

## بهینه سازی انطباق امواج الکترومغناطیسی کامپوزیت آهن کربونیل -La<sub>0/8</sub>Sr<sub>0/2</sub>MnO<sub>3</sub> در جذب امواج میکروویو

دنيز مطمئن، عباس كيانوش\*

دپارتمان مهندسی مواد، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تبریز

<sup>\*</sup>akianvash@tabrizu.ac.ir

اطلاعات مقاله:	چکيده:
دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲	در این پژوهش نخست نانو ذرات (LSMO3 (LSMO) به روش سل ژل سنتز شدند. سپس درصد
پذیرش: ۱۵/۹/۱۵	جذب امواج میکروویو رنگهای جاذب شامل نسبتهای مختلف پرکننـدههـای آهـن کربونیـل – LSMO
	بصورت ۸۰–۰۰، ۲۹–۱، ۲۷–۳، ۲۲–۶، ۲۲–۸ و ۲۰٪ وزنـی چـسب پلـی اسـتر و سـخت کننـده در گـستره
·***/** 1.15	فرکانسی ۸ – ۱۲GHz مورد بررسی قرار گرفت. مواد کامپوزیتی بـا ضـخامتهـای مختلـف ۰/۷، ۰/۹ و
کلید ورزه.	۱/۱mm به صورت رنگ بر روی یک زیر لا یه آلومینیومی به ابعـاد اسـتاندارد (۲۲/۸ × ۱۰/۱× ۲۲/۸)
اهن کربونیـل، LSMO، سـل ژل،	اعمال گردید. آنالیز فازی و اندازه بلـورکهـا، مورفولـوژی پودرهـا و میـزان جـذب امـواج الکترومغنـاطیس
خاصيت جـذب امـواج ميكروويـو،	رنگهای کامپوزیتی حاصل از آنها بترتیب توسط الگوی پراش اشـعه X (XRD)، میکروسـکوپ الکترونـی
رنگ کامپوزیتی	روبشی (FE-SEM) و آنالیزگر شبکهی برداری (VNA) تعیین گردید. رنـگ کـامپوزیتی آهـن کربونیـل –
	LSMO با نسبت ۲۴-۶۶ در ضخامت mm ۱۰/۹ دارای یک اتـلاف انعکـاس تـشدید برابـر I۰/۸۹ dB– در
	فرکانس ۱۱/۵۵ GHz و بالای ۶۰٪ جذب در کل پهنای بانـد ۸/۹– ۱۲ GHz بـود. بـا افـزایش ضـخامت
	پوشش از ۰/۷ تا ۱/۱ mm، خواص جذب رنگ بهبود یافت. بنـابراین، رنـگ کـامپوزیتی آهـن کربونیـل –
	LSMO به عنوان یک مادهی جاذب بسیار مناسب در باند X شناسایی شد.

۱– مقدمه

امروزه استفاده از امواج میکروویو با فرکانس بالا در صنایع مرتبط با سیستمهای ارتباطی بی سیم، شبکههای محلی، تجهیزات پزشکی و رادارها بیش از پیش و به صورت بسیار گسترده مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از امواج میکروویو در کاربردهای نظامی، امکان شناسایی اهداف

توسط رادار را فراهم کرده است. یکی از موثرترین روشهایی که برای کاهش قابلیت آشکار شدن یک هدف پرنده توسط رادار به کار میرود، استفاده از مواد جاذب رادار (RAMs)<sup>۱</sup> با پهنای جذب گسترده، دانسیته کم و ضخامت نازک است. در ساخت جاذبهای امواج الکترومغناطیس<sup>۲</sup>، به

<sup>1</sup> Radar absorbing materials

<sup>2</sup> Electromagnetic



ویژه برای کاهش ضخامت جاذب، مقدار بالای نفوذ پذیری مغناطیسی و ثابت دی الکتریک و ترکیب مناسبی از آنها منجر به انطباق امپدانس امواج در دادههای مورد نیاز فرکانس و ضخامت خواهد شد. اولین نسل از مواد جاذب رادار بر پایه آهان کربونیل<sup>۱</sup> در جنگ جهانی دوم توسط آلمانیها به کار گرفته شد [۱].

