بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و سیزدهمین
کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۱۲-۶۶-۱۰-A

آشکارسازی مورفین به وسیله‌ی تراشه‌ی حسگری پلاسمونی غیردست‌سان بر پایه‌ی اثر دورنگی دایروی

یونس مژدی[۱]، سیده مهری حمیدی[۱،*]

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

***m_hamidi@sbu.ac.ir**

چکیده –در این مقاله به طراحی و ساخت تراشه‌ی حسگری پلاسمونی از آرایه‌ای از نانوحفره‌های کاملا دست‌سان، برای تشخیص غلظت‌های مختلف مخدر مورفین در حلال بیولوژیکی PBS که خود ماده‌ای دست‌سان است، می‌پردازیم. از آن جا که مخدر مورفین تاثیرات شدیدی بر سیستم عصبی مرکزی انسان می‌گذارد، توانایی آشکارسازی آن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به این منظور، حسگر پلاسمونی دو بعدی متقارن بر پایه طلا، تحت تاثیر نمونه های مختلف مورفین در کانال میکروشاره قرار گرفته و دورنگی دایروی به ازای غلظت های مختلف مورفین ثبت شده است.از مزایای این روش اندازه‌گیری برخط و حساسیت بالای آن (۰.۰۱u/cu)می‌باشد. نتایج ثبت شده نشان دهنده تفکیک پذیری خوبی به ازای غلظت های مختلف است.

کلید واژه- آرایه نانوحفره‌های دوبعدی، ساختار پلاسمونی، پلاسمون پلاریتون سطحی، دورنگی دایروی، مورفین.

Morphine detection by the aid of circular dichroism in achiral plasmonic two dimensional structure

YounesMazhdi, SeyedehMehriHamidi

Laser and Plasma Research Institute, ShahidBeheshti University, Terhan, Iran.

Abstract- In this paper we try to detect morphine concentrations in PBS matrix by circular dichroism in achiral two dimensional plasmonic structures. For this purpose, we fabricate two dimensional symmetric plasmonic sample by soft lithography method and then measure the circular dichroism under three different morphine concentrations in micro channel. Our results show good selectivity between these different concentrations due to the non-symmetric electric field distribution in plasmonic sample.

Keywords: Nano hole arrays; Plasmonic structure; Surface plasmon polariton; Circular Dichroism; Morphine.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

مورفین نوعی اپیوئید قوی استکه از مهم‌ترین ترکیبات تریاک به شمار می آیدو به شدت اعتیادآور است.ورود مورفین به مغز و دستگاه اعصاب مرکزی فعالیت این اندام پیچیده را دچار تغییرات گسترده و گوناگونی می‌کند، اگر این مصرف، دائم و تغییرات مداوم و پی‌درپی داشته باشد، مغز دچار بدکاری مورفین می‌شود. در دستگاه عصبی مرکزی برای مورفین گیرنده‌های ویژه‌ای وجود دارد، این گیرنده‌ها در غشاء نورون‌ها قرار دارند که مورفین با نشستن روی این گیرنده‌ها بعضی از اثرات خود را اعمال می‌کند. گیرنده‌ها در دستگاه عصبی مرکزی در ناحیه نورن‌های چندمنظوره(Periaqueductal) خاکستری پایه مغز، قسمت قدامی و جانبی تالاموس سبستانتیاگلاتینوسا(SebastianGlatinosa)نخاع، هسته (Solitary) ومنطقه ماشه گیرنده چمو(CTZ) و آمیگدال های مغز قرار دارند[۱]. بنابرآنچه گفته شد، تشخیص سوء مصرف مورفین و اثرات آن بر سیستم عصبی مرکزی بسیار مهم و دشوار است، به همین علت ما برای اولین بار یک روش حسگری براساس طیف‌سنجی سیگنال دورنگی دایروی (CD) حاصل از پراش پلاسمون پلاریتون‌های سطحی تحریک شده در یک سطح کاملا غیر دست‌سان(achiral) را پیشنهاد کردیم، که به وسیله آن قادر خواهیم بود مقادیر مختلف غلظت مورفین و همچنین اثرات تحریکی مورفین بر سیستم عصبی مرکزی را آشکارسازی کنیم.همانگونه که می‌دانیم،

