بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴ بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

رفتار مگنتو اپتیکی نانو لایه‌های مغناطیسی بر بلور فوتونی بسیار منظم سه بعدی پلیمری

زهرا سادات عزیزی[۱]، محمد مهدی طهرانچی[۱و۲]، سیده مهری حمیدی[۱]، سعید پورمهدیان[۳]

[۱] پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۲] دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

[۳] دانشکده‌ی پلیمر، دانشگاه امیرکبیر

چکیده - در این مقاله، رفتار مغناطیسی مربوط به تنش اعمالی، ناشی از شکل زیرلایه بلورین پلیمری بر نانو لایه‌های فریت بیسموت، فریت کبالت و آلیاژ $Fe_{۸۰}B_{۲۰}$ بررسی شده است. پاسخ مغناطیسی نانو کامپوزیت شدیدا به ساختار زیر لایه و چگونگی لایه نشانی لایه رویی وابسته است. در این میان اثر تنش می‌تواند بر آمده از اختلاف ثابت شبکه‌های زیرلایه با لایه و یا تاثیر پذیری از الگوی سطحی زیرلایه باشد. برای ریشه یابی اثر تنش، لایه دیگری از فریت بیسموت در شرایط یکسان روی شیشه رشد داده شده است. با استفاده از ثبت چرخش فارادی، ارتباط ساختار زیرلایه بلورین پلیمری و تغییرات مغناطیسی حاصل از آن بر لایه فریت بیسموت توصیف شده است. مطالعه چرخش فارادی در نمونه های فریت کبالت و آلیاژ $Fe_{۸۰}B_{۲۰}$ جانشانی شده بر بلور کلوئیدی، نشانگر تاثیر تنش زیرلایه در رفتار مغناطیسی این لایه‌های نازک است.

کلید واژه- بلورکلوئیدی سه بعدی، چرخش فارادی، حسگر مگنتو کشسان، فریت بیسموت، فریت کبالت.

Magneto-optical changes in magnetic thin layers on well-ordered colloidal photonic crystal

Zahra Sadat Azizi[۱], Mohammad Mehdi Tehranchi[۱,۲], Seyedeh Mehri Hamidi[۱],Saeed poormahdian[۱]

Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran
[۲]Departman of physics, Shahid Beheshti University, Tehran

Abstract- Magnetic response of the thin films is strongly correlated to the substrate structure and deposition conditions. Meanwhile, the strain effect can be arising from structural constant difference of the layer and substrate or structural surface shape of the substrate. In this paper, magnetic behavior of strain induced by surface shape of the same polymeric colloidal crystal, on the bismuth ferrite, cobalt ferrite and $Fe_{۸۰}B_{۲۰}$ thin films is studied. Another bismuth ferrite thin film is deposited on glass substrate right the same as colloidal crystal. By employing Faraday rotation measurement set up the relation of structure of colloidal crystal and magnetic changes on bismuth ferrite changes is described. Faraday rotation results of cobalt ferrite and $Fe_{۸۰}B_{۲۰}$ deposited on colloidal crystal, show the substrate effect on magnetic behavior of these thin films.

.

Keywords: Colloidal photonic crystal, Faraday rotation, Magneto striction, Bismuth ferrite, Cobalt ferrite.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]

۱- مقدمه

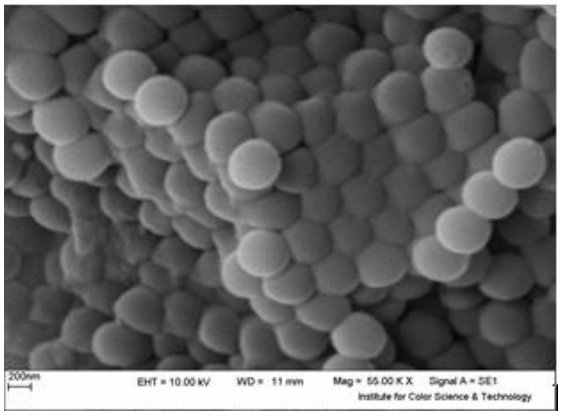
در سال‌های اخیر، طراحی و ساخت ادوات نوری بر پایه‌ی ترکیبات پلیمری به دلیل قابلیت بالای آنها در طراحی و ساخت ابزارهای حسگری و سوئیچها مورد توجه قرار گرفته است[۱]. از جمله این ترکیبات، بلورهای کلوئیدی هستند که از ساختاری منظم در ابعاد طول موج نور (چند صد نانومتری) برخوردار هستند. با به‌کارگیری مواد مغناطیسی در ساختار بلور کلوئیدی می‌توان قابلیت مگنتوفوتونیک و بلوری بودن را در کنارهم داشت. تا کنون کارهایی بر بلورهای مگنتوفوتونیکی یک بعدی [۲] و دو بعدی [۳] گزارش شده است. بلور مگنتوفوتونیکی را با ترکیب آرایش سه بعدی نظم یافته کره های پلیمری و پر کردن فضای بین آن‌ها ساخته‌اند [۴].

