



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 : ۱-۲۴۴۳-۱۰-A

شبیه سازی و بهینه سازی نانوحسگر پلاسمونی بر پایه جفت شدگی با توری

شهره جوینده، محمود حسینی فرزاد

Shohreh.jooyandeh@gmail.com

hosseinif@shirazu.ac.ir

چکیده - نانوحسگرها به دلیل حساسیت بالایی که نسبت به بقیه حسگرها دارند مورد توجه ویژه قرار گرفته اند، در این مقاله شبیه سازی و طراحی یک نانو حسگر بر پایه تشدید پلاریتون‌های پلاسمون سطحی با قرار دادن لایه‌ای از طلا به ضخامت ۳۰۰ نانومتر بر روی لایه ای از SiO_2 به ضخامت ۲ میکرومتر با استفاده از نرم‌افزار کامسول انجام شد و بهینه نسبی از پارامترها به دست آمد. بعد از بهینه‌سازی خاصیت حسگری ساختار را با قرار دادن میکروذره ای با ضریب شکست ۱.۳۰ بین توری و شکاف مورد بررسی قرار گرفت، با مقایسه نمودارها مشاهده شد ساختاری که دارای سه توری می‌باشد با توجه به افزایش حساسیت حسگر خاصیت حسگری بهتری را نمایش می‌دهد.

کلید واژه- نانوحسگر، پلاریتون، پلاسمون، طول موج

Design & simulation of plasmonic nanosensor based on grating coupling

Shohreh.jooyandeh, mahmoudhosseinifarzad

Shohreh.jooyandeh@gmail.com

hosseinif@shirazu.ac.ir

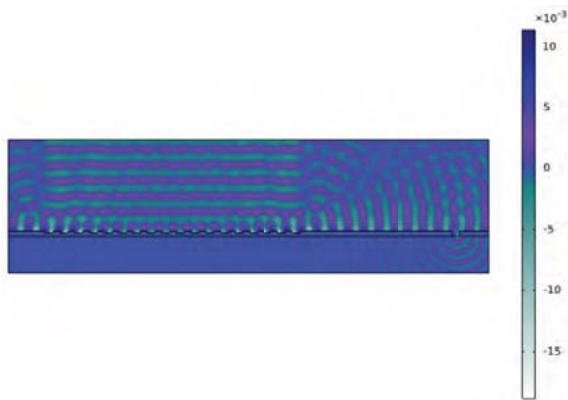
Abstract-Nanosensors have received special attention because of their high sensitivity rather than othertypes of sensors.In this research, it has been simulated a structure based on grating coupling method by putting a gold layer having thickness as 300 nm on a 2 μ m thick of SiO_2 layer by using COMSOL software and optimal parameter was obtained. After optimization, applied the varying of refractive index by putting a microparticle having refractive index as 1.30 between the grating and the slit.Comparing diagrams, it was obtained that the three-graing structure has better sensory properties due to the increase in the amount of sensitivity.

Key words: Nanosensor, Plasmon, Polariton, Wavelength.

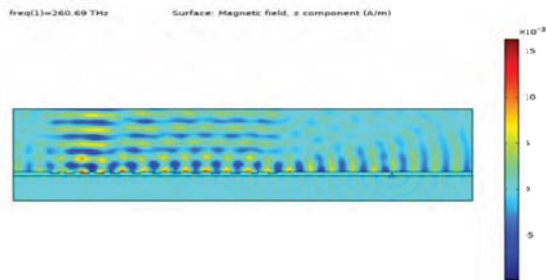
مقدمه

سطحی، تغییراتی را در تعداد شیار های توری فاصله بین توری و دوره تناوب توری ها اعمال می کنیم تا به بهترین حالت ممکن برای هر ساختار دست یابیم. بعد از دستیابی به بازدهی مطلوب ساختارهای طراحی شده، شکافی به پهنای SW طراحی و بهینه شد.

در ادامه توزیع میدان مغناطیسی ساختارهای طراحی شده در شکل ۲، ۱ و ۳ آمده است.