فاكتورهاي موثر درجذب امواج الكترومغناطيس شامل اتلاف دىالكتريك، اتلاف مغناطيسى، رسانايى الكتريكي، اثر ابعاد نانو و ساختار ماده مى باشند [٢]. مواد جاذب امواج الکترومغناطیس از دیدگاه اجزای سازنده به دو دستهی جاذبهاي دىالكتريكي وجاذبهاي مغناطيسي طبقهبندي می شوند [۳]. جاذب های دی الکتریک از مواد با نفوذید نیری دیالکتریکی ('٤) پایین و در نتیجه با اتلاف دیالکتریکی ("٤) بالا ساخته می شوند [۴]. از جمله مزایای جاذب های مغناطیسی نسبت به جاذبه ای دیالکتریک پایین بودن ضخامت مورد نیاز (حدود ۰/۱) برای رسیدن به جذب معادل جاذبهای دیالکتریک است [۵]. جاذبه ای مغناطیسی معمول شامل أهن كربونيل [8]، ألياژهاي فلزي مغناطيسي [۷] و فریتها [۸] و نانو اکسیدهای نوع پروسکیت هـستند. آهن کربونیل آهنی با درجه خلوص بسیار بالا است که از تجزیهی شیمیایی پنتاکربونیل آهن تخلیص شده تهیه می شود. آهن کربونیل بسته به اندازه ذرات و دمای تفجوشی می تواند در محدوده ی فرکانسی مگاهر تز و گیگا هر تز جاذب باشد. فرکانس تشدید آن نیز بستگی به اندازه ذرات دارد. پودر آهن کربونیل تراوایی مغناطیسی نسبی بالا ولی خواص دىالكتريك بسيار ضعيفي دارد. مقادير تراوايي مغناطيسي و

<sup>1</sup> Carbonyl iron

دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵

18

دىالكتريك آهن كربونيل توسط تركيب آن بـا مـواد ديگـر تنظيم مي شود [٩]. نانو اکسیدهای نوع پروسکیت (با فرمول عمومی ABO<sub>3</sub>) به عنوان گروهی از مواد سرامیکی، ناشی از خواص فیزیکے و شیمیایی منحصر به فرد خود مانند پایداری زیاد در مقابل گرما، خواص فروالكتريكي، پيزوالكتريكي، پيروالكتريكي، توان هدایتی و مغناطیسی فوق العاده [۱۰] برای بیش از دو دهه مورد توجه فراوانی قرار گرفتهاند. بخشی از کاربردهای این مواد در زمینه ی جذب میکروویو است[۱۱]. بررسی تجربی ویژگیهای الکتریکی و مغناطیسی این ترکیبات اولین بار در سال ۱۹۵۱ صورت گرفت [۱۲]. یک ماده مخصوص در این زمینه La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> است، که از سال ۱۹۹۴ دور تازهای از پژوهشها بر روی آن آغاز شده است. این مواد دارای خواص مغناطیسی قوی و مقاومت ویژه پایین هستند. دارا بودن دمای کوری (T<sub>c</sub>) نسبتا بالا و نزدیک به دمای اتاق و همچنین داشتن بالاترین دمای گذار بین منگنایتها باعث افزایش پتانسیل های کاربردی این ماده شده است [۱۳]. این ترکیبات توانایی های جالب تـوجهی دارنـد و بـرای کاربردهـای گونـاگونی هماننـد حافظههای مغناطیسی، حسگر میدان مغناطیسی، حسگر فشار، هد مغناطیسی، یخچال مغناطیسی و جاذب امواج از أنها بهره گرفته میشود [۱۵و۱۴]. تا کنون روشهای متفاوتی برای سنتز این ترکیبات از قبیل روش حالت جامـد در دمای بالا [۱۶]، روش هیدروترمال [۱۷] و روش سل ژل در دمای پایین [۱۸] به کار گرفته شدهاند. در اين پژوهش، خواص جذب امواج ميکروويو

