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

# نانوکامپوزیت پلیمری شامل نانوسیم های مغناطیسی چند لایه ای نیکل/ کبالت پوشانده شده با نانوذرات طلا به عنوان حسگر میدان مغناطیسی

بابک موسایی[۱]، حسین نوروزی[۱]، معصومه امینی[۱]، فوزیه سهرابی[۱] و سیده مهری حمیدی[۱]

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

**چکیده - نانوسیم های مغناطیسی به دلیل حساسیت بالایی که به تغییر مقدار و جهت میدان مغناطیسی دارند به عنوان حسگر میدان مغناطیسی مورد استفاده قرار گرفته اند. به این منظور نانوسیم های چند لایه ای نیکل کبالت با استفاده از روش الکتروشیمیایی تولید شده و پس از تشکیل نانوکامپوزیت پلیمری شفاف مورد سنجه بیضی سنجی پلاسمونی در قدرت های میدان مختلف قرار گرفتند. نتایج حاصل از اندازه گیری نشان دهنده توانایی تشخیص قدرت میدان مغناطیسی با استفاده از کمیت بیضی سنجی پلاسمونی است. همچنین نانوسیمهای پوشانده شده با طلا نیز با استفاده از جابجایی طیفی در پاسخ بیضی سنجی، توانایی خود را در تشخیص قدرت میدان خارجی به اثبات رسانده اند.**

کلید واژه-نانوسیم های چند لایه ای، بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی، حسگر میدان مغناطیسی.

# Polymeric nano-composite contains of gold coated multilayer Ni/Co nanowires as a magnetic field sensor

Babak Mosaei, Hosein Norouzi, Masomeh Amini, Foozieh Sohrabi, Seyedeh Mehri Hamidi

Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Abstract- magnetic nanowires because their sensitivity to the amount and direction of external magnetic field has been used as a magnetic field sensor. For this reason we prepare magnetic nanowires by electrochemical method and after align them in poly-dimethylsiloxane matrix, we characterize the samples in magento-plasmonic ellipsometry experimental setup. our results show the good sensitivity of ellipsometry parameter to the external magnetic field strength. Also gold coated nanowires show the magnetic field sensor ability by spectral shift in the ellipticity parameter.

Keywords: Multilayer nanowires, magnetoplasmonic ellipsometry, magnetic field sensor.

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04 ]



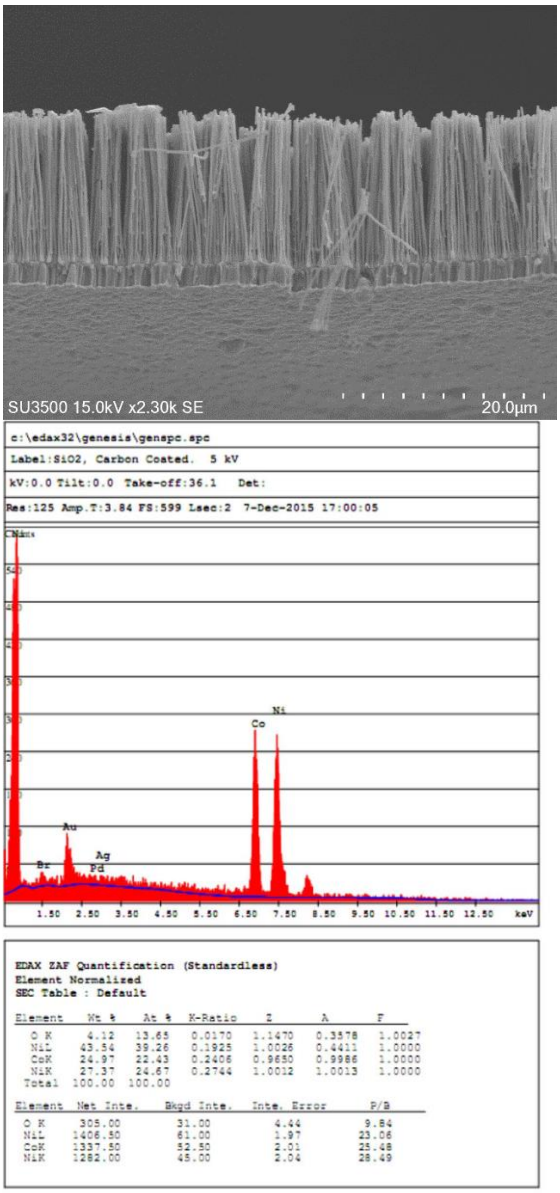
این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

