بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

فیلتر قطبش مبتنی بربلورهای فوتونی بر روی زیرلایه InP درپنجره طول موج ۱/۵۵µm

مریم رنجبران[۱] و محمود نیکو فرد[۲]

۱-دانشگاه آزاد اسلامی، واحدعلوم و تحقیقات اراک

۲-دانشگاه کاشان، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، گروه الکترونیک

چکیده– در این مقاله یک فیلترقطبش با استفاده از بلورهای فوتونی بر روی زیر لایه *InP* دریک شبکه مثلثی حفره‌ای (۲۰×۲۰) طراحی گردیده است. با روش بسط امواج صفحه‌ای (*PWEM*)، مقادیر ثابت شبکه و شعاع بهینه به ترتیب ۶۲۰ *nm* و ۲۶۴/۱۲*nm* محاسبه شده‌اند. برای فیلتر ن قطبش *TE* از مشدد حلقوی استفاده شده است که به روش تفاضل محدود در حوزه‌ی زمان (*FDTD*) دو بعدی تحلیل گردیده است.

کلید واژه- بلورهای فوتونی، فیلتر قطبش، مشدد حلقوی.

Design of polarization filter based on photonic crystal on InP substrate at 1.55µm wavelength

Maryam Ranjbaran[1], Mahmoud Nikoufard[2]

[1]Science and Research Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

[2]Department of Electronics, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Kashan, Kashan

Abstract- In this article a polarization filter has been proposed by using photonic crystal (PhC) on InP substrate. The photonic crystal is consisted of holes embedded in InP/InGaAsP materials with an effective refractive index of 3.2634 which is arranged in the hexagonal lattice of holes structure (20×20). The optimize lattice constant and hole radius are determined 620nm and 264.12 nm, respectively, by using plane-wave expansion method (PWEM). The TE polarized filter utilizes a ring resonator which showing a transmission of 90% at 1.55µm wavelength. The distribution of the polarized light is determined by using two-dimensional finite-difference time-domain method and launching a continuous wave to the input port.

Keywords: Photonic Crystal, Polarization Filter, Ring Resonator.

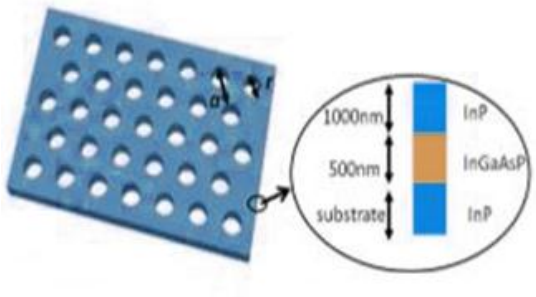
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]

۱- مقدمه

با گسترش اینترنت، افزایش حجم انتقال داده برای محققین در حوزه‌ی الکترونیک نوری از اهمیت خاصی برخوردار است. برای استفاده بهینه از فضای فرکانسی، می توان هر سیگنالی را بر روی یکی از قطبش‌های TE و TM قرار داد و ارسال نمود. در این حالت از فضای فرکانسی، استفاده مضاعف خواهد شد. در قسمت گیرنده به ادواتی همچون فیلتر قطبش نیازمندیم تا امواج دریافت شده با قطبش های TE یا TM را از یکدیگر فیلتر نموده و سپس به سمت آشکارسازهای مربوطه هدایت شود. از طرف دیگر استفاده از بلورهای فوتونی در مدارهای مجتمع نوری موجب مجتمع‌سازی بیشتر ادوات نوری و حرکت به سوی VLSI نوری می‌باشد. استفاده از مواد InP/InGaAsP موجب می‌شود که بتوان تمامی ادوات فعال و غیر فعال نوری از جمله لیزر، تقویت کننده‌های نوری، مدولاتور نوری، MMI، WDM، 3dB-coupler و سایر ادوات را در پنجره‌ی طول موج ۱/۵۵ μm مجتمع‌سازی یکپارچه نمود. با مدوله نمودن داده‌ها بر روی هر طول موج نوری و با دو قطبش مجزای TE و TM در فرستنده می‌توان از فضای فرکانسی (طول موج) استفاده مضاعف نمود. لذا در گیرنده نوری با استفاده از فیلتر قطبش می‌توان قطبش‌های نامطلوب را حذف نموده و داده‌های موجود در طول موج و قطبش مطلوب را در فوتودیود آشکار ساخت. تاکنون روش‌های متفاوتی برای فیلتر و جداسازی قطبش استفاده شده است که شامل استفاده از تزویج‌گرهای قطبش، مشدد حلقوی و self-collimating می‌باشد. عمده تحقیقات بر روی ادوات نوری یکپارچه در پنجره طول موج 1.55 مبتنی بر مواد InP می‌باشد.