کامپوزیتهای زمینه پلیمری شامل پر کنندههای مغناطیسی



آهن کربونیل و La<sub>0/8</sub>Sr<sub>0/2</sub>MnO<sub>3</sub> (LSMO) در گستره فرکانس ۸–۱۲GHz بررسی شده است. هدف از انجام این پژوهش رسیدن به خواص جذب مطلوب با ضخامت نازک در کل پهنای باند X میباشد.

## ۲- فعالیتهای تجربی

در این کار پژوهشی از پودرهای آهن کربونیل و LSMO به عنوان پرکننده های مغناطیسی در تهیه رنگهای زمینه پلیمری جاذب امواج میکروویو استفاده شده است. نانوذرات LSMO به روش سل ژل سنتز شدند. برای این کار، مقادیراستوکیومتری نیترات لانتانیوم [La(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O]، نيت\_رات استران\_سيوم [Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] و نيت\_رات منگن\_ز [Mn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O)] به عنوان مواد اولیه مورد استفاده قرار گرفتند. برای حصول یک محلول شفاف، نخست نیترات فلـزات در آب مقطـر حـل شـدند سـيس اسـيد سـيتريک (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>.H<sub>2</sub>O) به عنوان عامل ژل ساز و پس از آن اوره (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) به محلول اضافه گردیدند؛ محلول به آرامی در دمای C<sup>°</sup>C تبخیر و به ژل تبدیل شد. ابتدا ژل در حدود ۲۵۰°C به مدت ۲۴ ساعت تجزیه و پس از آن پودر حاصل در °C به مدت ۶ ساعت بازیخت گردید. پودر آهن كربونيل، ساخت كشور ألمان با خلوص ٩٩/٩٨٪ و دانه بندی ۴ میکرون از شرکت کیمیای پارسیان و همچنین نیترات فلزات با خلوص ۹۹٪ و عامل های ژل ساز با خلوص ۹۹/۵٪ از شرکت نانو طب تبریز خریداری شدند. برای آماده سازی رنگ جاذب، نخست نسبتهای مختلفی از پودرهای آهن کربونیل و LSMO در محیط اتانول بطور کامل مخلوط گردیدند. مخلوط حاصل با مقادیر مختلفی از

چسب پلی استر و سخت کننده بطور کامل مخلوط و جهت اندازه گیری تلفات امواج الکترومغناطیس در روی ورقـههای آلومینیومی به ابعاد استاندارد (۲۲/۸ ×۱۰/۱ × ۲۲/۸) اعمال شد. پنج نمونه با نسبت های مختلف آهن کربونیل و LSMO در ضخامت mm ۹/۰ آماده شدند، نسبتهای وزنی کامپوزیت آهـن کربونیـل – LSMO برطبـق ۵–CL۱ به ترتيب برابر ۸۰–۰۰، ۲۹–۱، ۷۷–۳، ۷۴–۶، ۲۷–۸ هـستند. همچنین سه نمونه با نسبت وزنی ثابت ۲۴–۶ (CL۴) در ضخامتهای مختلف ۰/۷، ۹/۰ و ۱/۱ mm آماده شدند. جهت بررسی فازهای تشکیل شده در ترکیب LSMO از دستگاه پراش اشعهی ایکس<sup>۱</sup> (XRD) زیمنس مدل D5000 با لامپ مسی، برای مشاهده ی مورفولوژی فازها ازميكروسكوپ الكتروني روبشي<sup>7</sup> (SEM-TESCAN) (MIRA3-FEG و بررسی جذب امواج الکترومغناطیس در رنگهای کامپوزیتی از آنالیزگر شبکه برداری<sup>۳</sup> (VNA) مدل HP8510C در محدوده باند X استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

## -۱-۳ آنالیز XRD و SEM

شکل ۱ الگوی XRD ترکیب LSMO کلسینه شده در دمای ۲۰۰°۲۰ به مدت ۶ ساعت را نشان میدهد. مطابق با کارت استاندارد به شماره (۱۱۰۰–۲۰۰۰-۰۰) الگوی فوق مربوط به فاز خالص LSMO با ساختمان بلوری رمبوهدرال میباشد. اندازه بلورکها با استفاده از معادله شرر (معادله ۱)، حدود ۲۱nm تعیین گردید.

