

بررسی اثر گریتینگ فلز-عایق در افزایش ضریب انتقال در ناحیه مادون قرمز نزدیک با تغییر قطبش زاویه

علی فرمانی

دانشیار دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
Farmani.a@lu.ac.irfarmani

انیس امیدنیایی

دانشجوی دکتری برق دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
anisomidniaee@gmail.com

چکیده - در این مطالعه، ما اثر گریتینگ فلزی را در ساختارهای فیلترینگ در محدوده مادون قرمز نزدیک با تغییر زاویه قطبش بررسی می کنیم. تغییرات زاویه قطبش می تواند تاثیر قابل توجهی بر رنگ تولید شده نور عبوری داشته باشد ساختارهای مورد بررسی، انتخاب طول موج قابل توجهی را در محدوده وسیعی از ۵۰۰ تا ۱۳۰۰ نانومتر، با ویژگی های انتقال باندباریک نشان می دهند. استفاده از ساختار گریتینگ فلز-عایق میانگین انتقال با لای ۹۵ درصد را در نوارهای جانبی نشان می دهد. فیلترهای گریتینگ حداکثر انتقال در طول موج های طولانیتر را دارند که نویدبخش بهینه سازی بیشتر از طریق استفاده از لایه های دی الکتریک است.

کلیدواژه- گریتینگ، پلاسمون های سطحی موضعی .

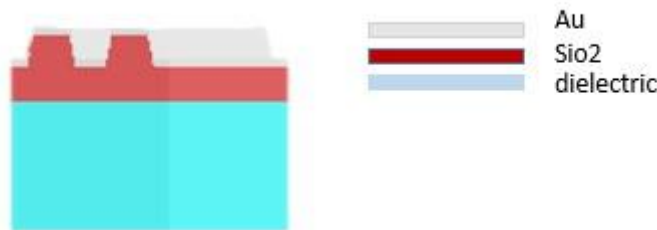
۱- مقدمه

(تا $\pm 20^\circ$ درجه) را با پوشش فضای رنگ بزرگتر نشان می دهند راندمان نور کل در مقایسه با فیلترهای Solc بهبود بخشند [۲]. استفاده گریتینگهای تمام دی الکتریک دو لایه در ساختار فیلتر با فرض اطمینان از استحکام پیک تشدید، لایه توری سیلیکا بالایی تمایل به تحریک تشدید دوقطبی مرتبه بالا را سرکوب می کند و انتقال را در موقعیت غیر تشدید را تا ۹۹ درصد بهبود می بخشد [۳]. کاتب و همکارانش یک فیلتر باند گذر آبی-سبز در منطقه ۴۴۰-۵۸۵ نانومتر با مرکز در ۵۱۵ نانومتر از طریق جابجایی طول موج قطع به سمت طول موج های کوتاه تر، ناحیه گذر باند را گسترش دادند [۴]. تبرا و همکارانش فیلترهای فراسطوحی برای پوشش باند وسیعی از فیلترها با پوشش شش باند طیفی از ۴۴۳ نانومتر تا ۸۷۰ نانومتر با وضوح طیفی ۲ تا ۵ نانومتر. باند طیفی گسترده با استفاده از سه بازتابنده براگ توزیع شده با فیلترهای گذر باند طراحی کردند که امکان کوچک سازی و یکپارچگی بیشتر را فراهم می کند [۵].

طراحی و مدل سازی

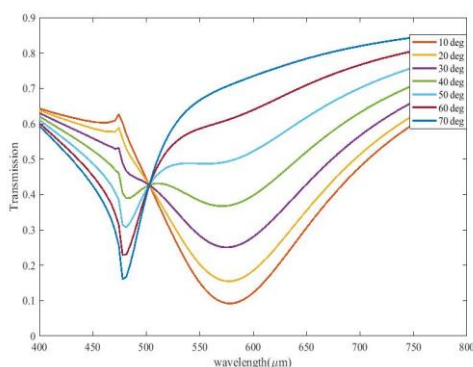
این مطالعه به شبیه سازی یک فیلتر مادون قرمز نزدیک با ساختارهای صلیبی و گریتینگ با تشدید پلاسمون های سطحی موضعی می پردازد که به روش حل عددی دامنه زمانی اختلاف محدود شبیه سازی شده است ساختار به صورت نامتقارن در جهت X به صورت غیر متقارن و در