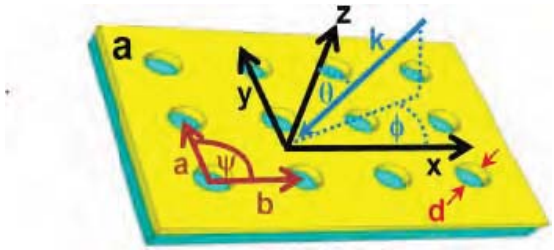
تاکنون از روش‌های طیف‌سنجی دورنگی دایروی برای آشکارسازی و مشخصه‌یابی ساختارهای دست‌سانی مانند برخی مولکول‌های شیمیایی، میکرو آران‌ای (mRNA)و... که خواص و ویژگی‌های بیولوژیکی آن‌ها مستقیما به خاصیت دست‌سانی آن‌ها مرتبط است، به دلیل فعالیت نوری منحصر به فرد و توانایی ایجاد اثر دست‌سانی‌نوری خاص خود، استفاده بسیاری شده است. به عنوان مثال، انگامدی و همکاران با استفاده از طیف‌سنجی دورنگی دایروی، براساس نقاط کوانتومی کادمیوم سولفید دست‌سان به طراحی حسگر گلوکز پرداختند[۲]. با توجه به این که معمولا نسبت سیگنال به نویز(SNR) اجازه نمی‌دهد که ما سیگنال CD قابل توجه داشته باشیم، باید این سیگنال تقویت شود که این هدف با استفاده از اثر میدان نزدیک دوقطبی‌های الکتریکی و پلاسمونی، که می‌توانند حاصل یک زیرلایه با ساختار نانوفوتونیک دی‌الکتریک دست‌سان یا یک نانوساختار از نانوذرات جایگزیده پلاسمونی باشد، تحقق می‌یابد.همچنین اکثر مولکول‌های دست‌سان سیگنال CD در بازهUV ایجاد می‌کنند، که برهمکنش آن با تشدید پلاسمون سطحی این سیگنال را به محدوده مرئی منتقل می‌کند.الکساندرگووروف القای پلاسمونیCD، در مولکول‌های کایرال را از دید کوانتومی بررسی کرد[۳]. محمدی و همکاران با روش تحلیلی TMM تاثیر افزایش شدت و بهبود دست‌سانی خارجی را از طریق میدان نزدیک دوقطبی‌های موضعی ساختار نانوفوتونیک برای یک مولکول دست‌سان، بررسی کردند[۴].در این مقاله ما قصد داریم با استفاده از یک تراشه کاملا غیردست‌سان ذاتی، حسگری را با بهره‌مندی از روش طیف‌سنجی CD، طراحی کنیم.

روش انجام آزمایش: توصیف نظری

اگر یک سطح فلزی با آرایه نانوحفره‌های منظم که دارای تقارن آینه‌ای کامل هستند، در هندسه تابش فرودی در زاویه‌ای غیر از نرمال قرار بگیرد، در حالی که تصویر بردار موج پرتو تابشی فرودی در صفحه نمونه در راستای هیچکدام از ثابت‌های شبکه سلول واحد ساختار قرار نگیرد و تصویر بردار موج پرتو فرودی با دو ثابت شبکه تشکیل یک مثلث بدهد، در این صورت برایند تحریک

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

دوقطبی‌های پلاسمونی باعث ایجاد بردار موج کلی پلاسمون پلاریتون‌های سطحی(spp)، که به علت برقراری شرایط تزویج توسط آرایه نانوحفره‌ها تحریک شده‌اند[۷]، در جهت تصویر بردار موج تابشی که اصطلاحا به جهت پیچ دوقطبی‌ها[1]معروفند، می‌شوند. این بردار موج کلی نتیجه تداخل سازنده تک‌تک sppهای هر حفره با یکدیگر است و این به معنای وابستگی این بردار موج نهایی به فاز تک‌تک بردار موجspp های هر حفره است. متعاقبا، میدان نزدیک نامتقارن ایجاد شده از این موج پلاسمون پلاریتون سطحی باعث می‌شود که تقارن آینه‌ای صفحه‌ای ساختار آرایه نانوحفره‌ها شکسته شده و این ساختار اثر دست‌سانی نوری از خود بروز دهد[۵].



