



همایش نانوفوتونیک ایران ۱۳۹۹-۲۰۲۱ آبان

Iranian Nano-Photonic Conference 2020
October 23 and 24



طراحی فیلترهای فراماده در بازه فرکانس های نوری بر پایه ساختارهایی با نانو حفره های فلزی

اشکان ارکانی^۱، سعید گل محمدی هریس^۱

^۱ گروه الکترونیک، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده: متامتریال ها مواد مصنوعی هستند که معمولا از مواد طبیعی با فرم های هندسی متفاوت در یک محیط میزبان سنتز می شوند. آنچه باعث اهمیت ویژه فرامواد می شود داشتن ضریب شکست منفی آنهاست که به فرامواد خواص منحصر به فرد می دهد که در مواد طبیعی یافت نمی شود. در این مقاله یک فیلتر متامتریال مبتنی بر ساختار هیبریدی متشکل از صفحه طلا با حفره ها با آرایه های منحصر به فرد که در حضور بستر Si و در طول موج ۵۵۰nm تا ۹۰۰nm ارائه شده است. تلاش بر این است که با تغییرات در پارامترهای ساختاری اعم از ضخامت صفحه طلا، تغییر قطر حفره های فلزی به کمترین میزان FWHM دسترسی پیدا نماییم که برای بیهنه ترین ساختار در حضور لایه طلا با ضخامت ۵۰ نانومتر، قطر حفره هوایی ۱۰۰ نانومتر به اندازه ۱۵ نانومتر به دست آمده است.

کلید واژگان: متامتریال؛ فیلتر؛ پلاسمونیک؛ FWHM

Design of metamaterial filters in the range of optical frequencies based on structures with metal nanopores

Ashkan Arkani¹, Saeed Golmohammadi¹,

¹ Dept. of Electronics, Faculty of ECE, Tabriz University, Tabriz, Iran.

Abstract- A metamaterial is defined as an artificial composite that are usually synthesized from natural materials with different geometric shapes in a host environment. negative index of refraction makes metamaterial important and gives unique properties to the metamaterial. In this paper, a metamaterial filter based on a hybrid structure consisting of a gold plate with unique arrays of holes in the presence of a Si substrate at a wavelength of 550 nm to 900 nm. An attempt is made to achieve the minimum amount of FWHM by varying of the structural parameters, such as: thickness of the gold, diameter of the metal nanopores. Our results for optimum Structure Obtain 15nm for layer of gold with a thickness of 50 nm and 100nm for nanopores diameter.

Keywords: Metamaterial; Filter; Plasmonic; FWHM;

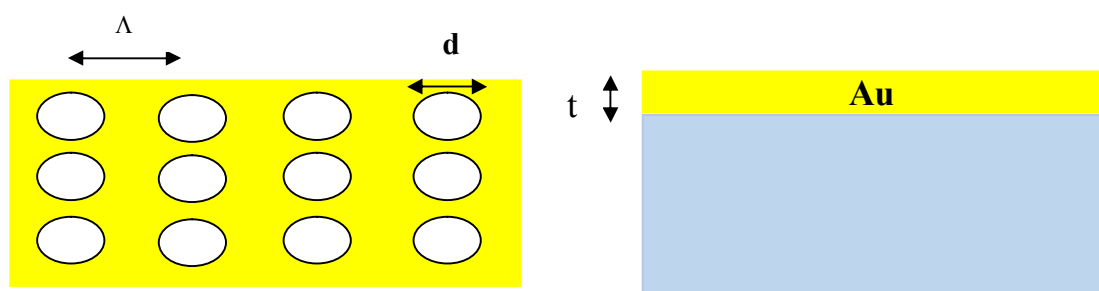
* ashkan.arkani96@ms.tabrizu.ac.ir

۱- مقدمه

ماتامتریال‌ها ساختارهای منحصر به فردی هستند که رفتارهای ویژه‌ای از خود نشان می‌دهند. در طی سال‌های اخیر با پیدایش ماتامتریال به عنوان ابزاری قدرتمند به منظور تغییر خواص الکترومغناطیسی در ابعاد زیر طول موج کاری می‌توان امواج نوری را از مسیر خود منحرف کرد [۱] مکانیزم ساختاری این نوع فیلترها متشکل از صفحه فلزی با حفره‌های فلزی می‌باشند که این حفره‌های فلزی با آرایه‌های منحصر به فرد روی صفحه فلزی قرار داده شده‌اند. نکته مهم در خصوص این نوع فیلترها به FWHM مربوط می‌گردد که تلاش در به حداقل رساندن این مقدار می‌باشد. به نحوی که برای سیستم‌های مخابراتی مبتنی بر تسهیم طول موج مناسب باشند. [۲].

۲- طراحی و مدل سازی فیلتر فراماده

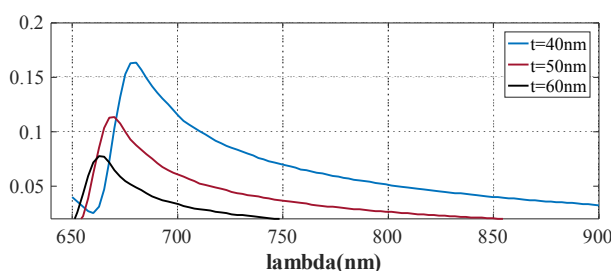
ساختار پیشنهادی برای فیلتر نوری مبتنی بر ماتامریال در شکل (۱) بصورت شماتیک نشان داده شده است. در این فیلتر به منظور پیشینه تشدید پلاسمون‌های سطحی، از لایه طلا با سه ضخامت ۴۰ و ۵۰ و ۶۰ نانومتر استفاده شده است. که ثابت دی‌الکتریک طلا طبق مدل درود قابل محاسبه می‌باشد [۳]. همچنین در این ساختار، پلاریتون‌های پلاسمون‌های سطحی توسط باریکه نور در محدوده طول موج ۹۰۰-۵۵۰ نانومتر با پلاریزه P تحریک می‌شوند.