۲- ساختمان شبکه

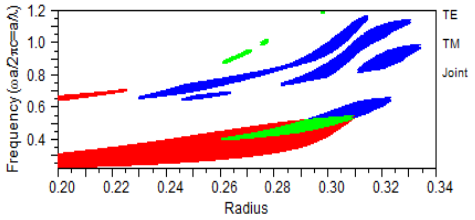
با توجه به این که برای طراحی فیلتر قطبش- که یکی از قطبشهای TE یا TM را عبور می‌دهد- بایستی شکاف باند مشترک برای قطبش های TE و TM بیابیم به طوری که شامل طول موج ۱/۵۵ μm نیز باشد. بنابراین از یک شبکه مثلثی حفره‌ای استفاده کرده‌ایم. در شکل ۱ شمای کلی شبکه و حفره‌ها نشان داده شده است. بستر و لایه پوششی حفره‌ها از جنس InP و لایه فیلم از جنس InGaAsP با طول موج شکاف باند ۱/۲۵ μm می‌باشد. مشخصات لایه‌ها شامل ضخامت و ضریب شکست در شکل۱ نمایش داده شده است.



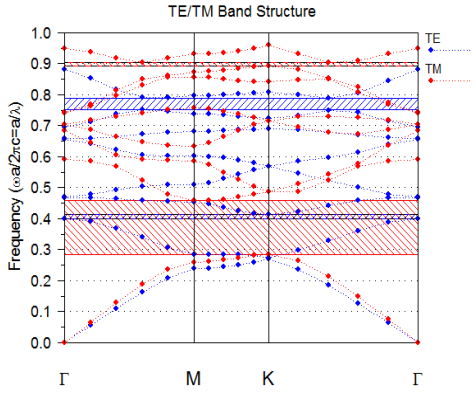
شکل ۱: مشخصات لایه‌های ساختار بلور فوتونی.

با توجه به نیاز به حجم حافظه بالا برای شبیه سازی سه بعدی، از تحلیل دو بعدی استفاده شده است. لذا ضریب شکست موثر سه لایه با استفاده از نرم افزار Comsol برابر با ۳/۲۶۳۴ محاسبه شده است. برای محاسبه شکاف باند فوتونی و محل قرارگیری آن از روش بسط امواج صفحه‌ای (PWEM) با استفاده از نرم افزار Rsoft Bandsolve استفاده نموده‌ایم. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود ثابت شبکه (a)، فاصله بین دو حفره مجاور، را برابر با ۶۲۰nm و شعاع حفره را در ابتدا به صورت ضریبی از ثابت شبکه در نظر گرفته‌ایم. برای محاسبه مقادیر بهینه شعاع حفره‌ها و شکاف باند فوتونی (درپنجره ۱/۵۵μmو در محدوه گسترده)، نمودار شکاف باند برای مودهای TE و TM با تغییر شعاع از ۲۰۰nm تا ۳۴۰ nm برای ثابت شبکه ۶۲۰ nm در شکل ۲ رسم شده است. مشاهده می‌شود که شکاف باند مشترک ماکزیمم تقریبا در حفره‌هایی در محدوده‌ای به شعاع ۲۶۰nm تا ۳۱۰nm می‌باشد. با توجه به اینکه شعاع بهینه بایستی به گونه‌ای انتخاب شود که فرکانس نرمالیزه شده آن در محدوده طول موج ۱/۵۵μm باشد، بنابراین شعاع بهینه ۲۶۴/۱۲ nm بدست آمده است. در شکل ۳ ساختمان باند در مسیر k (Γ-M-K-Γ) برای مودهای TE و TM نشان داده شده است. همان طور که در شکلهای ۲ و ۳ دیده می شود در یک شبکه مثلثی حفره-ای، شکاف باند مشترک در طول موج ۱/۵۱μm قرار دارد که در محدوده پنجره طول موج ۱/۵۵ μm است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]



