همایش نانوفوتونیک ایران ۱۳۹۹- ۱ و ۲ 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 می‌شوند. آنچه باعث اهمیت ویژه فراماوا می شود داشتن ضریب شکست منفی آنهاست که به فراماوا خواص منحصر به فرد می‌دهد که در مواد طبیعی یافت نمی‌شود. در این مقاله یک فیلتر متامتریال مبتی 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 Arkani[1], Saeed Golmohammadi[1],

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 and100nm for nanopores diameter.

Keywords: Metamaterial; Filter; Plasmonic; FWHM;

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

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

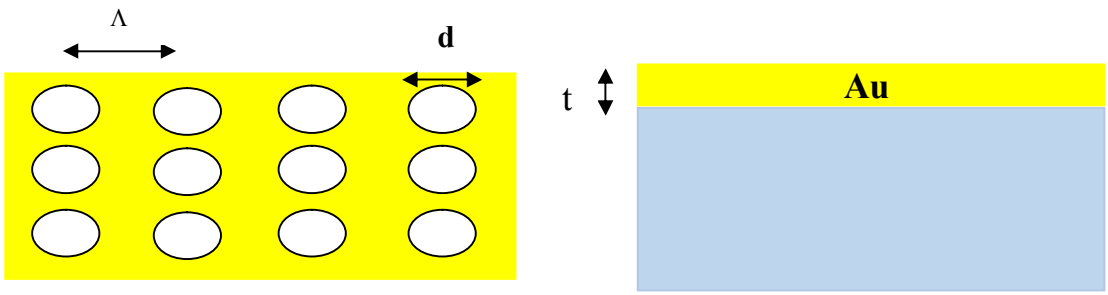
[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-01]

۱- مقدمه

متامتریال‌ها ساختارهای منحصر به فردی هستند که رفتارهای ویژه‌ای از خود نشان می‌دهند. در طی سال های اخیر با پیدایش متامتریال 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 حفره های فلزی می‌باشند که این حفره های فلزی با آرایه های منحصر به فرد روی صفحه فلزی قرار داده شده اند. نکته مهم در خصوص این نوع فیلترها به FWHM مربوط می‌گردد که تلاش در به حداقل رساندن این مقدار می باشد. به نحویی که برای سیستم های مخابراتی مبتنی بر تسهیم طول موج مناسب باشند. [۲].

۲-طراحی و مدل سازی فیلتر فراماده

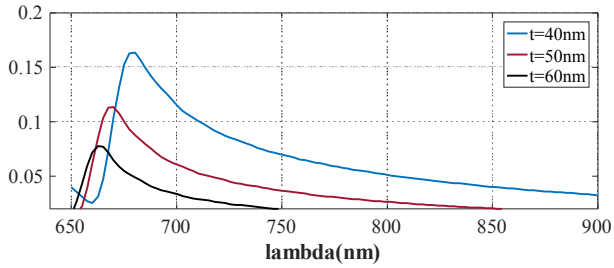
ساختار پیشنهادی برای فیلتر نوری مبتنی بر متامریال در شکل (۱) بصورت شماتیک نشان داده شده است. در این فیلتر به منظور پیشینه تشدید پلاسمون های سطحی، از لایه طلا با سه ضخامت ۴۰ و۵۰ و۶۰ نانومتر استفاده شده است. که ثابت دی الکتریک طلا طبق مدل درود قابل محاسبه می باشد[۳]. همچنین در این ساختار، پلاریتون های پلاسمون های 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 yoz، و لایه طلا با ضخامت t و شمای ساده در صفحه xoy ، حفره های هوایی با قطر d و با دوره تناوب Λ

۳-نتایج و بحث ها

در ابتدا ضخامت لایه فلز طلا که در بسترSi قرار داده شده است، در بازه ۴۰ الی۶۰ نانومتر و با قطر و دوره تناوب $d = 100nm, \Lambda = 400nm$ مورد بررسی قرار می¬دهیم که شکل (۲) نمودار میزان طیف عبوری ساختار را بر حسب طول را نشان می¬دهد با افزایش ضخامت لایه طلا، شیفت پیشینه طیف عبوری طول موج تشدید به سمت طول موج های کوتاه تر مشهود می‌باشد

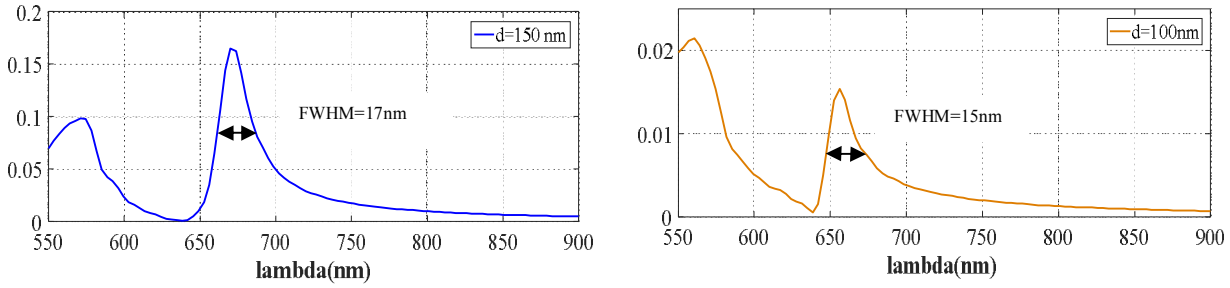


این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-01]

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 ۲۰۰-۱۰۰ نانومتر تغییر می‌دهیم. 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 مجرا در این ساختارها در شکل(۳) نشان داده ایم.



(ب) (الف)

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

همانطور که مشخص است، با افزایش اندازه قطر حفره‌های فلزی ،دامنه طیف عبوری افزایش می‌یابد. چرا که با افزایش قطر حفره‌های روی بستر ،کسر میدان میراشونده در بستر و بر هم کنش آن با نور در حفره‌ها بیشتر شده و دامنه طیف عبوری افزایش می‌یابد. 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 شیفت 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 ضخامت۵۰ 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

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-01]