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 کیایی[۱]، علیرضا موسیوند[۱]، نیلوفر بابانژاد[۲]، محمدرضا نبید[۲] و سیده مهری حمیدی*[۱]

[۱]پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی، بلوار دانشجو، ۱۹۸۳۹۶۹۴۱۱
[۲]دانشکده 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، لوله‌ها 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. باتوجه 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 Sohrabi[1], Mohsen Kiaei[1], Alireza Mosivand[1], Niloofar Babanejad[2], Mohammad Reza Nabid[2], Seyedeh Mehri Hamidi[1*]

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

[1]Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran 1983969411
[2]Faculty 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.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]

مقدمه

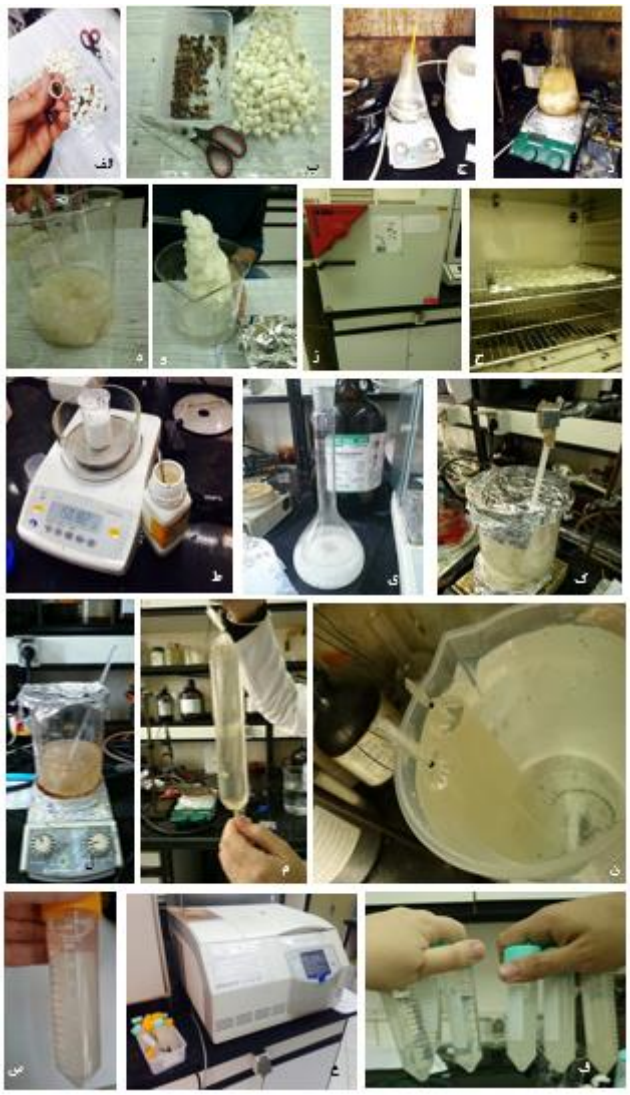
تاریخچه‌ی استفاده از ابریشم به قرن ۲۷ پیش از میلاد در چین برمیگردد. در نیمه دوم هزاره‌ی اول پیش از میلادمسیح، جاده ابریشم ایجاد گردید و ابریشم به سایر نقاط جهان برده شد.منابع تولیدکننده ابریشم علاوه بر پیله کرم ابریشم، عنکبوت‌ها، جیرجیرکها وبرخی گونه از ماهیان، زنبورها و مورچه ها می باشند. در دهه اخیر دانشمندان ساختار ابریشم را ازدیدگاه علمی مورد بررسی قرار داده ومتوجه 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 می توان به محلول ابریشم، لوله، میکروکره‌ها، فیبر، هیدروژل و اسفنج ابریشمی اشاره کرد [۱]. محصولات منتج از ابریشم به لحاظ مکانیکی می توانند 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 خودتخریب¬پذیری 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 بیوتیک های پوششی بر روی پوست) و ساخت داربست‌های بافت با خاصیت ضدباکتریایی تبدیل کرده‌است. با انجام آزمایشات، زیست سازگاری (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 می پردازیم.

