



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



ساخت تراشه پلاسمونی دوبعدی مبتنی بر زیرلایه‌ی زیست سازگار ابریشم

فوزیه سهرابی^۱، محسن کیاپی^۱، علیرضا موسیوند^۱، نیلوفر بابانژاد^۲، محمدرضا نبید^۲ و سیده مهری حمیدی^{۱*}

^۱پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، بلوار دانشجو، ۱۹۸۳۹۶۹۴۱۱
^۲دانشکده علوم شیمی و نفت، دانشگاه شهید بهشتی، بلوار دانشجو، ۱۹۸۳۹۶۹۴۱۱

f_sohrabi@sbu.ac.ir, mohsen.kiaei@outlook.com
moossivand@gmail.com, *m_hamidi@sbu.ac.ir

چکیده - ابریشم از ادوار کهن به عنوان پارچه ای گرانبها شناخته شده است حال آنکه خواص مکانیکی و اپتیکی آن در سالهای اخیر توجه دانشمندان را به خود جلب کرده و منجر به ظهور محصولات برگرفته از آن نظیر میکروکره ها، هیدروژل ها، لوله ها و ... شده است. در این مقاله نخست به روش استخراج محلول شفاف ابریشم در چند مرحله پرداخته و سپس لایه نازک ابریشم با قابلیت استفاده به عنوان بستره پلاسمونی پیشنهاد شده است. پاسخ دورنگی دایروی محلول ابریشم ثبت شده نشاندهنده‌ی این است که این محلول حساسیت قابل توجهی به قطبش دایروی راستگرد و چپگرد داشته و لایه نازک ابریشمی برگرفته از آن دارای پتانسیل قابل توجهی در حسگری دورنگی - پلاسمونیک است. با توجه به خواص اپتیکی آن، لایه ابریشمی با استفاده از لیتوگرافی نرم طرح‌دارگردیده و بر روی آن طلا کندوپاش گردید و تراشه حسگری دوبعدی پلاسمونی زیست سازگار با پتانسیل کاربری پزشکی همچون نوروپلاسمونیک ساخته شد. کلید واژه - ابریشم، لایه نازک، بستره پلاسمونی، حسگر.

Fabrication of 2D Plasmonic Chip based on Biocompatible Silk Substrate

Foozieh Sohrabi¹, Mohsen Kiaei¹, Alireza Mosivand¹, Niloofar Babanejad², Mohammad Reza Nabid², Seyedeh Mehri Hamidi^{1*}

f_sohrabi@sbu.ac.ir, mohsen.kiaei@outlook.com
moossivand@gmail.com, *m_hamidi@sbu.ac.ir

¹Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran 1983969411

²Faculty of Chemistry & Petroleum Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran 1983969411

Abstract- From ancient time, silk was known as a luxury fabric, however, its outstanding mechanical and optical properties have attracted the scientists in recent years, which led to numerous extracted products like microspheres, hydrogels, tubes, etc. In this paper, first we explained our experimental method in extracting the biocompatible silk solution in several steps and then the silk thin film was suggested as a plasmonic substrate. Circular dichroism (CD) response of silk solution was recorded which has shown a considerable CD signal with high sensitivity to right- and left-hand circularly-polarized incident light. This outstanding property has a significant potential in CD plasmonic sensing. Regarding its optical properties, the silk film was patterned using soft lithography technique and a thin layer of gold was sputtered on its top surface. Our 2D plasmonic sensor with potential medical application like neuroplasmonic was fabricated.

