مس (CuO)، اکسید روی (ZnO) و نمونه تیتانات باریم ($BaTiO_3$) شامل کربنات باریم($BaCO_3$) و اکسید تیتانیوم(TiO_2) بدست آمد. ابتدا عملیات خرد کردن و مخلوط کردن توسط اسیاب گلوله ای به مدت 10 ساعت انجام شد و بمدت 3 ساعت در دمای $1300^{\circ}C$ درهوا تف جوشی شده است.سرعت حرارت دهی نمونه ها از دمای اتاق تا $600^{\circ}C$ ، $5\frac{^{\circ}C}{\min}$ بوده و سپس تا دمای نهایی تف جوشی با سرعت $10\frac{^{\circ}C}{\min}$ 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 ۱۰ ساعت خرد شدند تا ابعاد آنها در گستره ی $3-5\mu m$ قرار گیرد.مواد مرکب به منظور ارزیابی خواص جذب امواج مایکروویو به وسیله ی مخلوط کردن فریت $Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$ با پلیمر رزین اپوکسی به نسبت وزنی فریت به پلیمر ، معادل 70 به 30 مخلوط گردید.مخلوط پودر فریت نام برده شده در دمای $200^{\circ}C$ حرارت دیده و در $5.5MPa$ به مدت 10دقیقه پرس شده است.درنمونه تیتانات باریم بدون نیاز به رزین اپوکسی پس از حرارت دیدن در دمای $200^{\circ}C$ مانند نمونه اولیه پرس گردید و جهت بررسی جذب آنها در دستگاه Vector Network Analayser 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.

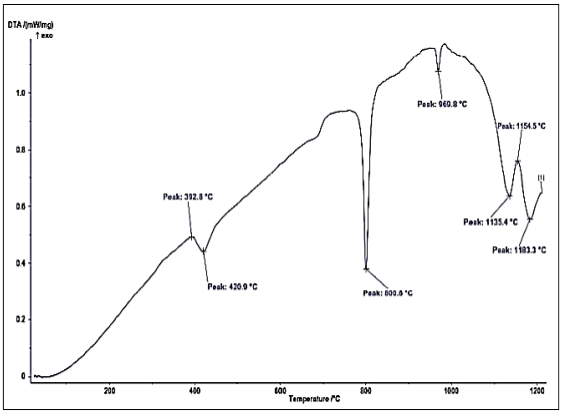
[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]



شکل ۱: نمونه آزمایشگاهی نانومواد جاذب تولیدی

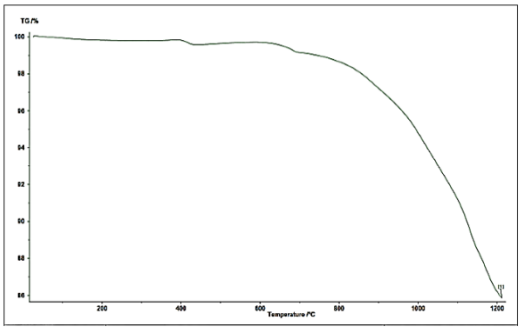
۳-بحث و نتیجه گیری

به منظور بررسی تغییرات وابسته به دما در ساختار پودر آنالیز حرارتی تا محدوده دمایی $1200°C$ انجام و در شکل (۲) آورده شده است.



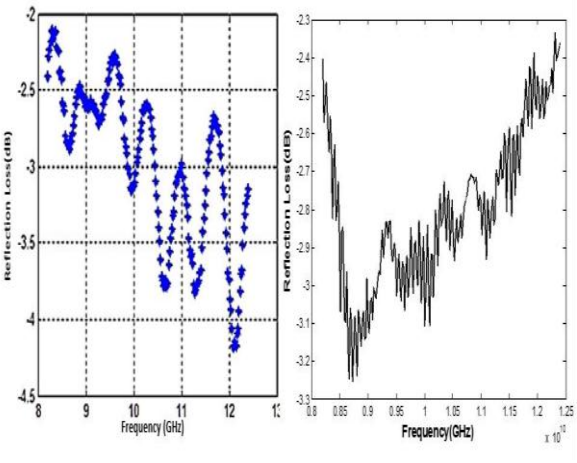
شکل (۲): آنالیز تجزیه حرارتی DTA نمونه صنعتی

نتایج آنالیز کاهش وزن ناشی از حرارت (TGA)، که در شکل(۳) نشان داده شده بیان می کند که نمونه آنالیز شده تا دمای $1200°C$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 $392.8°C$ مربوط به واکنش تخریب ساختار و تشکیل فازهای کربناتی و آمورف می باشد. بلورینه شدن با فازهای کربناتی آغاز و با افزایش دما، خود فازهای کربناتی هم تجزیه شده و تیتانات باریم بوجود می آید. سه پیک گرماگیر در دمای حدود $420.9°C$، $800°C$و $969.8°C$ که مربوط به تجزیه کربنات ها و تشکیل تیتانات باریم می باشد.



شکل(۳): آنالیز تجزیه حرارتی TGA نمونه صنعتی

پیک گرمازایی که در دمای $1154.5°C$مشاهده می شود، مربوط به تغییر ساختار تیتانات باریم از مکعبی به تتراگونال است[۷و۸]. شکل (۴) و شکل (۵) نمودار های تلفات بازتاب برحسب بسامد فریت $Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$ و تیتانات باریم را نشان می دهد.باتوجه به شکل ۳ ،پیک های اصلی جذب برای فریت $Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$ در $-3.2, -3.1, -2.9$ در بازه بسامدی $8-12GHz$ را نشان می دهد.



شکل(۴): نمودارتلفات بازتاب تیتانات باریم (سمت چپ) و فریت $Li_{0.32}Zn_{0.26}Cu_{0.1}Fe_{2.32}O_4$ (سمت راست)

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

پیک های اصلی جذب برای تیتانات باریم در فرکانس های $8-12GHz$ را نشان می‌دهد 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-نتیجه‌گیری

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, andM.Homma,**Mater.Trans.JIM**39,1080(1998)

[4] F.Zekun,H.Aiping,and E.Huahui, **IEEE** 35,420 (2002)

[5] H.Zhang,L.Zhichao,andY.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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]