<sup>1</sup> X-ray diffraction

<sup>2</sup> Field Emission-Scanning Electron Microscope

<sup>3</sup> Vector Network Analyzer



بهينه سازى انطباق امواج الكترومغناطيسي كامپوزيت ...

گردید. اختلاف بین اندازه ی ذرات به دست آمده از تصاویر FE-SEM و اندازه ی بلور کها از معادله ی شرر به این دلیل است که هر ذره ای از چند بلور ک تشکیل می شود و معادله ی شرر تنها میانگین اندازه بلور کها را بر آورد می کند. ذرات پودر آهن کربونیل (شکل ۲ – ب) نیز به صورت کروی است و اندازه ی متوسط ذرات آن حدود Δμm

$$D = \frac{0.9\lambda}{\beta\cos\theta} \tag{1}$$

در این رابطه λ طول موج پرتوی ایکس، β پهنا در نصف بیشینه قله و θ زاویه براگ است [۱۹]. شـکل ۲، تـصاویر FE-SEM پودرهای LSMO و آهـن کربونیل را نشان میدهـد. ذرات پـودر LSMO (شـکل۲– الف) به صورت کروی و دارای توزیع انـدازه ذرات باریک است. اندازه ذرات این پودر در گـستره ۳۰–۴۰nm بـرآورد



 $La_{0/8}Sr_{0.2}MnO_2$  شکل X نمونهی X نمونهی  $I - r_{0.2}MnO_2$ 



شکل ۲- تصویر SEM، (الف) LSMO، (ب) آهن کربونیل



## ۲-۳- آنالیز VNA

شکل ۳، تاثیر درصد پودر LSMO بر روی میزان جذب امواج الکترومغناطیس رنگهای جاذب با ضخامت mm ۲۰۹ شامل ۸۰٪ پودر مواد جاذب و ۲۰٪ چسب را نشان میدهد. دادههای مربوط به اتلاف انعکاس بیشینه (تشدید)، فرکانس جذب و پهنای باند جذب در جدول ۱ ارائه شدهاند. اتـلاف انعکاس پودر خالص آهن کربونیل پایین و مقـدار بیشینهی آن برابر ط۵۲۲dB هن کربونیل پایین و مقـدار بیشینهی و پهنای بانـد جـذب آن (کمتـر از ط5 ۴–) بـسیار پـایین و پهنـای بانـد جـذب آن (کمتـر از ط5 ۴–) بـسیار پـاین ع و ۸ درصد وزنی، اتلاف انعکاس بیشینه بـه ترتیب بـه که تلفـات انعکـاس بـ درصـد کام ۲۰/۹ موجـود در رنـگ که تلفـات انعکـاس بـا درصـد LSMO موجـود در رنـگ کامپوزیتی کنترل میشود. دلیل بـالا بـودن خـواص جـذب امواج رنگ جاذب آهن کربونیل – LSMO را می تـوان بـه شرح زیر خلاصه کرد:

پودر آهـن کربونیـل یـک مـادهی مغناطیـسی بـا اتـلاف مغناطیسی بالا اما با اتلاف دی الکتریک پایین است [۲۰]. با افزودن LSMO به آهـن کربونیـل، خـواص الکتریکی بـا تسهیل فرآیند انتقال الکترون بین دو جز افزایش می یابد. بـا در نظر گرفتن تفاوت اندازه ذرات و رسانایی آهن کربونیـل و LSMO، نانو ذرات DSMO به عنوان پل بـین ذرات آهـن کربونیل عمل می کنند. اثر تونـل زنی حامـلهـا منجـر بـه هدایت بیشتر ذرات در فضای بزرگ بین ذرات همسایه می شود که ایـن امـر موجـب تـضعیف امـواج الکترومغنـاطیس می گردد. با افـزایش مقـدار LSMO، یـک شـبکهی رسـانا مابین ذرات آهن کربونیل و LSMO شکل می گیرد. تشکیل

