بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸

بررسی تاثیر تابش لیزر اگزایمر بر امپدانس مغناطیسی نوارهای مغناطیسی پایه کبالت $Co_{68.5}Fe_4Si_{16.5}B_{11}$

معظمه حسن زاده، احمد امیرآبادی زاده، حسن رنجبر عسکری، سید محمد باقر مرعشی

آزمایشگاه تحقیقاتی مغناطیس و ابررسانایی، دانشکده فیزیک دانشگاه بیرجند، گروه فیزیک
آزمایشگاه لیزر اگزایمر، دانشکده فیزیک دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، گروه فیزیک

چکیده - در این مقاله نوارهای مغناطیسی پایه کبالت با ترکیب $Co_{68.5}Fe_4Si_{16.5}B_{11}$ به روش مذاب ریسی در آب سفارش و تهیه شده است. توسط تابش پرتو لیزر اگزایمر با طول موج ۳۰۸ نانومتر و توان ۱۲۵ وات به مدت ۶۰ ثانیه، شیارهایی به موازات یکدیگر به فاصله ۰/۳ میلی‌متر از یکدیگر به صورت یک، سه، پنج و هفت شیار تابیده شده است. برای بررسی خواص مغناطیسی نوارها از مغناطیس‌سنج نمونه نوسانی استفاده شده است. با افزایش تعداد شیارها، مغناطش نمونه‌ها کاهش یافته است. سپس امپدانس مغناطیسی نمونه‌ها اندازه‌گیری شده است. با افزایش تعداد شیارها امپدانس نمونه افزایش یافته است. بیشترین مقدار امپدانس مغناطیسی در نمونه دارای هفت شیار می‌باشد. تابش نور لیزر منجر به به وجودآمدن ناهمسانگردی عرضی در نمونه‌ها شده است بنابراین حساسیت مغناطیسی افزایش یافته است. در نتیجه می‌توانیم با تابش لیزر به نوارها، حسگرهایی با حساسیت بالا تولید کنیم.

کلید واژه- امپدانس مغناطیسی، پسماند مغناطیسی، لیزر اگزایمر، نوارهای مغناطیسی پایه کبالت

Investigation of the influence of Excimer laser radiation in Magnetoimpedance of $Co_{68.5}Fe_4Si_{16.5}B_{11}$ Cobalt base magnetic ribbons

Moazameh hassanzadeh, Ahmad Amirabadizadeh, Hassan ranjbar askari, Seyed Mohamad Bagher Marashi

m.hassanzadeh@birjand.ac.ir
aamirabadizadeh@birjand.ir
hraskari@vru.ac.ir
smb_marashi@yahoo.com

Abstract- In this study, Cobalt base magnetic ribbons were prepared by melt spinning in water. The Excimer laser beam with 308 nm and 125 watts irradiated for 60 seconds, the slots were parallel to each other 0.3 mm apart in one, three, five and seven grooves. The Vibration Sample Magnetometer (VSM) curve was used to investigate the magnetic properties of the ribbons. As the number of grooves increases, the magnetism of the specimens decreases. The magnetoimpedance of the specimens was measured. As the number of grooves increases, the sample magnetoimpedance increases. The highest magnetoimpedance in the sample has seven grooves. Laser light irradiation has resulted in transverse anisotropy in the samples, thus magnetic susceptibility was increased. As a result, we can produce high sensitivity sensors by laser irradiation.

Keywords: Cobalt base magnetic ribbon, Hysteresis loop, Laser Excimer, Magnetoimpedance,