شکل ۱: طرحواره توزیع میدان مغناطیسی H_z در ساختار تک توری با شکاف در حالت بهینه به ازای پهنای شکاف ۴۰۰ نانومتر، تعداد شیار $N=18$ ، دوره تناوب ۸۰۰ نانومتر و تابش فرودی عمودی در طول موج بهینه ۸۵۵ نانومتر.

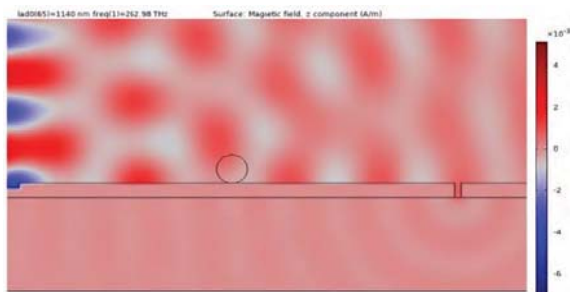


شکل ۲: طرحواره توزیع میدان مغناطیسی H_z در ساختار دو توری با شکاف در حالت بهینه به ازای تعداد شیارهای $N_1=5$ و $N_2=8$ ، دوره تناوب های $p_1=810$ nm و $p_2=1057$ nm و فاصله بهینه بین توری ها به صورت $d=440$ nm برای زاویه تابش عمودی در طول موج بهینه ۱۱۵۰ نانومتر.

پلاریتون های پلاسمون سطحی امواج سطحی موضعی هستند که بین دو ماده با ثابت منفی (فلز) و ثابت مثبت (دی الکتریک) وجود دارند. [1] حسگرهای مبتنی بر تشدید پلاسمون سطحی کاربردهای بالقوه فراوانی در تکنولوژی بیوحسگرها خصوصا در کاربردهای پزشکی و حسگرهای گاز و برنامه های نظارت بر محیط دارند. [2] تغییرات در ضریب شکست سطح بالای فلز در حسگر بر روی حساسیت حسگرهای پلاریتون پلاسمون سطحی بسیار تاثیر میگذارد. [3,4] حسگرهای پلاریتون پلاسمون سطحی امروزه به دلیل ویژگی های بدون برچسب و زمان واقعی کاربردهای گسترده ای در پزشکی، حسگرهای زیستی، زیست شناسی، شیمی و سایر رشته ها دارند. [5] [9] در این مقاله با استفاده از نتایج به دست آمده در تحقیقات اخیر [10] پارامترهای بیشتری مانند دوره تناوب توری شکاف توری، قطر شکاف روی ساختار، فاصله بین توری ها را در نظر گرفته و بهینه سازی را انجام داده ایم. سپس ضریب شکست روی ساختار را با قرار دادن میکروذره کروی با ضریب شکست ۱.۳ (مشابه خون) تغییر دادیم و نتایج مورد بررسی قرار گرفت. ما توزیع میدان مغناطیسی را برای هر حالت بررسی کرده و بهترین مقدار پارامترهایی را که باعث عملکرد بهتر نانوحسگرها و همچنین حساسیت بالای آنها می شوند را انتخاب کردیم.

طراحی و بهینه سازی

در این مقاله چند ساختار مختلف از نانوحسگرهای پلاسمونی در محیط نرم افزار کامسول شبیه سازی شده اند. در این ساختار با استفاده از روش جفت شدگی با توری، لایه ای از طلا به ضخامت 300 nm بر روی لایه از شیشه SiO_2 به ضخامت 2 μm قرار داده و ناحیه ای که روی طلا را احاطه کرده هوا قرار داده ایم و ابتدا روی طلا یک توری و سپس دو توری و سه توری طراحی شده و پس از آن موج الکترومغناطیسی با مد TM به صورت عمود از بالای ساختار بر سطح توری ها اعمال شد برای برانگیختگی بهتر پلاسمون های پلاریتون



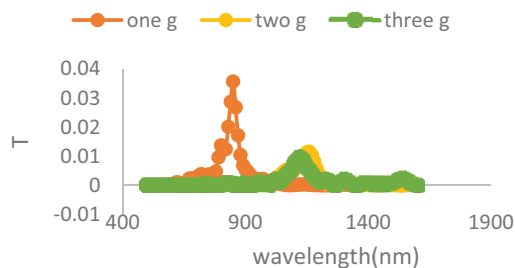
شکل ۵: طرح‌واره توزیع میدان مغناطیسی H_z در ساختار بهینه دو توری با حضور میکرو ذره کروی شکل در طول موج 1140 نانومتر.