شبکهی رسانا منجر به افزایش رسانایی و در نتیجه منجر به افزایش اتلاف دیالکتریک می گردد. با توجه به ترکیب افزایش اتلاف دیالکتریک و اتلاف مغناطیسی تقریبا ثابت، انطباق امواج الكترومغناطيس به طور مناسب ترى صورت می گیرد و جذب میکروویو افزایش مییابد. با افزایش بیشتر LSMO شبکه رسانا بیشتر توسعه می یابد و جذب و انعکاس هر دو بطور همزمان افزایش می یابند؛ موقعی که شدت انعکاس بیشتر از اتلاف الکتریکی باشد، در آن صورت خواص جذب بدتر می شود. بنابراین در کار حاضر، کامپوزیت با LSMO برابر ۶ درصدوزنی نسبت به ترکیبهای دیگر دارای خواص جذب بهتری است. خواص جذب امواج الکترومغناطیس بالای این رنگ را می توان به اتلاف دی الكتريكي و اتـلاف مغناطيـسي همزمـان أن ارتبـاط داد. در شکل ۴، تغییرات اتلاف انعکاسی با فرکانس در ترکیب ۸۰٪ پودر کامپوزیت حاوی ۷۴٪ آهن کربونیل و ۶٪ LSMO و ۲۰٪ چسب در ضخامت های مختلف ۰/۷، ۹/۹ و ۱/۱ mm نشان داده شده است. با افزایش ضخامت از ۰/۷ تا ۹/۰ و ۱/۱ mm، مقدار اتلاف انعکاسی از ۸/۷۹ dB- در فرکانس تــشدید ۱۱/۳۸ GHzبـه ۱۰/۸۹ dB– و ۱۱/۳۳ – در فرکانس تشدید ۲۰/۶ GHz افزایش می یابد. همانطوری که مشاهده می شود با افزایش ضخامت، اتلاف انعکاس و پهنای باند جذب (کمتر از dB ۴-) افزایش می یابد و همچنین بیشینه اتلاف انعکاس به فرکانس پایین تر انتقال می یابد، که این با رابطه بین فرکانس و ضخامت (معادل ۲) همخوانی دارد[۲۱]:

$$f_{\rm m} = \frac{c}{2\pi\mu'' d}$$

۲)



که در آن، f<sub>m</sub> فرکانس تشدید، c سرعت نور و d ضخامت پوشش است. این رابطه بیانگر این است که با افزایش ضخامت، فرکانس تشدید به فرکانسهای کمتر سوق

می یابد. اطلاعات مربوط به اتلاف انعکاس بیشینه، فر کانس جذب و یهنای باند جذب در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۳- تغییرات اتلاف انعکاس با فرکانس در نسبتهای مختلف آهن کربونیل به LSMO

پهنای باند (GHz) (کمتر از ۴dB–)	فرکانس (GHz)	شدت اتلاف انعکاس (db)	کامپوزیت (LSMO: آهن کربونیل)
11/7 -11/8	11/4	$-\Delta/\Delta Y$	CL۱ (۸۰:۰)
λ/٩ –١٢	۱۱/۵	-X/18	CLT (Y9:1)
٩/۶ – ١٢	۱۱/۵۵	-9/1A	CL۳ (۷۷:۳)
λ/٩ –١٢	11/00	-1•/89	CLF (VF:F)
	)•/)	-۴/۱۵	CLΔ (ΥΥ:Λ)