دستگاه های فوتونیک حساس به پلاریزاسیون شامل بازتابنده های پلاریزاسیون و فیلترهای رنگی پلاریزاسیون با ساخت حفره های فلز-عایق-فلز Fabry-Pero طراحی و اجرا می شوند. مشاهده شده است که فرکانس های تشدید برای فیلترهای انتقال و بازتاب طراحی شده تا ۲۵ نانومتر با پلاریزاسیون فرودی تغییر می کنند که از ضرایب شکست پیچیده وابسته به قطبش تری اکسید مولیبدن ناشی می شود عنوان یک ماده نوری در فرکانس مرئی (۴۵۰-۷۵۰ نانومتر)، که یک ضریب شکست پیچیده وابسته به قطبش را به دلیل ساختار کریستالی ناهمسانگرد نشان می دهد [۱]. فیلترها به طور گسترده در نمایشگرها رنگی و دستگاه های اندازه گیری نوری به کار می روند فیلترهای تداخل پلاریزاسیون در صفحات هم تراز جداگانه به کار می روند که فقط این قابلیت را دارند. فیلترهای رنگی نسبتاً ضخیم (< 100 میکرومتر)، معمولاً به دیافراگم های شفاف کوچک محدود می شوند و عملکرد ضعیفی در خارج از محور ارائه می دهد فیلترهای تداخل یکپارچه، لایه نازک و دوشکست کننده که با استفاده از مواد شبکه پلیمر کریستال مایع (LCP تشکیل شده اند، که به عنوان موزن های واکنشی نیز شناخته می شوند. لی و همکارانش با طراحی فیلترهای مبتنی بر پلیمر عملکرد زاویه ای را بهبود یافته



شکل ۱: ساختار فیلتر با نانو مربعی های آلومینیوم

که در آن k تعداد موج نور در فضای آزاد، d ضخامت نانوگروه ها، و S_{11} و S_{21} به ترتیب ضرایب بازتاب و انتقال هستند.



شکل ۲: نمودار انتقال طیف ساختار فیلتر در طول موج نور مرئی.

در شکل ۳ الف تغییرات قطبش نور فرودی را پیکسل های رنگ را برای گریتینگ های با بستر سیلیکا و پوشش طلا در ساختار فیلتر نشان می دهد. با توجه به اینکه استفاده از گریتینگ ها در طول موج های مادون قرمز نزدیک در طول موج های بالاتر ۱۷۰۰ نانومتر عملکرد تخریب قابل توجهی در طول موج ایجاد می کنند گریتینگ فلز-عایق قابلیت انتقال نور در طول موج های کوتاه در سراسر باند را با کاهش انتقال در طول موج های باند جانبی دارند به طوری که قابلیت انتقال نور را بالای ۹۰ درصد ایجاد می کنند. همچنین گریتینگ های طلا نور پلاریزه شده را با تغییرات قطبش طولی را به صورت سیمی منعکس می کنند در حالی که موج برخوردی آن مد عرضی باشد.

گریتینگ طلا نور را از پایین وارد دی الکتریک می کند سپس با تشدید حالت های هدایت شده جفت می شود در تحت فرآیند تبدیل فوتون -پلاسمون -فوتون قرار می گیرد، در نتیجه یک ویژگی انتقال باند بار یک در شرایط تطبیق فاز ایجاد می شود. در حالت ب قطبش نور فرودی