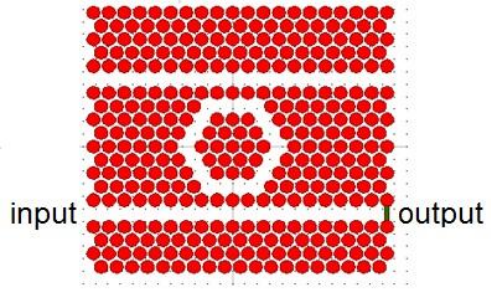
شکل۲: نمودار شکاف باند فوتونی برای مودهای TEو TM برحسب شعاع میله‌ها.



شکل ۳: نمودارساختمان شکاف باند فوتونی، محاسبه شده از مقادیر شعاع بهینه و ثابت شبکه.

۳- طراحی و شبیه سازی فیلتر قطبش

فیلتر قطبش طراحی شده در این مقاله از یک مشدد حلقوی شش ضلعی و دو موجبر طراحی شده است. مقادیر بهینه ثابت شبکه (a=۶۲۰nm) و شعاع حفره (۰/۴۲۶ × ثابت شبکه) به شبکه ۲۰×۲۰ مثلثی حفره‌ای اعمال می-کنیم. حفره‌های مرکزی مشدد حلقوی به گونه‌ای طراحی شده است که در حالت قطبش TE بر عکس حالت TM سیگنال را به خروجی انتقال نمی دهد. طبق شکل ۴ با طراحی موقعیت حفره‌های داخلی مشدد حلقوی، ضریب انتقال و ضریب کیفیت فیلتر را به گونه‌ای تنظیم می‌کنیم که حداکثر انتقال را برای قطبش TM و حداقل انتقال را برای قطبش TE داشته باشد. با افزایش شعاع حفره‌ها ضریب کیفیت و به عبارت دیگر، دقت مشدد حلقوی را افزایش می‌دهیم.



شکل۴: ساختار فیلتر قطبش با استفاده از مشدد حلقوی.

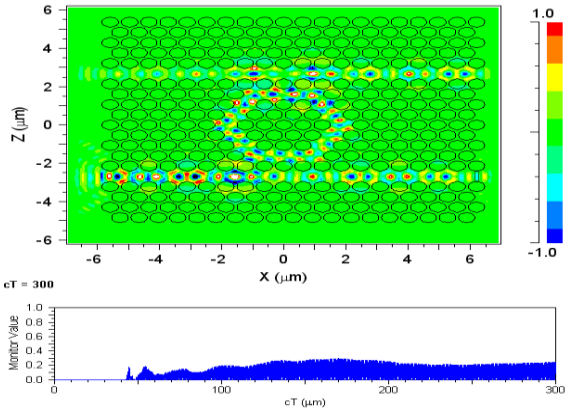
برای شبیه سازی دو بعدی فیلتر قطبش از روش تفاضل محدود در حوزه زمان (FDTD) و نرم افزار Full Wave استفاده کرده‌ایم. منبع گاوسی را به ورودی اعمال نموده و از یک مانیتور در انتهای موجبر خروجی برای مشاهده خروجی استفاده شده است. با ارسال موج پیوسته با قطبش TE، توزیع میدان به صورت شکل ۵ –الف مشاهده می‌شود. همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود میزان توان خروجی برای این قطبش تقریبا ۲۵٪ است. با اعمال یک پالس گاوسی به ورودی طیف انتقالی را می‌توان محاسبه نمود. شکل ۵-ب نمودار طیف انتقالی را برای قطبش TE نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود در طول موج ۱/۵۱μm حدود ۲۵٪ توان منتقل می‌شود.

به همین ترتیب، توزیع میدان و طیف انتقالی برای قطبش TM محاسبه شده است که در شکل ۶ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که در مود TM تقریبا ۹۵ درصد سیگنال از ورودی به خروجی در طول موج ۱/۵۱μmمنتقل می‌شود.