## ۱- مقدمه

نانوسیم ها در مقایسه با ذرات کروی دارای ناهمسانگردی شکلی هستند و قابلیت کنترل ترکیبات گوناگون در امتداد طولی آنها وجود دارد. نانوسیم های فرومغناطیس خواص تک محوری و تنظیم پذیر دارند که با مواد فرومغناطیس توده ای و فیلم های نازک و ذرات کروی متفاوت است. همچنین می-توان نانوسیم ها را از یک یا چند عنصر به صورت مغناطیسی و یا آلیاژی تهیه نمود. در ساخت این ترکیبات، امکان ساخت تک جزئی و چند جزئی وجود دارد. خواص مغناطیسی همچون راستای محور آسان مغناطش، دمای کوری، میدان اشباع، مغناطش اشباع، مغناطش پسماند با تغییر قطر، ترکیبات، ضخامت لایه ها در نانوسیم های چندگانه فرومغناطیس قابل کنترل هستند [۱-۳]. به دلیل این حساسیت در نانوسیم ها، می توان از آنها به عنوان حسگر میدان مغناطیسی استفاده نمود. اما بهره گیری از این نانوسیم ها به عنوان حسگر میدان مغناطیسی در چیدمان های اپتیکی، نیاز به جانشانی این هسته حسگر در ترکیبات شفاف دارد. به همین دلیل ایده استفاده از نانوسیم ها در پلیمر شفاف پلی دی متیل سیلکسان مطرح گردید [۴]. در این گزارش نیز از این ترکیبات شفاف بهره برده شده و پس از تولید نانوسیم های مغناطیسی چند لایه ای، از آن ها به عنوان حسگر میدان مغناطیسی در محدوده مرئی استفاده می شود.

## ۲- ساختار حسگر پیشنهادی

قالب آلومینای مورد استفاده برای تولید نانوسیم ها، قالب های واتمن بوده که ضخامت قالب ۶۰ میکرومتر و میانگین قطر حفره ها ۱۰۰ نانومتر و فاکتور پر شدگی آنها برابر ۴۰٪ می باشد. یک طرف قالب را با لایه نشانی کروم(۲۰ نانومتر)، مس(۸۰۰ نانومتر) و طلا (۲۰۰ نانومتر) مسدود می کنیم تا از آن به عنوان کاتد بهره بگیریم. نانوسیم های چند لایه ای کبالت / نیکل به روش الکترو انباشت شیمیایی درون دایره ای به قطر ۶ میلیمتر با استفاده از محلول انباشت با pH=3.5 متشکل از سولفات کبالت هفت آبه(۳۰۰ گرم بر لیتر)، اسید بوریک(۴۵گرم برلیتر) رشد داده شدند. ولتاژ اعمالی برای الکترونباشت شیمیایی ۲- ولت در دمای اتاق می باشد. نانوسیم های چند لایه ای نیکل/ کبالت به صورت چهار لایه با ابعاد یکسان تولید شده و مورد سنجش عنصری و اندازه گیری میکروسکوپ الکترونی قرار گرفتند که می توان در شکل ۱ تصویر میکروسکوپ الکترونی و آنالیز عنصری از نانوسیم ها که نشان دهنده ترکیب ۵۰ به ۵۰ درصد نیکل و کبالت در نانوسیم چهار لایه ای Ni/Co است را مشاهده نمود.




شکل ۱: تصویر میکروسکوپ الکترونی و آنالیز عنصری نانوسیم های نیکل/کبالت چهار لایه ای.

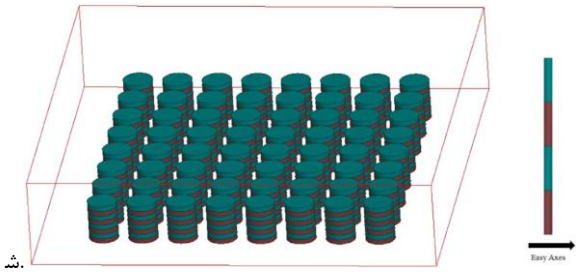
برای اطمینان از روند انباشت و بررسی نانوسیم-ها تصویر برداری از آن-ها ضروری می-نمود. به همین منظور مجبور به رها سازی نانوسیم-ها بودیم. برای این کار، ابتدا باید کروم، مس وطلای لایه نشانی شده پشت قالب را حذف