پارامتر T

با طراحی شکاف در ساختار، مکان آشکارساز را تغییر داده و آن را در زیر شکاف ایجاد شده قرار می‌دهیم تا بتوان میزان توان عبوری از شکاف را محاسبه نمود. در اینجا پارامتر T (ضریبعبور)، که عبارت است از نسبت توان خروجی از شکاف به توان تابشی ورودی به ساختار و از آن به عنوان معیاری برای بررسی و مقایسه استفاده خواهیم کرد.

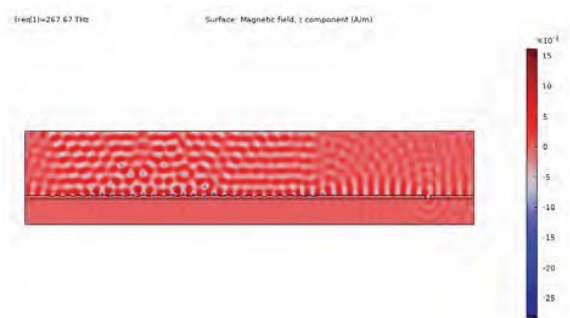
$$T = \frac{\text{شکاف خروجی توان}}{\text{ساختار به تابشی توان}} \quad (1)$$

در شکل زیر مقایسه تغییرات عبور را در سه ساختار تک توری، دو توری و سه توری نمایش دادیم.



شکل ۶: طیف چگونگی تغییرات پارامتر T (نسبت توان خروجی از شکاف به توان تابشی به ساختار) برای حالت‌های بهینه تک توری، دو توری و سه توری برحسب طول موج.

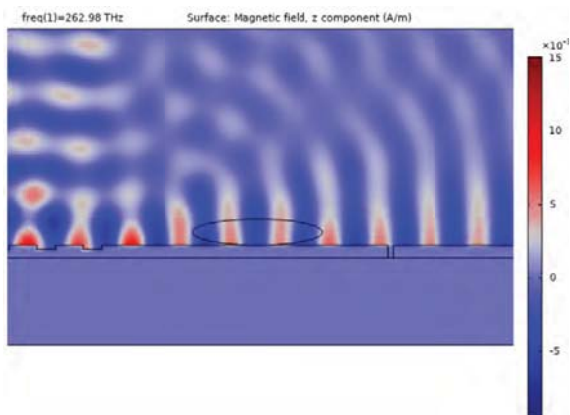
در ادامه میزان عبور بعد از قرار دادن میکروذره اندازه گرفته و با حالت قبل از حضور میکرو ذره مقایسه شد که در شکل زیر ساختار سه توری که بیشترین تغییر را داشته است مشاهده می‌شود:



شکل ۳: طرح‌واره توزیع میدان مغناطیسی H_z در ساختار سه توری با شکاف در حالت بهینه به ازای تعداد شیارهای $N1=5$ ، $N2=8$ و $N3=11$ و دوره تناوب‌های $p1=785$ nm و $p2=1052$ nm و $p3=800$ nm، تابشی فرودی عمودی در طول موج بهینه 1120 نانومتر.

بعد از آن برای دستیابی به خاصیت حسگری ساختارها تغییرات ضریب شکست باید بتوانند باعث ایجاد تغییرات در طول موج کاری و نیز پارامتر عبور شوند تا خاصیت حسگری را تقویت کنند، بدین منظور میکروذره را به شکل کروی و بیضی گون روی ساختار قرار داده و مقایسه و بررسی انجام دادیم.

شکل ۴ و ۵ طراحی و توزیع میدان مغناطیسی ساختار را با قرار دادن میکروذره بیضی گون و کروی نشان می‌دهد.