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

مقدمه

اثر امپدانس مغناطیسی غول آسا یکی از اثرهای مشاهده شده در نوارهای بی‌شکل، فرومغناطیس نرم و پیشنهادی برای حسگرهای مغناطیسی می‌باشد[۲,۱]. این اثر، یک پدیده کلاسیکی است که بر پایه اصول و مفاهیم الکترودینامیک کلاسیک توصیف می‌شود. وقتی تغییرات امپدانس با میدان خارجی زیاد باشد، این پدیده به عنوان امپدانس مغناطیسی بزرگ شناخته می‌شود[۳]. با توجه به اینکه تغییرات امپدانس مغناطیسی در مقایسه با مقاومت مغناطیسی بسیار بزرگتر می‌باشد، محققان امیدوار هستند این زمینه به زودی جایگزین مقاومت مغناطیسی شده و حجم ذخیره اطلاعات و حساسیت حسگرهای بر پایه آن در فناوری رشد چشمگیری داشته باشد. در ابتدا تحقیقات، روش‌های ساخت و اندازه‌گیری اثر مورد توجه بود. پس از آن علاوه بر ساخت ترکیب‌های جدید و بهینه‌سازی روش‌های ساخت، عملیات‌های ثانویه مانند بازپخت لیزری[۳و۴] ، بازپخت جریانی[۵]، بازپخت میدانی[۶]، بازپخت‌های ترکیبی[۷]، بهینه‌سازی و استفاده از نوارها در حسگرهای مغناطیسی مورد توجه قرار گرفت[۸]. در بازپخت لیزری نوار یا سیم بی‌شکل مغناطیسی، تحت تابش لیزر قرار گرفته و انرژی لیزر باعث گرم شدن و بازپخت نمونه می‌شود. این روش برای اولین بار توسط آن و همکارانش با استفاده از لیزر پالسی Nd:YAG بر روی نوار و میکروسیم های بی‌شکل پایه کبالت انجام شد[۳]. روزمه و همکارانش به مطالعه اثر بازپخت لیزری روی پاسخ امپدانس سیم بی‌شکل پایه کبالت در حضور و بدون حضور میدان مغناطیسی عرضی خارجی پرداخته‌اند[۴]. در این مقاله تاثیر تابش نور لیزر اگزایمر بر روی خاصیت مغناطیسی و امپدانس مغناطیسی نوارهای مغناطیسی پایه کبالت و کاربرد این نوارها در ساخت حسگرهای مغناطیسی مورد بررسی قرار گرفته شده است.

شرایط آزمایشگاهی

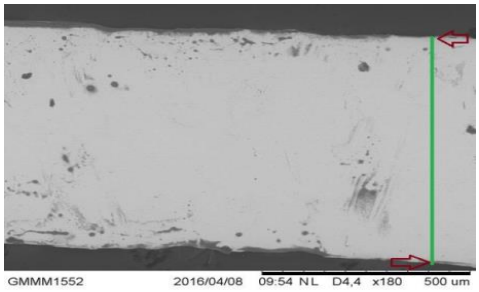
برای مشخص شدن مشخصات ظاهری نوارها از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شده است. پس از آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشگاهی، تنظیم دما و فشار آزمایشگاه، قطعه‌هایی به طول‌های ۵ میلیمتر از نمونه با ترکیب $Co_{68.5}Fe_4Si_{16.5}B_{11}$ بر روی یک صفحه آزمایشگاهی قرار داده شده است. نمونه‌های مربوط تحت تابش پرتو لیزر اگزایمر دانشگاه ولی عصر (عج) مدل 210i LPX (R) با طول موج ۳۰۸ نانومتر، نرخ پالس ۱۰ تا ۵۰ نانوثانیه، بیشترین توان ۱۲۵ وات و ماده فعال XeCl قرار گرفتند. توسط پرتو لیزر با مشخصات ذکر شده بر روی نمونه شیارهایی به مدت ۶۰ ثانیه به صورت یک، سه، پنج و هفت شیار به صورت موازی به فاصله‌های یکسان از یکدیگر به وجود آمده است. توسط میکروسکوپ مقرر بر روی دستگاه لیزر این شیارها را به وضوح مشخص شده است. برای بررسی خواص مغناطیسی نوارهای بازپخت شده‌ی لیزری، از دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه نوسانی Lake Shore 7407 دانشگاه بیرجند و برای بررسی خواص امپدانسی از منحنی امپدانس مغناطیسی استفاده شده است.

بررسی نتایج

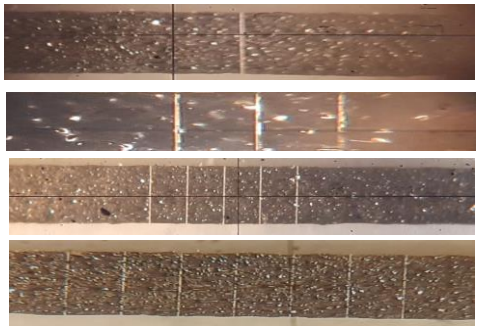
برای بررسی ویژگی‌های ظاهری نوارهای مغناطیسی از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM استفاده شده است. شکل ۱ تصویر میکروسکوپ الکترونی نوارهای مغناطیسی پایه کبالت را نشان می‌دهد. مشخصات این نوارها در جدول ۱ بیان شده است. پس از تنظیم چیدمان لیزر اگزایمر، تابش نور به صورت شیارهایی متوالی بر روی نمونه به وجود آمده است. با استفاده از میکروسکوپ تصویر شیارها بر روی نوارها به وضوح نشان داده شده است. مشخصات ظاهری نوارها پس از بازپخت لیزری اندازه‌گیری شده و در جدول ۲ بیان شده است.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