از جمله مواد مگنتو فوتونیکی، اکسیدهای بس فرو مانند فریت بیسموت (BFO) و فریت کبالت (CFO) هستند که به دلیل خواص فیزیکی اولیه و قابلیت‌های کاربردی از توجه خاصی برخوردارند. فریت بیسموت با ساختار اسپینی پیچشی در صفحه در دمای اتاق هر دو خاصیت فرو الکتریک و فرو مغناطیسی را داراست[۵-۶] . از سوی دیگر فریت کبالت دارای اثر مگنتو کشسان فوق العاده است، از این رو در لایه‌های نازک از این ماده به عنوان رابط تنش و ناهمسانگردی مغناطیسی در ساخت ادوات برای تغییر مشخص در خواص مغناطیسی آن بهره می-گیرند. آلیاژ های فلزی نیز ضریب مگنتو کشسان به مراتب بزرگتر از اکسیدها دارند.

در این مقاله، به روش لایه نشانی پالس لیزری، روی بستره بلور کلوییدی، که از چینش منظم کره‌های پلیمری در سه بعد تهیه شده‌اند، لایه های نانومتری از BFO، CFO و آلیاژ $Fe_{۲۰}B_{۲۰}$ رشد داده شده است. به منظور اطمینان و مشاهده کمیت و ویژگی‌های ساختاری نمونه ها، طیف بازتاب ساختار و تصویر الکترون روبشی[۱] (FE-SEM) تهیه و گزارش شده است. در ادامه با رویکرد تجربی، وجود اثر تنش بر مغناطش ساختار لایه‌های نازک در دمای اتاق بررسی شده‌است. نتایج وجود اثر تنش زیرلایه CPC طراحی شده بر رفتار مغناطیسی لایه‌های نازک انتخاب شده را به خوبی نشان می‌دهند.

۲- روش ساخت و مشخصه یابی بستره

بلور فوتونی سه بعدی (CPC)، با کره‌های پلی استایرن۲۰۰ نانومتری رشد یافته است (شکل ۱). برای تهیه لایه آرایش یافته و منظم CPC، درصد مشخصی از سوسپانسون کره ها روی شیشه ریخته و خشک شد. برای این منظور، بر شیشه‌ای تمیز داخل ظرف مناسب، میزان تعیین شده‌ای از محلول سوسپانسیون ذرات کلوئیدی پوشانده شد. فرآیند خشک شدن در دمای اتاق (۳۰ درجه) و به مدت چهارده روز انجام شد. ساختار منظم کره ها با تصویر SEM و طیف بازتابی به ترتیب در شکل های ۱ و ۲ مشخصه یابی شده اند.



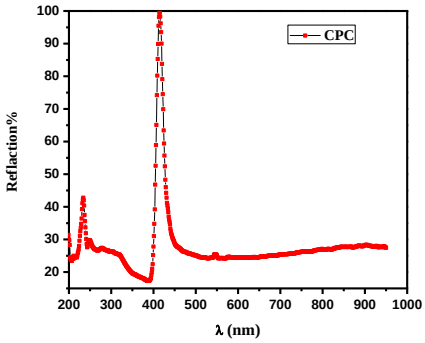
شکل۱- تصویر FE-SEM از نمای بالای بلور فوتونی کلوئیدی.

طیف بازتابی این بلور فوتونی (شکل۲) در زوایای تقریبا عمود (حدود ۵ درجه) نمایانگر آرایش منظم کره‌های ۲۰۰ نانومتری در ساختار بلوری fcc است. طبق رابطه براگ، قله‌های بازتاب مربوط به بازتابش اولیه و ثانویه پراش براگ از ساختار بلور فوتونی به ترتیب در طول موج-های ۴۱۵ نانومتر و ۲۳۳ نانومتر در نمودار طیف بازتابی از CPC ظهور یافته‌اند.

[۱] Field Emission scanning electron microscopy

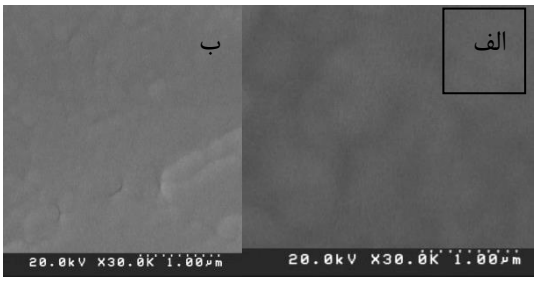
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]



شکل ۲. طیف بازتاب عمودی از نمونه CPC با کره‌های ۲۰۰ نانومتری در تابش عمودی رسم شده است.