جدول ۱- پارامترهای جذب امواج الکترومغناطیس کامپوزیت آهن کربونیل – LSMO



شکل ۴– تغییرات اتلاف انعکاس با فرکانس کامپوزیت CL۴ در ضخامتهای مختلف ۷/۰، ۹/۰، ۱/۱ mm

Downloaded from ijcse.ir on 2024-05-04 ]

۴- نتىجەگىرى



پهنای باند (GHz) (کمتر از ۴dB-)	فركانس (GHz)	شدت اتلاف انعکاس (db)	ضخامت (mm)
۹/۸–۱۲	۱ ۱ /۳۸	$-\lambda/\gamma$ ۹	• /Y
λ/٩-١٢	11/00	- ) • / <b>\</b> ٩	•/٩
٨/۴-١٢	۱ • /۶	-11/88	1/1

جدول ۲– پارامترهای جذب امواج الکترومغناطیس کامپوزیت CL۴ با ضخامتهای مختلف

۲GHz است که می تواند کاندید مناسبی بعنوان یک

مخلوط جاذب ميكروويو باشد.

مراجع

- [1] G. Marsh, "Going stealthy with composites", Reinforced Plastics, vol. 54, pp. 30-33, 2010.
- [2] B. Lu, H. Juang, X. Dong, X. Zhang, J. Lei, J. Sun, Ch. Dong, "Influence of alloy components on electromagnetic charachteristics of core/shell-type Fe-Ni nanoparticles", J. Appl. Phys, vol.104, pp.114313, 2008.
- [3] R. Parida, D. Singh, N. Agarwal, "Implementation of multilayer ferrite radar absorbing coating with genetic algorithm for radar cross-section reduction at X-band", India Journal of Radio & Space Physics, vol.36, pp.145-152, 2007.
- [4] V. Petrov and V. Gagulin, "Microwave absorbing materials", Inorganic Materials, vol. 37, pp.93- 98, 2001.
- [5] C. K. Yuzcelik, "Radar absorbing material design", DTIC Document, 2003.
- [6] B. Zhang, Y. Feng, J. Xiong, Y. Yang, H. Lu "Microwave-Absorbing Properties of De- Aggregated Flake-shaped Carbonyl-Iron Partical", IEEE Transactions on Magnetic, vol.42, (2006).
- [7] T. Itoi, A. Inoue, "Thermal stability and soft magnetic properties of Co-Fe-MB (M= Nb, Zr) amorphous alloys with large supercooled liquid region," Materials Transactions, JIM, vol.41(9), pp.1256-

برای ساخت مادهی جاذب امواج الکترومغناطیس، از مخلوطی از پودرهای آهن کربونیل و LSMO به عنوان پرکننده های مغناطیسی و چسب پلی استر به عنوان زمینه استفاده شد. خواص جذب ميكروويو كامپوزيت آهن كربونيل – LSMO – به صورت رنگ در باند فرکانس X (LSMO – ۸) با نسبتها و ضخامتهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل دادههای تجربی نشان داد که با افزایش مقدار LSMO از ۱ تا ۶ درصد وزنی خواص جذب میکروویو بهبود می یابد. کامپوزیت ۲L۴ با ۶ درصد وزنی LSMO اتلاف انعکاسی برابر ۱۰/۸۹ dB اتلاف انعکاسی در فرکانس ۱۱/۵۵ GHz را نشان داد که این بالاترین اتلاف در ترکیب های فوق بود. تصور میرود که انطباق امواج الكترومغناطيس خوب ناشي از تركيب افزايش اتلاف دىالكتريك و اتلاف مغناطيسى تقريبا ثابت با افزودن LSMO موجب این افزایش در تلفات شده است. همچنـین با افزایش ضخامت یوشش از ۰/۷ تا ۰/۹ و ۱/۱mm در نمونه بهینه CL۴، یهنای باند جذب افزایش و بیشینه اتلاف انعکاس به BB–۱۱/۳۳ dB–می رسد. این کامیوزیت در کل دارای اتلاف انعکاس کمتر از HB- (مربوط به ۶۰٪ جـذب امــواج الکترومغنــاطیس) در گــسترهی فرکـانس ۸/۵-

دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵ ۲۱



Chen, "Double peak behavior of resistivity curves in Cd doped LaMnO3 perovskite systems", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 260, pp.375-379, 2003.