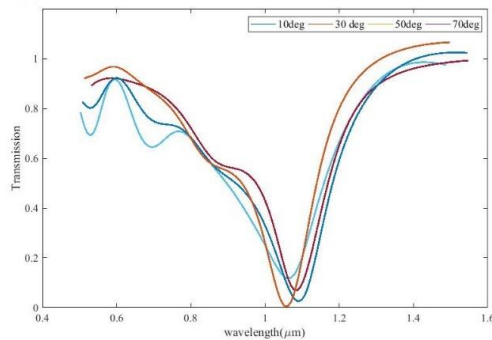
جهت y متقارن در نظر گرفته شده است. ساختار از آلومینیوم /دی الکتریک /نقره تشکیل شده است. آرایه مربعی از آلومینیوم صلیب شکل باطول و عرض ۱۵۰×۴۰ و ۱۰۰×۴۰ نانومتر را بر روی بستر لایه دی الکتریک با ضریب شکست ۱.۵۶ قرار داده شده است همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است. استفاده از آلومینیوم به دلیل قیمت پایین و سازگاری بالا می تواند امکان تنظیم تشدیدهای پلاسمون سطحی موضعی را ایجاد کند. همچنین گریتینگ با ضخامت بستر ۱۰۰ نانومتر با پوشش طلا به ضخامت ۳۰ نانومتر بر روی بستر دی الکتریک بررسی شده است تغییرات و لایه زیرین بستر نقره که دارای ضخامت ۸۰ نانومتر است برای بررسی عملکرد ساختار فیلتر اندازه گیری طیف انتقال وابسته به قطبش در زوایای ۰ تا ۷۰ درجه با گام های ۱۰ صورت گرفته است. همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود تشدید پلاسمون های سطحی در زاویه صفر تا ۷۰ درج ۰ در طول موج ۴۶۰ و ۶۲۰ نانومتر بوده است و تقارن های پاسخ پلاسمونهای پلاریزاسون های رنگی را را برای قطبش نور نشان می دهد محاسبه انتقال وابسته به زاویه قطبش طبق معادله ۱ تعریف می شود [۶]:

$$T(\varphi, \lambda) = T_V(\lambda) \sin^2(\varphi) + T_H(\lambda) \cos^2(\varphi) \quad (1)$$

ضریب شکست موثر نانوگریتینگ های طلا را می توان با استفاده از ضرایب انتقال و انعکاس پیچیده و روش های موثر بازیابی پارامترهای S به شرح زیر استخراج کرد [۷].

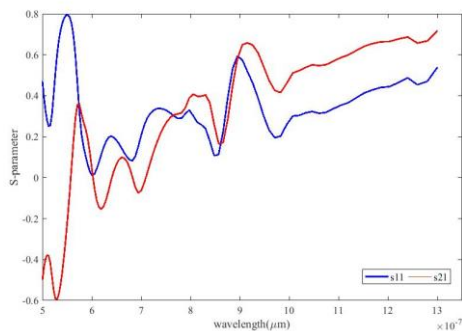
(۲)

$$n_{eff} = \frac{1}{kd} \cos^{-1} \left[\frac{1}{2s_{21}} (1 - s_{11} + s_{21}^2) \right]$$



شکل ۳: طیف انتقال ناشی از تغییرات قطبش با ساختار گریتنینگ در محدوده طول موج مادون قرمز نزدیک.

ما همچنین ضرایب انتقال و بازتاب را با به دست آوردن پارامتر S در گریتنینگ طلا به دست آورده ایم همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود ضریب بازتاب ورودی در طول موج های ۵۶۰ تا ۶۲۰ در حدود ۸۰ درصد افزایش یافته است.



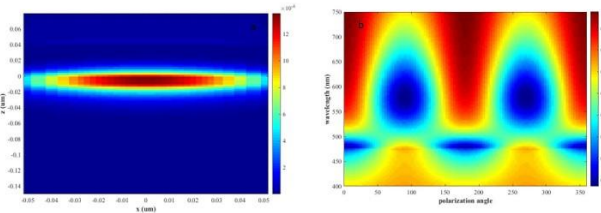
شکل ۴: ضرایب بازتاب و انتقال گریتنینگ با استفاده از پارامترهای S

۲- نتیجه گیری

در این مقاله ما اثر نانوآرایه های فلزی آلومینیوم و گریتنینگ سلیکا با پوشش طلا را در محدوده طول موج مادون قرمز نزدیک را در کاربردهای فیلترینگ بررسی کرده ایم. تغییرات قطبش با زاویه در طول موج ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ نانومتر با تشدید پلاسمون های سطحی موضعی همراه است در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش زاویه تا ۱۰ تا ۷۰ گام های ۲۰ عمق تشدید افزایش یافته است و طیف انتقال را به بالای ۹۵ درصد رسانده است.