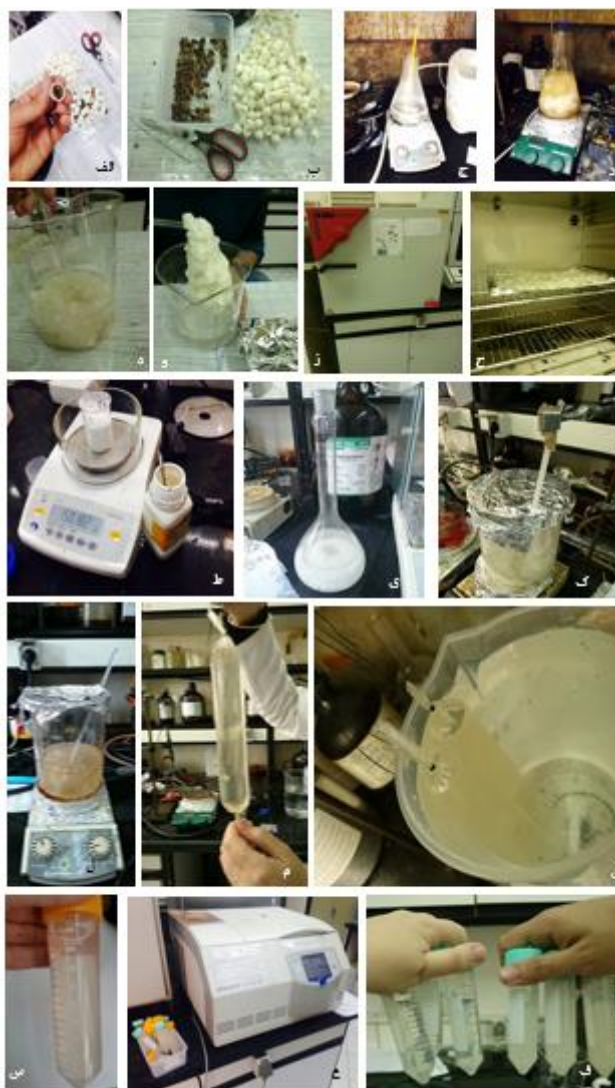
Keywords: Silk, Thin film, Plasmonic substrate, Sensor.

مقدمه

تاریخچه‌ی استفاده از ابریشم به قرن ۲۷ پیش از میلاد در چین برمیگردد. در نیمه دوم هزاره‌ی اول پیش از میلاد مسیح، جاده ابریشم ایجاد گردید و ابریشم به سایر نقاط جهان برده شد. منابع تولیدکننده ابریشم علاوه بر پيله کرم ابریشم، عنکبوت‌ها، جیرجیرک‌ها و برخی گونه‌ها از ماهیان، زنبورها و مورچه‌ها می‌باشند. در دهه اخیر دانشمندان ساختار ابریشم را از دیدگاه علمی مورد بررسی قرار داده و متوجه شده‌اند که این ماده علاوه بر کاربری در صنعت بافت به عنوان الیافی گرانقدر، خواص مکانیکی، فیزیکی و اپتیکی منحصر به فردی را داراست. محصولات متعددی از ابریشم برگرفته از محلول آبی و یا ارگانیک آن استخراج شده است که می‌توان به محلول ابریشم، لوله، میکروکره‌ها، فیبر، هیدروژل و اسفنج ابریشمی اشاره کرد [۱]. محصولات منتج از ابریشم به لحاظ مکانیکی می‌توانند انعطاف پذیر باشند و استحکام کششی و مدول یانگ و برشی قابل توجهی داشته باشند. همچنین برخی از محصولات آن به دلیل تخلخل‌های ساختاری قابلیت نفوذ/جذب بالای گاز یا محلول را دارا هستند و خاصیت خودتخریب‌پذیری را بسته به پروتکل تهیه محصول دارد. از نظر اپتیکی، محصولات منتج از ابریشم قابلیت ۹۵ درصد شفافیت در محدوده‌ی مرئی را دارا هستند. این مزایا محصولات ابریشم را به یک گزینه مناسب برای کاربری‌های پزشکی، برای مثال انتقال دارو (درمان سرطان با کنترل میزان رهایش دارو، آنتی بیوتیک‌های پوششی بر روی پوست) و ساخت داربست‌های بافت با خاصیت ضدباکتریایی تبدیل کرده‌است. با انجام آزمایشات، زیست‌سازگاری (عدم ایجاد حساسیت، تورم و لخته) این محصولات به اثبات رسیده است [۲]. در این مقاله به ساخت محلول ابریشم و تراشه پلاسمونی با هدف کاربری حسگری می‌پردازیم.