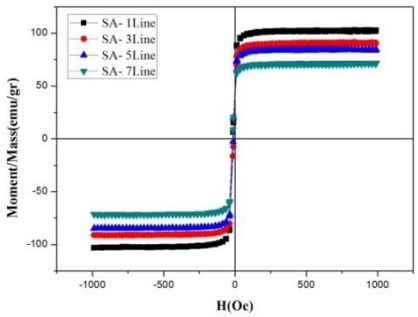


شکل ۱: نمایش تصور میکروسکوپ الکترونی روبشی
برای تعیین پهنای نوارها



شکل ۲: نمایش میکروسکوپی خطوط لیزر بر روی نوارهای
مغناطیسی، یک، سه، پنج و هفت شیار

برای بررسی خواص مغناطیسی نوارها مغناطیسی پس از بازپخت لیزری از دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه نوسانی استفاده می‌شود. با استفاده از منحنی پسماند مغناطیسی، مغناطش اشباع، مغناطش باقیمانده و میدان وادارندگی نمونه‌ها قابل اندازه‌گیری و مقایسه با یکدیگر می‌باشند. در شکل ۳ منحنی پسماند مغناطیسی نوارهای مغناطیسی تحت تابش لیزر اگزایمر رسم شده است به علت نفوذپذیری مغناطیسی نوارهای نرم، خاصیت مغناطیسی نوارها به شدت به دما وابسته می‌باشد. انرژی لیزر باعث بازپخت نمونه می‌شود. در بازپخت لیزری، افزایش دما منجر به تغییر ماهیت مغناطش و تغییرات ساختار محلی نمونه شده و در نتیجه ناهمسانگردی مغناطیسی و پاسخ امپدانس تغییر می‌کند[۴]. چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش تعداد شیارهای ناشی از تابش نور لیزر اگزایمر بر روی نمونه مغناطش اشباع نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است.



شکل ۳: نمایش منحنی مغناطش نوار مغناطیسی تحت تاثیر
تابش نور لیزر اگزایمر با شیارهای متفاوت

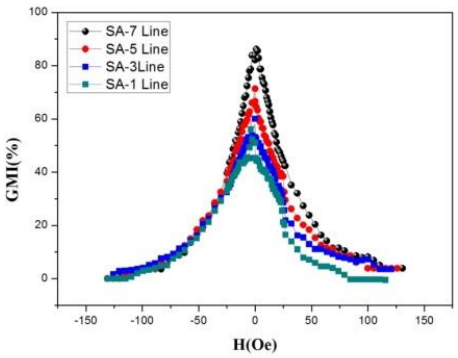
به منظور بررسی و اندازه‌گیری امپدانس مغناطیسی نوارهای مغناطیسی پایه کبالت بازپخت شده توسط لیزر اگزایمر ابتدا نوارها روی یک قطعه نگه‌دارنده قرار داده شده است. در این طراحی‌ها سعی شده تا حد امکان همه چیز از قبیل جنس کانکتورهای مسی، چسب نقره بکار رفته، قطعات پلاستیکی و نمونه‌ها از نظر ابعاد و مقاومت الکتریکی Dc مشابه باشد تا کمترین خطا در اندازه‌گیری‌ها وارد شود. برای اندازه‌گیری امپدانس مغناطیسی پس از تهیه نمونه از روش چهار نقطه و یک تولیدکننده فرکانسی برای اعمال جریان با دامنه ثابت ۳۵ میلی‌آمپر و فرکانس۷ مگاهرتز، اسیلوسکوپ دو کاناله؛ میلی تسلامتر و یک سیملوله برای ایجاد میدان مغناطیسی (با توانایی ایجاد میدانی در محدوده ۱۳۰Oe- تا ۱۳۰Oe+) استفاده شده است. در این حالت سیملوله عمود بر میدان مغناطیسی زمین قرار گرفته تا کمترین تاثیرات را در اندازه‌گیری داشته باشد. در مواد مغناطیسی با به کار بردن میدان مغناطیسی، نفوذپذیری، عمق پوسته و در نهایت مقدار امپدانس تغییر می‌کند. در حالت کلی نسبت این تغییرات به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود که H_{max} بیشینه میدان خارجی اعمال شده به نمونه می‌باشد.

$$\frac{\Delta Z}{Z}=\left\{\frac{|Z(H)|-|Z(H_{max})|}{|Z(H_{max})|}\right\}\times 100 \qquad (۱)$$

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

در شکل ۴ منحنی امپدانس مغناطیسی نوارها پس از بازپخت لیزری رسم و با یکدیگر مقایسه شده است. مقدار امپدانس مغناطیسی در نمونه یک شیار ۵۱ درصد، در نمونه سه شیار ۶۰ درصد و در نمونه پنج شیار ۷۱ درصد و در نمونه هفت شیار ۸۴ درصد اندازه‌گیری شده است. چنانچه در شکل۳ و۴ مشاهده شده است با افزایش تعداد شیارها و به دنبال آن افزایش مدت زمان تابش لیزر، منجر به کاهش مقدار مغناطش اشباع و افزایش چشمگیری در مقدار قله امپدانس مغناطیسی شده است.