جدول ۱. مقایسه نتایج با برخی از پژوهش های اخیر

برای پلاریزایون پیکسل های رنگی را نشان می دهد که برای پلاریزاسون ۷۰ رنگ آبی کنتراست رنگ بالای را برای تغییرات قطبش دارد. تغییرات رنگ مداوم از رنگ زرد به آبی ناشی از قطبش نور فرودی است به طوری که خطوط منطبق بر محورهای X, Y باشند.



شکل ۵: پروفایل میدان با تغییر قطبش الف) برای ساختار نانو آرایه مربعی آلومینیوم ب) برای ساختار گریتنینگ با پوشش طلا.

گریتنینگ ها نسبت به زاویه تابش نور حساس هستند، خواص انتقال سازه ها ی گریتنینگ زیرموجی حساس به زاویه هستند و موقعیت اوج و شدت تشدید آنها هم برای قله اصلی و هم برای نوار های جانبی، با زوایای متفاوت تغییر می کند. بنابراین توجه دقیق به زاویه تابش برای کاربرد عملی فیلتر ها ضروری است. علاوه بر این، توری ها ی دی الکتریک با کنتراست بالا و یا طراحی گریتنینگ دوبعدی می توانند برای راه حل های متحمل زاویه و مستقل از پلاریزاسیون مورد استفاده قرار گیرند. در ادامه ما طیف انتقال را با اثر گریتنینگ سلیکا با پوشش طلا را در ساختار فیلتر در محدوده طول موج مادون قرمز نزدیک بررسی کرده ایم تغییرات قطبش با زاویه در طول موج ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ نانومتر با تشدید پلاسمون های سطحی موضعی همراه است در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش زاویه تا ۱۰ تا ۷۰ گام های ۲۰ عمق تشدید افزایش یافته است و طیف انتقال را به بالای ۹۵ درصد رسانده است

photonic crystal in the visible region." *Applied Optics* 63.15 (2024): 4044-4048.

- [9] Liu, Hezhuang, Yixuan Huang, and Jiang Wu. "Exploring the efficacy of subwavelength gratings as short-wavelength infrared filters." *Discover Nano* 19.1 (2024): 104.

مراجع	ضریب انتقال (%)	محدوده طول موج بر حسب نانومتر (nm)	ساختار
[۸]	۴۰	۴۰۰-۸۰۰	کریستال های فوتونی
[۹]	۸۰	۱۰۰-۱۸۰۰	گریتینگ /سیلیکا/طلا/
در این کار	۹۵	۱۴۰۰-۱۲۰۰	

سپاسگزاری

از محققان و تلاشگران دنیای علم سپاسگزاری می کنیم .

مراجع

- [1] Wei, Chenwei, et al. "Polarization reflector/color filter at visible frequencies via anisotropic α -MoO₃." *Advanced Optical Materials* 8.11 (2020): 2000088.
- [2] Li, Lingshan, Shuojia Shi, and Michael J. Escuti. "Improved saturation and wide-viewing angle color filters based on multi-twist retarders." *Optics Express* 29.3 (2021): 4124-4138.
- [3] Zhao, Yuanhang, et al. "Multi-layered all-dielectric grating visible color filter with a narrow band and high-quality factor." *Optics Express* 30.13 (2022): 22820-22829.
- [4] Yu, Xunbo, et al. "True-color light-field display system with large depth-of-field based on joint modulation for size and arrangement of halftone dots." *Optic Express* 31.12 (2023): 20505-20517
- [5] Soldoozy, Ali, et al. "Meta-surface filter for visible frequency range based on meta-materials." *Memories-Materials, Devices, Circuits and Systems* 7 (2024): 100098.
- [6] Ellenbogen, Tal, Kwanyong Seo, and Kenneth B. Crozier. "Chromatic plasmonic polarizers for active visible color filtering and polarimetry." *Nano letters* 12.2 (2012): 1026-1031.
- [7] Jung, Yonghee, et al. "Polarization selective color filter based on plasmonic nanograting embedded etalon structures." *Nano letters* 20.9 (2020): 6344-6350.
- [8] Xu, Tianyu, et al. "Nearly polarization-insensitive angular filters enabled by metal-dielectric