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

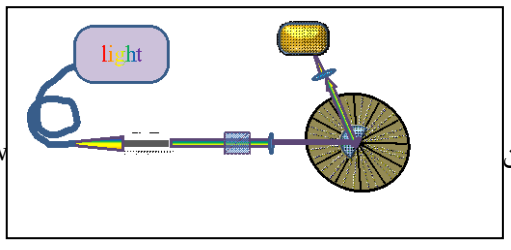
[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04 ]

می-کردیم. برای حذف طلا، قالب را به مدت ۳-۶ دقیقه در داخل محلول KI قرار دادیم. سپس نوبت به حذف مس می-رسد که بهترین گزینه برای حذف آن با سرعت پایین خورنده-۱ای به-نام ASP-100 است. سرعت این خورنده برای حذف مس تقریبا در بازه-ی ۸-۱۶ نانومتر برثانیه است. بعد از حذف طلا، قالب را به مدت ۳-۶ دقیقه در داخل ASP-100 قرار می-دهیم. لازم به ذکر است که این خورنده لایه کروم را نیز حذف می-کند، چون ضخامت کروم بسیار ناچیز است. بعد از حذف شدن مس و کروم نوبت به حذف خود قالب آنودایز آلومینیوم اکسید می-رسد. برای حذف قالب از محلول سود ۶ مولار استفاده می-کنیم. بطوری-که قالب را در داخل ویال قرار داده و سود را به آن اضافه می کنیم بعد از ۲-۳ دقیقه اولین نشانه های حل شدن قالب دیده می شود. برای تکمیل فرایند ۸-۹ دقیقه زمان لازم است. بعد از رهاشدن کامل نانوسیم ها به آرامی محلول سود را خارج نموده و با درصد حجمی معینی وارد پلیمر دی متیل سیلوکسان نموده و در حضور میدان مغناطیسی خارجی ترکیب نانوکامپوزیت شفافی از ترکیب نانوسیم های به خط شده به صورت شکل ۲ تشکیل گردید.




کل ۲: طرحواره نانوسیم های به خط شده و رها سازی شده در پلی دی متیل سیلوکسان.

در نهایت نمونه آماده شده را در نمک طلا چهار آبه رها سازی نموده و پس از تشکیل نانوذرات در ترکیب نانوکامپوزیتی جدید، نمونه ها را در چیدمان اندازه گیری بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی قرار دادیم (شکل ۳). در این چیدمان، نمونه ها تحت تاثیر میدان های مغناطیسی خارجی به قدرت های ۵۵/۱ میلی تسلا و ۲/۶۳ میلی تسلا به عنوان میدان های قوی و ضعیف قرار گرفته و در بازه طیفی مرئی بیضی سنجی گردیدند.




شکل ۳: طرحواره چیدمان بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی شامل منبع نوری، قطبشگر کلن تیلور، نمونه و طیف سنج.

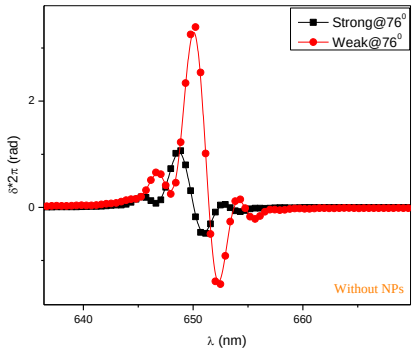
جهت استخراج مقادیر بیضی سنجی، از روابط کرامرز کرونیگ بهره جستیم و با کمک فاز ضریب بازتاب به صورت رابطه زیر:

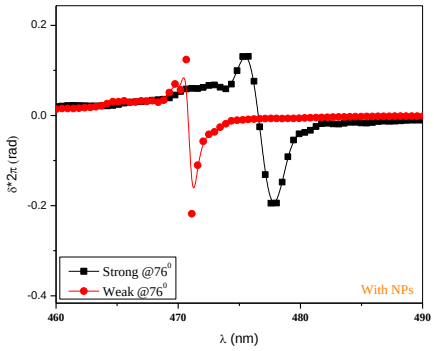
$$\theta_{s,p}(\omega) = -\frac{2\omega}{\pi} \boldsymbol{P} \int_0^{\infty} \frac{Ln\left[\sqrt{R_{s,p}(\omega')}\right]}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' + \theta_0 \quad (1)$$

کمیت های بیضی سنجی موثر نمونه ها در حضور و عدم حضور نانوذرات طلا را استخراج نمودیم [۵].

## ۳- نتایج

نمونه های شفاف تولید شده در حضور و عدم حضور نانوذرات طلا مورد سنجش بیضی سنجی پلاسمونی قرار گرفتند و نتایج حاصل از این اندازه گیری ها در دو میدان بالا و پایین به صورت ضریب بیضی سنجی موثر به صورت شکل های ۴ در آمدند.