- [17] R. Zenati, C. Bernard, C. Calmet, S. Guillemet, G. Fantozzi and B. Durand, "Internal friction investigation of phase transformation in nearly stoichiometric LaMnO<sub>3</sub>", J. Euro. Ceram. Soci., vol. 25, pp. 935-941, 2005.
- [18] W. Wang, H-b. Zhang, G-d. Lin, Z-t. Xiong,"Study of Ag/La<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>MnO<sub>3</sub> catalysts for complet oxidation of methanol and ethanol at low concentrations", Appl. Catal. B, vol. 24, pp. 219-232, 2000.
- [19] B. D. Cullity, Elements of X-Ray Diffraction, Second ed., Addison Wesley Publishing Company, 1978.
- [20] W. Zhang, Sh. Bie, H. Chen, Y. Lu, J. Jiang, "Electromagnetic and microwave absorption properties of carbonyl iron/MnO<sub>2</sub> composite, Journal of magnetism and Magnetic Materials, vol.358-359, pp.2, 2014.
- [21] T. Maeda, S. Sugimoto, T. Kagotani, N. Tezuka, K. Inomata, J. Magn. Magn. Mater. Vol.28, pp.195–205, 2004.

1262,2000.

- [8] N. K. Saeed Choopani, Ali Ghasemi, Ali Sharbati, Reza Shams Alam, "Structural, magnetic and microwave absorption characteristics of  $BaCo_xMn_xTi_{2x}Fe_{12-4x}O_{19}$ ," Materials Chemistry and Physics, vol. 113, pp. 717–720, 2009.
- [9] Ch. Zhou, Q. Fang, F. Yan, W. Wang, K. Wu, Y. Liu, Q. Lv, H. Zhang, Q. Zhang, J. Li, Q. Ding, "Enhanced microwave absorption in ZnO/carbonyl iron nanocomposites by coating dielectric material", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol.324, pp.1720, 2012.
- [10] G. H. Zheng, Y. P. Sun, X. B. Zhu, W. H. Song, "Magnetic and electronic transport properties of Y- and Ho-doped La<sub>0.9</sub>Te<sub>0.1</sub>MnO<sub>3</sub>", Physics Letters A.,vol. 356, pp. 79-84, 2006.
- [11] K. P. Shinde, S. S. Pawar, S. H. Pawar,"Influence of annealing temperature on morphological and magnetic properties of La<sub>0.9</sub>Sr<sub>0.1</sub>MnO<sub>3</sub>", Applied Surface Science, vol. 257, pp.9996, 2011.
- [12] S. Jin, T. Tiefel, H. M. Mc. Cormack, R. Fastnacht, A. Ramesh, L.H. Chen, "Thousand fold Change in Resistivity in Magneto resistive La-Ca-Mn-O Films", Science, vol. 264, pp.413, 1994.
- [13] E. Dagotto, T. Hotta, A. Moreo, "Colossal Magneto resistant Materials: The Key Role of Phase Separation", Physics Reports, vol. 344, pp.1, 2001.
- [14] U. N. Gupta, H. Muthurajan, H. Kumar, N. Koteswara Rao, S.P. Gokhale, V. Ravi, "Synthesis of LSMO at low temperature by novel hydroxide precursor technique", Matterials Letters, vol. 62, pp. 527, 2008.
- [15] K. P. Shinde, S. S. Pawar, S. H. Pawar, "Influence of annealing temperature on morphological and magnetic properties of La<sub>0.9</sub>Sr<sub>0.1</sub>MnO<sub>3</sub>", Applied Surface Science, vol.257, pp.9996, 2011.
- [16] G. N. Rao, S. Roy, R. C. Yang, J. W.

۲۲ دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