شکل ۴ : نمایش منحنی امپدانس مغناطیسی نوارهای مغناطیسی پایه کبالت تحت تابش نور لیزر

در یک نمونه فرومغناطیس نرم، اثر امپدانس مغناطیسی مستقیما از اثر پوسته، افزایش نفوذپذیری، کاهش عمق نفوذ کلاسیکی و افزایش مقدار مقاومت نتیجه می‌شود. همچنین نفوذپذیری موثر در اثر امپدانس مغناطیسی، مربوط به حوزه‌های عرضی می‌باشد[۵]. تابش نور لیزر اگزایمر منجر به افزایش افت و خیزهای داخلی و به وجود آمدن ناهمسانگردی عرضی شده است. با تابش لیزر اگزایمر به نمونه با افزایش فرکانس، عمق پوسته‌ی توزیع جریان کاهش یافته و در نتیجه جریان در یک سطح مقطع کمتری پخش می‌شود، بنابراین مقاومت یا امپدانس مغناطیسی نمونه افزایش می‌یابد. بهینه‌شدن امپدانس مغناطیسی با تابش لیزر اگزایمر نسبت به لیزر نئودیوم یاگ[۴]، ناشی از کاهش طول موج و به دنبال آن افزایش فرکانس و افزایش انرژی و توان لیزر اگزایمر می‌باشد.

جدول ۱: نمایش مشخصات ظاهری نوارها و شیارهای لیزری

نمونه	$Co_{68.5}Fe_4Si_{16.5}B_{11}$
نام نمونه	SA
ضخامت نمونه (μm)	۲۴ ± ۰/۰۱
پهنا نمونه (mm)	۰/۷۱± ۰/۰۱
فاصله دو شکاف (mm)	۰/۳۰ ±۰/۰۱
پهنای هر شکاف (mm)	۰/۰۲ ±۰/۰۰۱

نتیجه‌گیری

تابش نور لیزر بر روی نوار مغناطیسی پایه کبالت با افزایش تعداد شیارها که به دنبال آن بازپخت در مدت زمان بیشتر نمونه تحت تابش لیزر را دربر داشته است، باعث کاهش مغناطیدگی شده و امپدانس مغناطیسی نمونه به شدت افزایش یافته است. حسگرها بر پایه امپدانس مغناطیسی باید مصرف توان پایین، ابعاد کوچک، حساسیت بالا داشته باشند. بنابراین با تابش نور لیزر به نمونه‌ها، حسگرهایی با حساسیت بالاتر خواهیم داشت.

مرجع‌ها

[1] R. S. Beach, A. E. Berkowitz, “Giant magnetic field dependent impedance of amorphous FeCoSiB wire”, Appl. Phys. Lett., Vol. 64, pp. 3652, 1994.
[2] V. E. Makhotkin, B. P. Shurukhin, V. A. Lopatin, P. Yu. Marchukov & Yu. KLevin, “Magnetic field sensors based on amorphous ribbons”, Sensors and Actuators A: Physical, Vol. 27, No. 1-3, pp. 759-762, 1991.
[3] M. H. Phan, H. X Peng, “Giant magnetoimpedance materials: Fundamentals and applications”, Progress in Materials Science, Vol. 53, pp. 323–420, 2008.
[4] S. E. Roozmeh, M. M. Tehranchi, M. Ghanaatshoar, M. Parhizkari, H. Ghomi, H. Latifi, “Magnetoimpedance effect in laser annealed $Co_{68.25}Fe_{4.5}Si_{12.25}B_{15}$ amorphous wire”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 304, pp. e633-e635, 2006.
[5] X. Li, Z. Zhao, C. Chua, H. Seet, & L. Lu, “Enhancement of giant magnetoimpedance effect of electroplated NiFe/Cu composite wires by Dc Joule annealing”, Journal of applied physics, 94(12), pp. 7626-7630, 2003.
[6] Ku. Wanjun, Ge. Fuding, Zhu. Jing , “Effect of magnetic field annealing on the giant magnetoimpedance in FeCuMoSiB ribbons”, Journal of applied physics, 82(10), pp. 5050-5053, 1997.
[7] L. Kraus, M. Malatek, K. Postava, D. Janickovic, “Asymmetric giant magnetoimpedance in stress-field annealed CoFeSiB amorphous ribbons”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 290-291, pp. 1131-3, 2005.
[8] R. Mardani, A. Amirabadizadeh, M. Ghanaatshoar, H. Farsi, “The influence of magnetic field direction and amplitude in direct current-field annealing on the magnetoimpedance of Co-based wires”, J. Supercond. Nov. Magn, Vol. 8, No. 28, pp. 2441- 2446, 2015.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]