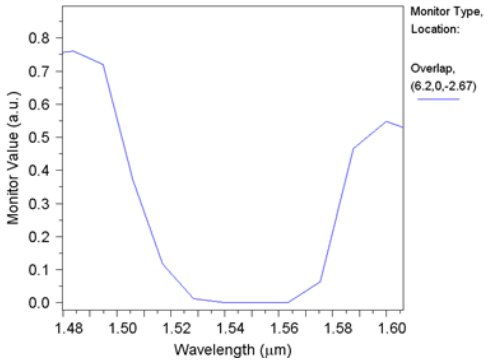
۴- نتیجه گیری

در این مقاله با استفاده از ساختار بلورهای فوتونی یک فیلتر قطبش در پنجره طول موج ۱/۵۵ μm با استفاده از مواد InP/InGaAsP طراحی گردیده است. با استفاده از مشدد حلقوی، در طول موج ۱/۵۱μm قطبش TM در حدود ۹۵ درصد به خروجی انتقال داده شد در حالی‌که قطبش TE در حدود ۲۵٪ منتقل گردیده است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]

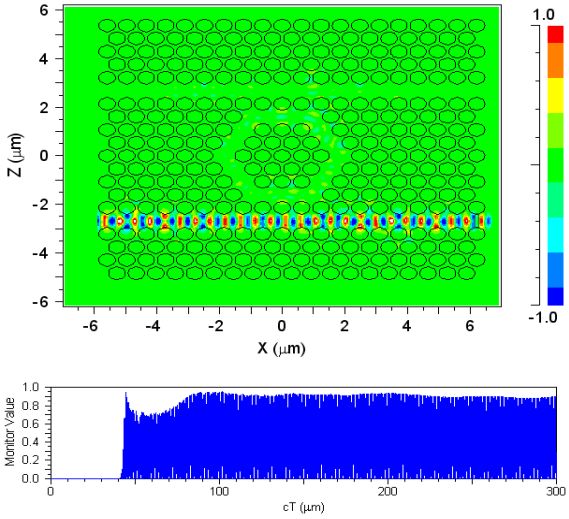


(الف)

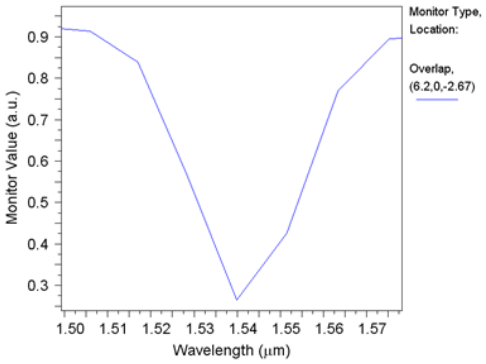


(ب)

شکل۵: الف) توزیع میدان مشدد حلقوی در محدوده طول موج ۱/۵۵μm ب)طیف انتقالی مشدد حلقوی برای قطبش TE.



(الف)



(ب)

شکل۶ : مود TM الف) توزیع میدان مشدد حلقوی در محدوده طول موج ۱/۵۵μm ب)طیف انتقالی مشدد حلقوی برای قطبش TM.

۵- منابع

[1] M. Nikoufard, "*Integrated Wavelength Division Multiplexing Receivers*", Netherlands: PHD.dissertation, 2008.

[2] A. A. M. Kok, "*Pillar photonic crystals in Integrated circuits*", The Netherlands: Ph.D. disstertation, 2008.

[3] A. A. M. Kok, "Short polarization filter in pillar-based photonic crystal," IEEE Photonics Technology Letters, pp. 1369-1371, No.16, Vol. 20, Aug. 2008.

[4] Yaw-Dong Wu, Tien-Tsorng Shih, and Jian-Jang Lee. , " High-quality-factor filter based on a photonic crystal ring resonator for wavelength division multiplexing applications", APPLIED OPTICS, Vol. 48, No. 25, 2009.

[5] M. Nikoufard, A. Mirzaei, M. Omidi Roozbahani,"Photonic Crystal-Based Polarization Splitter on InP Substrate", Iran-Belarus International Conference on Modern Applications of Nanotechnology (IBCN12) June 2012, Minsk, Belarus

[6] M. Nikoufard, M. Omidi Roozbahani, A. Mirzaei,"Design of Photonic Crystal Polarization Splitter on InP Substrate at 1.55μm Wavelength", The First Iranian Conference on Electromagnetic Engineering(ICEME2012) December 2012, Tehran, Iran.

.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-06]