با استفاده از سیستم لایه نشانی پالسی (PLD)، لایه‌های بیسموت فریت، کبالت فریت و $Fe_{۸}.B_{۲}$. بر لایه های CPC رشد داده شد. یک لایه از بیسموت فریت روی شیشه برای مقایسه تهیه شده است. پلاسمای ماده در فشار محفظه 4×10^{-7} میلی بار و با انرژی بر پالس هارمونیک سوم لیزر Nd:YAG، ۹ mJ و نرخ تکرار ۱۰ هرتز تشکیل شده اند. فاصله لایه تا هدف ۳ سانتی متر در مورد لایه‌های فریت و ۲ سانتی متر برای هدف $Fe_{۸}.B_{۲}$. تنظیم و در دمای اتاق لایه نشانی شدند. رشد لایه $Fe_{۸}.B_{۲}$. در حضور میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا در راستای صفحه آن انجام شد.

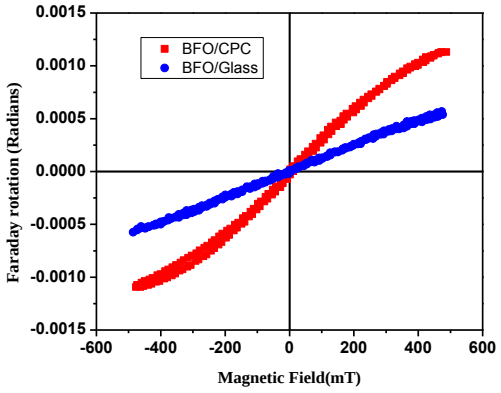


شکل ۳. تصویر FE-SEM از نمای بالای لایه الف) $Fe_{۸}.B_{۲}$. ب) BFO روی CPC.

به منظور شرح پاسخ مغناطیسی نمونه‌های بدست آمده و تحقیق اثر مغناطو تنگش معکوس در آن، چیدمان فارادی با دقت بالا استفاده شد. در این چیدمان با تغییر میدان مغناطیسی DC، تغییر قطبش نور لیزر هلیوم نئون مدوله شده، میزان چرخش فارادی (FR) نمونه سنجیده می-شود. برای اطمینان از صحت نتایج، هر داده حاصل میانگین گیری از حداقل هشت جفت رفت و برگشت در دو دسته اندازه گیری جداگانه است و در تمای آنها اثر زیرلایه حذف شده است.

۳- نتایج و بحث

چرخش فارادی حاصل از خواص مغناطیسی لایه ۸۰ نانومتری BFO بر بستره CPC و شیشه در شکل ۴ مقایسه شده اند. با وجود اینکه هر دو لایه در شرایط یکسان با روش PLD بر روی زیرلایه غیر بلوری تهیه شده اند، نمونه BFO/CPC رشد سریعتری نسبت به دیگری دارد. این رفتار می‌تواند به دلیل اثر تنش حاصل از شکل زیرلایه بلور کلوئیدی توصیف شود. همانطور که در تصاویر FE-SEM آمده (شکل ۳)، لایه‌ها با طرح واره‌ای به شکل زیرلایه تشکیل شده‌اند. لایه BFO سرتاسر و تمام خلل و فرج بین کره ها را پوشانده است. طرح نانو ساختار زیرلایه و تنشی که به واسطه‌ی آن بر لایه رویی اعمال می‌شود قطبش مغناطیسی دیگری ایجاد می‌کند و باعث متلاشی شدن ساختار مارپیچ اسپینی در لایه BFO می‌شود.



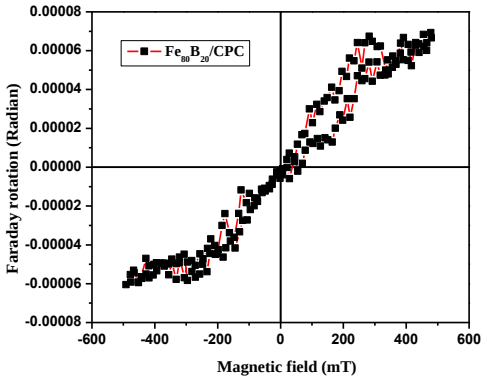
شکل ۴- نمودار تغییرات چرخش فارادی BFO بر روی بلور کلوئیدی (نمودار قرمز) و شیشه (نمودار قرمز) در دمای اتاق است.