شکل ۱- شمای ساده ای از ساختار متشکل از Si/Au/air hole شمای ساده در صفحه xoy و لایه طلا با ضخامت t و شمای ساده در صفحه yoz، حفره‌های هوایی با قطر d و با دوره تناوب Λ

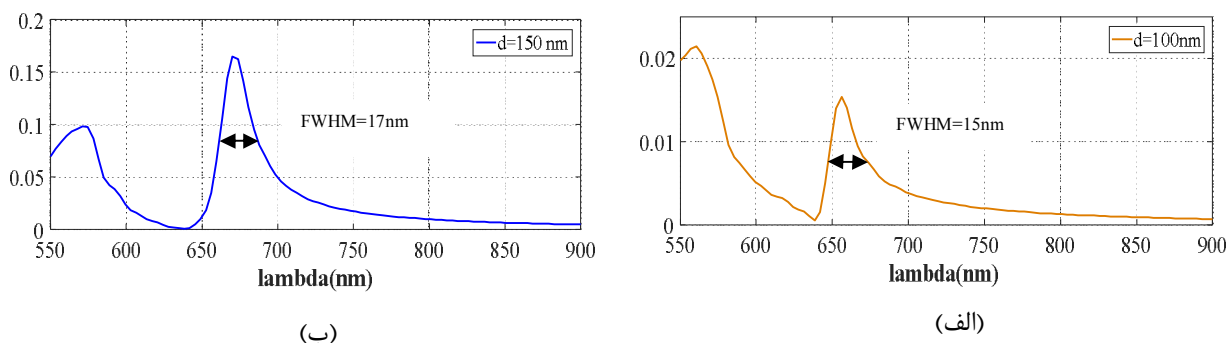
۳- نتایج و بحث‌ها

در ابتدا ضخامت لایه فلز طلا که در بستر Si قرار داده شده است، در بازه ۴۰ الی ۶۰ نانومتر و با قطر و دوره تناوب $d = 100\text{nm}$, $\Lambda = 400\text{nm}$ مورد بررسی قرار می‌دهیم که شکل (۲) نمودار میزان طیف عبوری ساختار را بر حسب طول را نشان می‌دهد با افزایش ضخامت لایه طلا، شیف‌ت پیشینه طیف عبوری طول موج تشدید به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر مشهود می‌باشد



شکل ۲- نمودار میزان طیف عبوری بر حسب طول موج به ازای ضخامت های مختلف لایه طلا

در ساختار پیشنهادی دوم با ثابت فرض کردن ضخامت لایه طلا به اندازه ۵۰ نانومتر، قطر حفره های هوایی را در بازه ۱۰۰-۲۰۰ نانومتر تغییر می دهیم. که به علت وجود اختلاف فاحش در میزان دامنه طیف عبوری و به منظور مقایسه دقیق ، نمودارهای میزان طیف عبوری ساختار را بر حسب طول موج را بصورت مجزا در این ساختارها در شکل (۳) نشان داده ایم.



شکل ۳- نمودار میزان طیف عبوری بر حسب طول موج به ازای قطرهای مختلف حفره های طلا ، (الف) ۱۰۰ nm ، (ب) ۱۵۰ nm ،

همانطور که مشخص است، با افزایش اندازه قطر حفره های فلزی ، دامنه طیف عبوری افزایش می یابد. چرا که با افزایش قطر حفره های روی بستر ، کسر میدان میراثونده در بستر و بر هم کنش آن با نور در حفره ها بیشتر شده و دامنه طیف عبوری افزایش می یابد. همچنین با تغییر قطر حفره ها اثر آن ها در طول موج تشدید نیز بررسی شد و روشن شد که تغییر قطر حفره ها سبب شیفیت طول موج تشدید به سمت طول موج های بالاتری خواهد بود

۴- نتیجه گیری

در این مقاله فیلتر فراماده در بازه فرکانس های نوری بر پایه ساختارهایی با نانو حفره های فلزی طراحی شد. ساختار پیشنهادی برای فیلتر مبتنی بر لایه طلا با ضخامت ۵۰ نانومتر، قطر حفره هوایی ۱۰۰ نانومتر و دوره تناوب ۴۰۰ نانومتر کمترین میزان FWHM به مقدار ۱۵ نانومتر محاسبه شد.

۵- مراجع

1. Pendry, John B., et al. "Magnetism from conductors and enhanced nonlinear phenomena." IEEE transactions 47.11 (1999): 2075-2084.
2. Cialla, Dana, et al. "Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS): progress and trends." bioanalytical chemistry 403.1 (2012): 27-54
3. Henzie, Joel, Min Hyung Lee, and Teri W. Odom. "Multiscale patterning of plasmonic metamaterials." Nature nanotechnology 2.9 (2007): 549-554