شکل۱: هندسه تحریک spp ها در زاویه فرود مایل برای آرایه نانو حفره متقارن [۵].

از آنجا که بردار موج spp های نانوحفره‌ها در فلز، شامل هر دو بخش حقیقی و موهومی می‌شود، بنابراین انتظار داریم این ساختار به دلیل وجود بخش موهومی بردار موج، سیگنال دورنگی دایروی قابل ملاحظه‌ای تولید کند. همچنین بدیهی است که اثر تداخل پلاسمون پلاریتون سطحی هر حفره در مرز فلز و دی الکتریک به خواص هر دو محیط وابستگی مستقیم دارد، بنابراین تغییر محیط دی‌الکتریک باعث تغییر در شرایط تطبیق فازی تداخل spp ها شده و سیگنال CD متفاوتی ایجاد می‌کند.

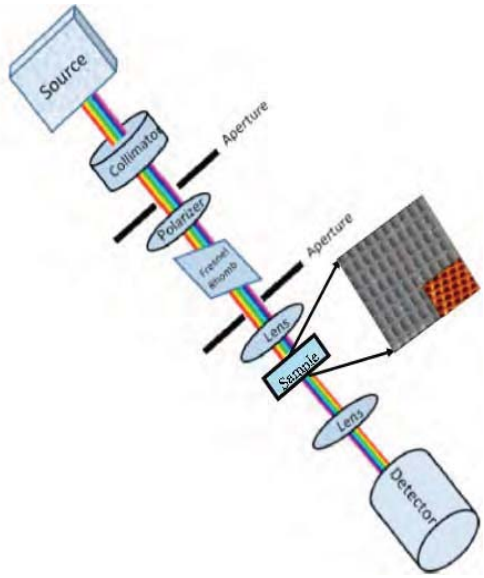
$|\psi_1 + \psi_2|^2$

جزئیات رابطه تداخل spp ها در مقاله سریکانس و همکاران ذکر شده است[۶].

طراحی ساختار و اندازه‌گیری تجربی

برای ساخت نمونه پلاسمونی دوبعدی ابتدا با استفاده از لیتوگرافی چاپ نرم به ایجاد طرح توری دوبعدی بر روی پلیمر شفاف پلی دی متیل سیلوکسان) (PDMSپرداخته شد. سپس با استفاده از روش لایه نشانی گرمایی، در فشار10^{-5}میلی‌بار، توسط سیستم رسوب بخار فیزیکی(pvd)،۳۰ nm طلا بر روی سطح طرح دار پلیمر لایه نشانی شد.

طیف‌سنجی عبوری تجربی از نمونه به ازای قطبش‌های دایروی چپگرد و راستگرد نور فرودی، به وسیله چیدمان شکل۲ انجام شد. این اندازه‌گیری به کمک طیف‌سنج NanoCalc-XR Ocean Optics، صورت گرفت. آزمایش برای سه محلول مورفین در PBS به غلظت‌هایppm ۲۰، ppm ۴۰ و PBS، در مجاورت تراشه حسگری تکرار شد. در نتیجه، سیگنال CD هر اندازه‌گیری که حاصل اختلاف بین میزان عبور یا جذب نمونه برای قطبش‌های دایروی چپگرد و راستگرد است $(CD = \Delta A = A_{RCP} - A_{LCP})$، به دست آمد.



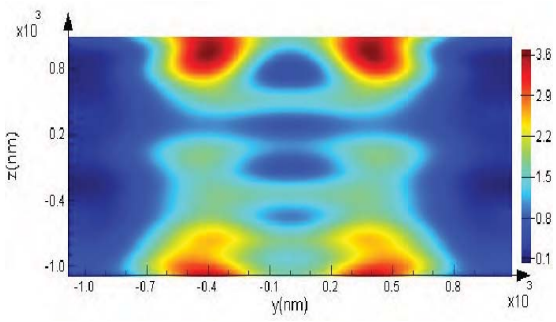
شکل۲: شماتیک چیدمان اندازه‌گیری دورنگی دایروی و تصویر میکروسکوپی نمونه دوبعدی