با ثبت این پدیده، پاسخ مغناطیسی لایه نازک مگنتو تنگش دیگر با حساسیت بالاتر آن‌ها در اعمال تنش های یکسان مورد بحث قرار گرفته است. اثر زیرلایه CPC در مقدار چرخش فارادی ثبت شده از لایه حدود ۵۰ نانومتری $Fe_{۸}.B_{۲}$. در شکل ۵ نمایش داده شده است. لایه $Fe_{۸}.B_{۲}$./CPC دارای خاصیت مگنتو کشسان بزرگی است. اما از آنجایی که پاسخ مگنتواپتیک در آن بسیار ضعیف است، مقدار بیشینه‌ی چرخش در این نمونه به در میدان ۴۸۰ میلی تسلا نسبت به BFO/CPC در همین ساختار حدود ۱۶ برابر کوچکتر است. میدان اشباع

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

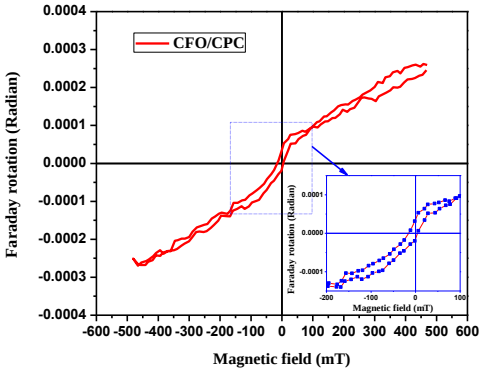
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]

در نمونه $Fe_{۸}.B_{۲}./CPC$ برابر با ۲۹۰ میلی تسلا و میزان چرخش ۰،۰۰۴ درجه است.



شکل۵ - نمودار تغییرات شدت FR در دمای اتاق از نمونه $Fe_{۸}.B_{۲}./CPC$

در شکل ۶ نمودار تغییرات مربوط به لایه فریت کبالت بر بلور فوتونی کلوئیدی را شاهد هستیم. نمودار پسماند فریت کبالت دارای میدان بازگرداننده ۱۱ میلی تسلا بوده و در میدان ۹۸ میلی تسلا به اشباع می‌رسد. اما پس از اشباع یک رفتار پارامغناطیس همچنان وجود دارد.



شکل ۶- نمودار تغییرات شدت FR در دمای اتاق از نمونه CFO/CPC.

وجود این رفتار پارامغناطیس بعد از نقطه‌ی اشباع می‌تواند به دلیل وجود دو نوع آرایش پرشدگی CFO در فضای خالی بین کلوئیدهای زیر لایه و لایه نازک تشکیل شده بر روی آنها باشد.

۴- نتیجه‌گیری

به دلیل وجود سطح موثر بیشتر در بستره‌ی بلورهای کلوئیدی، اعمال تنش بیشتر بر لایه نازک‌های جانشانی شده روی این بستره امکان پذیر است. تغییر رفتار مغناطیسی لایه نازک های بیسموت فریت، کبالت فریت و آلیاژ $Fe_{۸}.B_{۲}.$ توسط ثبت تغییرات قطبش در چیدمان فارادی بدست آمده است. لایه فریت کبالت مناسب ترین گزینه برای بررسی اثر تنش ساختاری است. در آینده با بهرگیری و مهندسی ساختار این بلور مگنتو فوتونی پلیمری، امکان ساخت حسگر فشار و تنش با تغییرات مغناطیسی فراهم می‌شود.

مراجع

[۱] Lodaht, P. (۲۰۰٤),“ Controlling the dynamic of spontaneous emission from quantum dot by photonic crystal,” Nature, ٤۳۰, pp. ٦٥٤- ٦٥٨.
[۲] Katoa, H. and Inoue, M. (۲۰۰۲) “Magnetization-Induced Second Harmonic Generation in Magnetophotonic Microcavities Based on Ferrite Garnets”, Journal of Applied Physics, ۹۱, pp. ۷۱۱۷-۷۱۲۲.
[۳] Ikezawa, Y. Nishimura, K. Uchida, H. and Inoue, M. (۲۰۰٤)” Two-dimensional magneto-photonic crystals of bismuth substitute yttrium iron garnet materials,” Journal of Magnetism and Magnetic Materials, ۱٦۹٤, pp. ۲۲۷- ۲۷٦.
[٤] Ivanov, M. Valdner, V. Mishina, E. vanEtteger, A. and Rasing, Th. (۲۰۰۹) “Magnetophotonic properties of inverse magneticmetal opals”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, ۳۲۱, pp. ۸۳۳–۸۳٥.
[٥] Tehranchi, M. Kubrakov, N. and Zvezdivn, A. K. (۱۹۹۷) “Spin-Flop and incommensurate structures in magnetic ferroelectrics”, Ferroelecfrrcs, ۲۰٤, pp. ۱۸۱- ۱۸۸.
٦. عزیزی، زهرا سادات. طهرانچی، محمد مهدی. حمیدی، سیده مهری، مجموعه مقالات بیست و دومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و هشتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، ۱۳۹۴.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-08]