روش تهیه محلول ابریشم و تراشه پلاسمونی حسگری

در گام نخست، پیله 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 می کنیم. درون پیله ها را تا حد امکان تمیز می‌کنیم. مجموع پیله ها دارای وزن ۲۴/۶گرم بوده است. برای جداسازی ماده زیست ناسازگار ابریشم، سریسین Sericin، که حالت چسبناک داشته و نقش نگهدارنده ی فیبروئین ابریشم را دارد، نیازمند انجام چندین مرحله هستیم. نخست پیله ها را در محلول Na_2CO_3 با غلظت ۰/۰۲ مولار می جوشانیم. 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 کاملا حل شود. پس از حل شدن پودر، پیله های تمیز رابه محلول اضافه میکنیم. پس از رسیدن دمای محلول حاوی پیله ها به ۱۰۰ درجه سلسیوس، زمان ۳۰ دقیقه ای فرصت میدهیم. سپس پیله ها را سه بار با آب دوبار یونیزه در بشر حاوی همزن مغناطیسی به مدت ۲۰ دقیقه می شوریم. سپس آب آن ها را می گیریم. سپس تارهای ابریشمی را روی فویل آلمینیومی باز میکنیم و در داخل کوره با دمای ۴۰ درجه سلیسیوس به مدت ۹۶ ساعت می گذاریم. با در نظر گرفتن ۱۹/۹۶گرم وزن ابریشم خشک شده، برای درست کردن محلول LiBr با غلظت ۹/۳مولار 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 کیسه های دیالیز می ریزیم و پروسه دیالیز را به مدت ۴۸ ساعت و با شش بار تعویض آب بیرونی محیط دیالیز انجام می دهیم (شکل ۱).

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]



شکل ۱. تهیه محلول ابریشم به ترتیب انجام.

محلول دیالیز شده را دو بار تحت چرخش ۷۰۰۰rpm به مدت هر بار به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس می پردازیم. پس از سانترفیوژ محلول ابریشم شفاف با رسوبهای ته نشین شده به دست می آید. 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 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 می توان 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 مطلقی این

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]

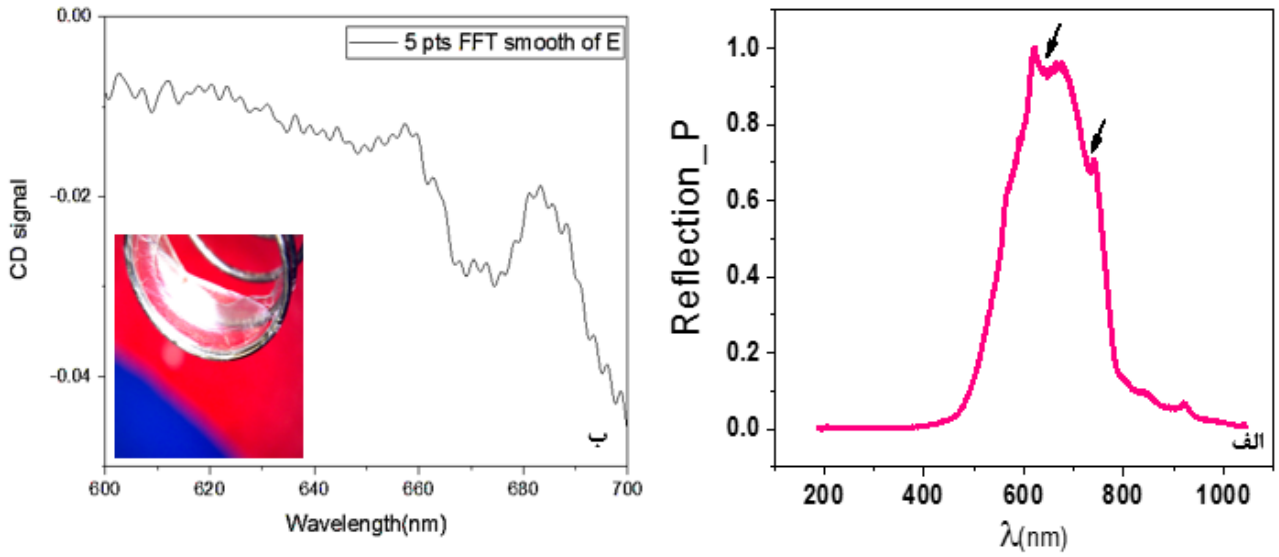
سیگنال برابر با ۰/۰۵است که نشان دهنده خاصیت دورنگی محلول ابریشم به دست آمده است. لذا می توان از این بستره حساس اپتیکی برای کاربردهای حسگری بالاخص کابردهای پزشکی مانند نوروپلاسمونیک بهره برد [۳]. بدین منظور بر روی زیرلایه طرحدارشده دوبعدی ابریشم۳۰ نانومتر طلا کندوپاش گردید و تراشه پلاسمونی دوبعدی (به 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.

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.



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 شده‌است.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-06]