[1]Screw Direction

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

بررسی نتایج

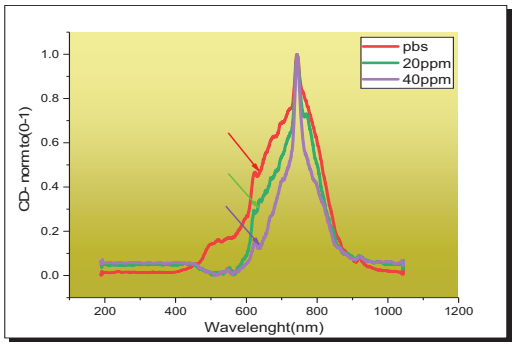
با استفاده از ماژول FDTD نرم‌افزار لومریکال، ما به شبیه‌سازی نمونه دوبعدی با ساختار آرایه‌ی نانوحفره‌ها پرداختیم. توزیع میدان الکتریکی حاصل از قطبش دایروی راستگرد را در یک سلول واحد از سطح نمونه دوبعدی، در زاویه ۱۵درجه نسبت به نرمال استخراج کردیم. همانگونه که در شکل۳ مشخص است، توزیع spp ها باعث برهم



خوردن تقارن ساختار شده است.

شکل۳: توزیع میدان الکتریکی در سلول واحد نمونه

به ترتیبی که از نمودار شکل۴ مشخص است، سیگنال CD درست در طول موج تشدید spp ها بیشترین تفاوت مقدار را به ازای غلظت‌های مختلف مورفین در PBS پیدا کرده است. به طوری که، در طول موج ۶۳۵ نانومتر، مقادیر CD برای محلول‌های PBS، ۲۰ ppm و ۴۰ ppmبه ترتیب ۰/۴۶، ۰/۳۳ و ۰/۱۴ می‌باشد. این نتایج نشانگر حساسیت بسیار خوب تراشه حسگری پلاسمونی غیردست‌سان ما به



شکل۴: سیگنال CD برای چهار محلول. طول موج تشدید پلاسمونی مشخص شده است.

غلظت ماده دی‌الکتریک مجاور آن می‌باشد.

جمع‌بندی

ما یک تراشه حسگری پلاسمونی برپایه‌ی دورنگی دایروی طراحی کردیم که از ساختار پلاسمونی کاملا غیردست‌سان تشکیل شده و به ازای غلظت های مختلف مورفین در بستره PBS، نسبت سیگنال به نویز بسیار خوبی دارد و بدون نیاز به تقویت‌کننده قفل‌شونده، غلظت‌های مختلف مورفین را آشکارسازی کرد. مقدار پارامتر S به عنوان میزان حساسیت حسگر که حاصل نسبت تغییرات CD به تغییرات غلظت می‌باشد، ۰/۱ است.

مراجع

[۱] م. زرین‌دست، ف.ابطحی، مورفین و مواد مشابه آن و گیرنده‌های ان در مغز، مجله دانشگاه علوم پزشکی تهران، شماره ۵.

[2] K. Ngamdee, W. Ngeontae," Circular dichroism glucose biosensor based on chiral cadmium sulfidequantum dots", Sensors & Actuators: B. Chemical 274 (2018) 402–411.

[3] A. O. Govorov, Z. Fan," Theory of Chiral Plasmonic Nanostructures Comprisin Metal Nanocrystals and Chiral Molecular Media", ChemPhysChem 0000, 00, 1 – 11.

[4] E. Mohammadi, K. L. Tsakmakidis, A. N. Askarpour, P. Dehkhoda, A. Tavakoli, H. Altug," Nanophotonic Platforms for Enhanced Chiral Sensing", ACS Photonics 2018, 5, 2669−2675.

[5] B. M. Maoz, A. B. Moshe, D. Vestler, O. Bar-Elli, G. Markovich," Chiroptical Effects in Planar Achiral Plasmonic Oriented Nanohole Arrays", Nano Lett. 2012, 12, 2357−2361.

[6] K. V. Sreekanth, V. M. Murukeshan," Single-exposure masklessplasmonic lithography for patterning of periodic nanoscale grating features", J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 9(2), 023007-023010.

[7] E. Khosravian, H. R. Mashayekhi, A. Farmani,"Tunable plasmonics photodetector in near-infrared wavelengths using graphene chemical doping method", Int. J. Electron. Commun. (AEÜ) 127 (2020) 153472.

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.