شکل ۴: طرح‌واره توزیع میدان مغناطیسی H_z در ساختار بهینه دو توری با حضور میکرو ذره در طول موج 1140 نانومتر پیرامون میکروذره خون و شکاف.

مرجع‌ها

[1] WX Tang, Hc, Zhang, concept, theory, design and applications of spo of surface plasmon polaritons at microwave frequencies, Electronics. 9(6), 993 (2019)

[2] Raed Alharbi, Mehrdad irannejad, Ashort review on the role of the Metal-Graphene hybrid nanostructure in promoting, Ottawa. 19(4), 862 (2019)

[3] C. Thirstrup, W. Zang, M. Borre, H. Neff, H. C. Pedersen, G. Holzhueter, Diffractive optical coupling element for surface plasmon resonance sensor, 298-308 (2004)

[4] F. C. Chien, S. J. Chen, A sensitivity comparison of optical biosensors based on four different surface plasmon resonance modes, Biosensors and Bioelectronics. 633-642 (2004)

[5] H. Heidarzadeh, Analysis and simulation of a plasmonic biosensor for hemoglobin

concentration detection using noble metal nano-particles resonances, Opt. Commun. 459 (2020) 124940

[6] Y. Sun, S. Sun, M. Wu, S. Gao, J. Cao, Refractive index sensing using the metal

layer in DVD-R discs, RSC Adv. 8 (2018) 27423–27428

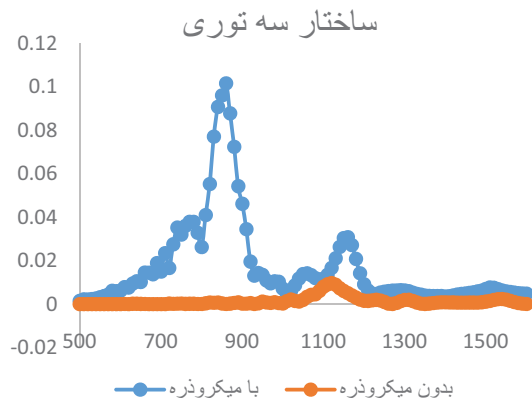
[7] W. Su, G. Zheng, X. Li, Design of a highly sensitive surface plasmon resonance

sensor using aluminum-based diffraction grating, Opt. Commun. 285 (2012) 4603–4607.

[8] RM. Williams, C Lee, Tv Galassi, Naninvasire ovarian cncr biomarker detection via an optical nanosensor implant, (2018) 10. 1126

[9] F. Liang, Y Guo, S Hou, Q Quan, Photonic-plasmonic hybrid single-molecule nanosensor measures the effect of fluorescent lables on DNA-protein dynamics, (2017) 16.2991

[10] K. Li, F. Xiao, F. Lu, K. Alameh and A. Xu, Unidirectional coupling of surface plasmon with ultra-broadband and wide-angle efficiency: potential application in sensing, New J. Phys. 15, 113040 (2013).



شکل ۷: مقایسه میزان عبور در ساختار سه توری

محاسبه حساسیت حسگرها S

$$S = \frac{\Delta\lambda}{\Delta n} \left(\frac{nm}{RIU} \right)$$

حساسیت به دست آمده برای ساختار سه توری برابر با ۹۳۳.۳ nm/RIU می‌باشد.

نتیجه گیری

در شبیه‌سازی انجام شده طول موج‌های مختلف، تعداد شیارهای توری متفاوت و دوره تناوب‌های متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند تا به بهترین حالت هر ساختار دست یابیم که با بررسی و مقایسه‌های انجام شده به بهینه نسبی هر ساختار دست یافتیم. با تاباندن نور با زاویه عمود به سطح توری‌ها در سه ساختار طراحی شده شاهد بازدهی مطلوب و در نتیجه تحریک خوب پلاسمون‌های سطحی بودیم. بعد از تغییرات ضریب شکست، خاصیت حسگری تقریباً برای تمام ساختارها مشاهده شدند و نتیجه مربوط به حضور میکروذره این بود که ساختار مبتنی بر سه توری خاصیت حسگری بهتری را به نمایش می‌گذارد.