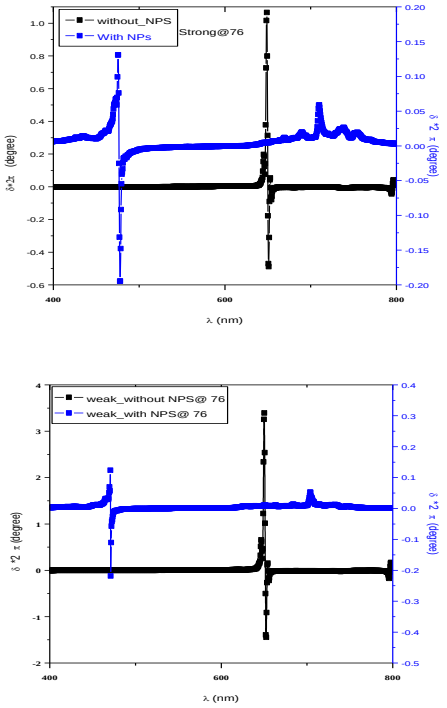






[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04 ]

شکل ۴: طیف تغییرات ضریب بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی نمونه شامل ۴ لایه نیکل/ کبالت در هندسه عمود.

همچنانکه از نمودار تغییرات بر می آید، در نمونه شامل نانوسیم چهار لایه ای، اختلاف بین ضریب بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی در دو حد میدان ضعیف و قوی با حفظ شکل شبه فانو، زیاد است که نشان دهنده حساسیت بالای نمونه ها در هندسه عمود به دلیل غالب بودن سهم ناهمسانگردی شکلی می باشد. از سوی دیگر جابجایی طول موجی ایجاد شده در دو حد میدان در نمونه بدون نانوذرات طلا کمتر است.




شکل ۵: طیف تغییرات ضریب بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی نمونه شامل ۴ لایه نیکل/ کبالت در هندسه عمود و در دو میدان قوی و ضعیف در حضور و عدم حضور نانوذرات طلا.

در شکل ۵ می توان تغییرات پاسخ بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی در نمونه ها را به ازای ورود نانوذرات طلا در کامپوزیت اولیه به صورت جابجایی آبی به اندازه تقریباً ۲۰۰ نانومتری ملاحظه کرد. در واقع ورود نانوذرات به نمونه، لیزر مورد نیاز جهت ثبت داده را تعویض می کند که می تواند نقطه قوتی برای ایده ورود نانوذرات باشد. چرا که با یک گام و بدون نیاز به هیچ عامل اضافه ای، از کاهنده موجود در ترکیب پلیمری استفاده شده و ترکیب جدیدی با توجه به منبع نوری موجود می توان پیشنهاد داد.

## ۴- نتیجه‌گیری

دراین گزارش، نانوکامپوزیت پلیمری شامل نانوسیم های مغناطیسی چهار لایه ای نیکل/ کبالت آماده شده و به عنوان حسگر میدان مغناطیسی در چیدمان بیضی سنجی مگنتوپلاسمونی مورد سنجه قرار گرفته است. نتایج حاصل از اندازه گیریها نشان دهنده توانایی تشخیص قدرت میدان مغناطیسی نمونه شامل نانوسیم های مغناطیسی با افزایش قدرت سیگنال بیضی سنجی پلاسمونی با کاهش قدرت میدان است. همچنین ورود نانوذرات طلا در ساختار، توانایی تشخیص قدرت میدان با استفاده از جابجایی طول موجی را فراهم می نماید. میزان حساسیت این ترکیبات نوظهور در زمینه سنجه میدان مغناطیسی، با توجه به عرض باند در نصف بیشینه سیگنال ها قابل مقایسه خواهد بود.

## مراجع

[1] H. Zeng, R. Skomski, L. Menon, Y. Liu, S. Bandyopadhyay, D. Sellmyer, J. Phys. Rev. B 65 (2002) 134426.
[2] M. Tian, J. Wang, J. Kurtz, T.E. Mallouk, M.H.W. Chan, Nano Lett. 3 (2003) 919.
[3] D.J. Sellmyer, M. Zheng, R.J. Skomski, J. Phys. Condens. Matter 13 (2001) R433.
[4] S. M. Hamidi, A. Sobhani, A. Aftabi, M. Najafi, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 374 (2015) 139.
[5] F. Sohrabi, S. M. Hamidi, Submitted in Langmuir, 2017.



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

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-04 ]