روش تهیه محلول ابریشم و تراشه پلاسمونی حسگری

در گام نخست، پيله های کرم ابریشم را با استفاده از قیچی به دو نیم تقسیم کرده و حشرات خشک شده را با استفاده از پنس از داخل آن خارج می‌کنیم. درون پيله‌ها را تا حد امکان تمیز می‌کنیم. مجموع پيله‌ها دارای وزن ۲۴/۶ گرم بوده است. برای جداسازی ماده زیست ناسازگار ابریشم، سیرسین Sericin، که حالت چسبناک داشته و نقش نگهدارنده‌ی فیبروئین ابریشم را دارد، نیازمند انجام چندین مرحله هستیم. نخست پيله‌ها را در محلول Na_2CO_3 با غلظت ۰/۰۲ مولار می‌جوشانیم. برای تولید این محلول، ۲۱۲ گرم پودر Na_2CO_3 را در یک لیتر آب دوباریونیزه حل می‌کنیم و بر روی هیتر قرار می‌دهیم تا به دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس برسد و در داخل آب کاملاً حل شود. پس از حل شدن پودر، پيله‌های تمیز را به محلول اضافه می‌کنیم. پس از رسیدن دمای محلول حاوی پيله‌ها به ۱۰۰ درجه سلسیوس، زمان ۳۰ دقیقه‌ای فرصت می‌دهیم. سپس پيله‌ها را سه بار با آب دوباریونیزه در بشر حاوی همزن مغناطیسی به مدت ۲۰ دقیقه می‌شوریم. سپس آب آن‌ها را می‌گیریم. سپس تارهای ابریشمی را روی فویل آلومینیومی باز می‌کنیم و در داخل کوره با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به مدت ۹۶ ساعت می‌گذاریم. با در نظر گرفتن ۱۹/۹۶ گرم وزن ابریشم خشک شده، برای درست کردن محلول LiBr با غلظت ۹/۳ مولار مقدار ۴۰۳/۸۰۷ گرم از پودر LiBr مورد نیاز است. سپس ابریشم‌های خشک شده را داخل این محلول می‌ریزیم و محلول حاوی ابریشم را به مدت سه روز در دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار می‌دهیم. در مرحله‌ی بعدی محلول به دست آمده را دیالیز می‌کنیم. محلول به دست آمده را در داخل کیسه‌های دیالیز می‌ریزیم و پروسه دیالیز را به مدت ۴۸ ساعت و با شش بار تعویض آب بیرونی محیط دیالیز انجام می‌دهیم (شکل ۱).



شکل ۱. تهیه محلول ابریشم به ترتیب انجام.

همراه با ظرف جداگانه آب دوباریونیزه جهت مرطوب نگه داشتن لایه قرار می‌دهیم. لایه نازک ابریشم مطابق با شکل ۲ تشکیل می‌شود. بر روی این لایه نازک می‌توان لایه نازک طلا لایه نشانی کرده و به عنوان بسترخ زیست سازگار و انعطاف پذیر مورد استفاده قرار داد. برای بررسی اپتیکی محلول ابریشم، چینش اپتیکی دورنگی با استفاده از منشور فرنل، تحلیلگر (آنالیزور) و قطبشگر چیده شد. محلول داخل نگهدارنده نشان داده شده در شکل ۲ ریخته شده، و طیف عبور آن برای نور دایروی راستگرد و چپگرد دایروی ثبت گردید. سیگنال دورنگی پاسخ اپتیکی برای نور فرودی راستگرد و چپگرد به دست آمد. بیشینه ی قدر مطلق این

محلول دیالیز شده را دو بار تحت چرخش 7000rpm به مدت هر بار به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس می‌پردازیم. پس از سانترفیوژ محلول ابریشم شفاف با رسوبهای ته نشین شده به دست می‌آید. از ایرادات وارده بر ابریشم سختی پروتکل تولید فیلم لایه نازک از آن است.

بحث و نتایج

پس از تهیه محلول ابریشم زیست سازگار، برای تهیه لایه نازک از آن، محلول را بر روی پتری دیش با حجم مورد دلخواه ریخته و به مدت ۳ شبانه روز در داخل دسیکاتور

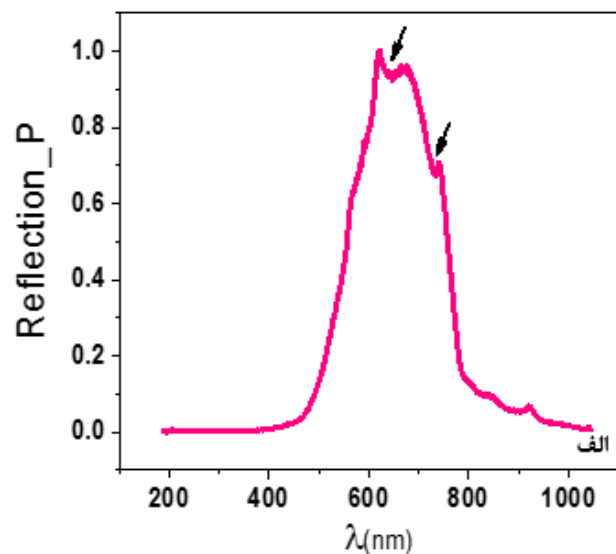
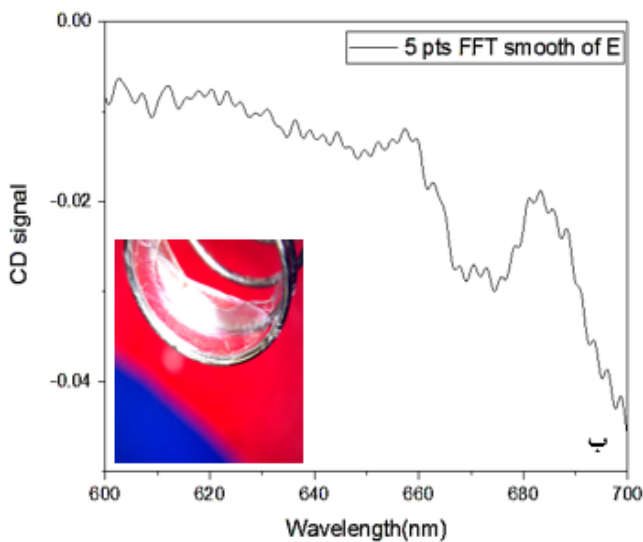
نتیجه گیری

در این مقاله، روش تولید محلول ابریشم به عنوان یک ماده با خواص اپتیکی قابل توجه به صورت تجربی نشان داده شده است. از محصولات این محلول توانستیم لایه نازک ابریشم تولید کنیم و با استفاده از روش لیتوگرافی نرم آن را به صورت دوبعدی طرحدار نمائیم. سپس بر روی آن ۳۰ نانومتر طلا کندوپاش کنیم تا تراشه پلاسمونی زیست سازگار ما ساخته شود. از این تراشه می توان به عنوان بستره‌ی پلاسمونی برای کاربری حسگری پزشکی همچون نوروپلاسمونیک بهره برد.

مراجع

- [1] Lee, M. et al. (2015). "A Highly Tunable and Fully Biocompatible Silk Nanoplasmonic Optical Sensor." *Nano Letters* 15(5): 3358-3363
- [2] Altman, G. H. et al. (2003). "Silk-based biomaterials." *Biomaterials* 24(3): 401-416.
- [3] Sohrabi, F. and S. M. Hamidi (2017). "Optical detection of brain activity using plasmonic ellipsometry technique." *Sensors and Actuators B: Chemical* 251: 153-163.

سیگنال برابر با ۰/۰۵ است که نشان دهنده خاصیت دورنگی محلول ابریشم به دست آمده است. لذا می توان از این بستره حساس اپتیکی برای کاربردهای حسگری بالاخص کاربردهای پزشکی مانند نوروپلاسمونیک بهره برد [۳]. بدین منظور بر روی زیرلایه طرحدار شده دوبعدی ابریشم ۳۰ نانومتر طلا کندوپاش گردید و تراشه پلاسمونی دوبعدی (به علت تناوب در دو جهت) ساخته شد. طلا به علت طرحدار بودن زیرلایه ابریشم طرح می‌گیرد. بستره ابریشم خودخاصیت دورنگی داشته و طلای پوششی پلاسمون‌های سطحی را به همراه دارد. به عبارتی دیگر، تزویج این دو پدیده، موجب افزایش حساسیت سیستم می‌گردد. چینش اپتیکی برای ثبت پاسخ پلاسمونی، چینش بازتابی است و نور فرودی بعد از خروج از قطبشگر، با قطبش P بر روی نمونه فرود می‌آید و بازتاب آن ثبت می‌گردد. طیف بازتاب این تراشه پلاسمونی در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲. تهیه تراشه پلاسمونی دو بعدی ابریشم. (الف) ثبت بازتاب تراشه پلاسمونی دوبعدی ابریشم با ۳۰ نانومتر طلا تحت زاویه فرود ۶۰ درجه. (ب) ثبت پاسخ دورنگی محلول ابریشم. شکل کوچک لایه نازک ابریشم تولیدی را نشان می‌دهد.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت ستاد راهبری توسعه علوم و فناوری های شناختی (تحت شماره گرنت ۲۳۰۲) انجام شده است.