



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



فیلتر قطبش مبتنی بر بلورهای فوتونی بر روی زیر لایه InP در پنجره طول موج $1.55\mu\text{m}$

مریم رنجبران^۱ و محمود نیکو فرد^۲

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اراک

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

چکیده- در این مقاله یک فیلتر قطبش با استفاده از بلورهای فوتونی بر روی زیر لایه InP در یک شبکه مثلثی حفره‌ای (20×20) طراحی گردیده است. با روش بسط امواج صفحه‌ای (PWEM)، مقادیر ثابت شبکه و شعاع بهینه به ترتیب 620 nm و 264.12 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 $1.55\mu\text{m}$ wavelength

Maryam Ranjbaran¹, Mahmoud Nikoufard²

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

²Department 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 $1.55\mu\text{m}$ 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.

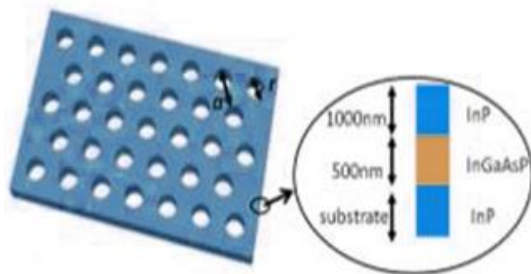
۱- مقدمه

با گسترش اینترنت، افزایش حجم انتقال داده برای محققین در حوزه الکترونیک نوری از اهمیت خاصی برخوردار است. برای استفاده بهینه از فضای فرکانسی، می توان هر سیگنالی را بر روی یکی از قطبش های 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 مجتمع سازی بیشتر ادوات نوری و حرکت به سوی VLSI نوری می باشد. استفاده از مواد InP/InGaAsP موجب می شود که بتوان تمامی ادوات فعال و غیر فعال نوری از جمله لیزر، تقویت کننده های نوری، مدولاتور نوری، MMI، WDM، 3dB-coupler، و سایر ادوات را در پنجره ی طول موج $1.55 \mu\text{m}$ مجتمع سازی یکپارچه نمود. با مدوله نمودن داده ها بر روی هر طول موج نوری و با دو قطبش مجزای TE و TM در فرستنده می توان از فضای فرکانسی (طول موج) استفاده مضاعف نمود. لذا در گیرنده نوری با استفاده از فیلتر قطبش می توان قطبش های نامطلوب را حذف نموده و داده های موجود در طول موج و قطبش مطلوب را در فوتودیود آشکار ساخت. تاکنون روش های متفاوتی برای فیلتر و جداسازی قطبش استفاده شده است که شامل استفاده از تزویج گرهای قطبش، مشدد حلقوی و self-collimating می باشد. عمده تحقیقات بر روی ادوات نوری یکپارچه در پنجره طول موج 1.55 مبتنی بر مواد InP می باشد.

۲- ساختمان شبکه

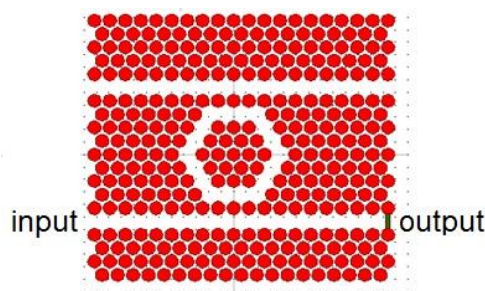
با توجه به این که برای طراحی فیلتر قطبش - که یکی از قطبشهای TE یا TM را عبور می دهد - بایستی شکاف باند مشترک برای قطبش های TE و TM بیابیم به طوری که شامل طول موج $1.55 \mu\text{m}$ نیز باشد. بنابراین از یک شبکه مثلی حفره ای استفاده کرده ایم. در شکل ۱ شمای کلی شبکه و حفره ها نشان داده شده است. بستر و لایه پوششی حفره ها از جنس InP و لایه فیلم از

جنس InGaAsP با طول موج شکاف باند $1.25 \mu\text{m}$ می باشد. مشخصات لایه ها شامل ضخامت و ضریب شکست در شکل ۱ نمایش داده شده است.

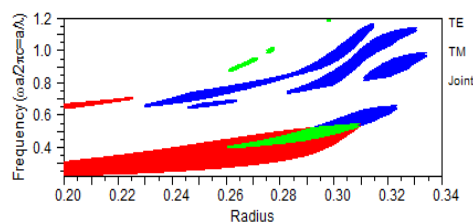


شکل ۱: مشخصات لایه های ساختار بلور فوتونی.

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 3.2634 محاسبه شده است. برای محاسبه شکاف باند فوتونی و محل قرارگیری آن از روش بسط امواج صفحه ای (PWEM) با استفاده از نرم افزار Rsoft Bandsolve استفاده نموده ایم. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود ثابت شبکه (a)، فاصله بین دو حفره مجاور، را برابر با 620 nm و شعاع حفره را در ابتدا به صورت ضریبی از ثابت شبکه در نظر گرفته ایم. برای محاسبه مقادیر بهینه شعاع حفره ها و شکاف باند فوتونی (در پنجره $1.55 \mu\text{m}$ و در محدوده گسترده)، نمودار شکاف باند برای مدهای TE و TM با تغییر شعاع از 200 nm تا 340 nm برای ثابت شبکه 620 nm در شکل ۲ رسم شده است. مشاهده می شود که شکاف باند مشترک ماکزیمم تقریباً در حفره هایی در محدوده ای به شعاع 260 nm تا 310 nm می باشد. با توجه به اینکه شعاع بهینه بایستی به گونه ای انتخاب شود که فرکانس نرمالیزه شده آن در محدوده طول موج $1.55 \mu\text{m}$ باشد، بنابراین شعاع بهینه $264/12 \text{ nm}$ بدست آمده است. در شکل ۳ ساختمان باند در مسیر k (Γ -M-K- Γ) برای مدهای TE و TM نشان داده شده است. همان طور که در شکل های ۲ و ۳ دیده می شود در یک شبکه مثلی حفره - ای، شکاف باند مشترک در طول موج $1.51 \mu\text{m}$ قرار دارد که در محدوده پنجره طول موج $1.55 \mu\text{m}$ است.



شکل ۴: ساختار فیلتر قطبش با استفاده از مشدد حلقوی.



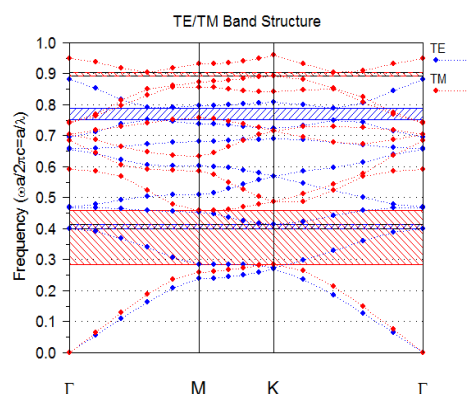
شکل ۲: نمودار شکاف باند فوتونی برای مدهای TE و TM بر حسب شعاع میله‌ها.

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 تقریباً 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 $1/51 \mu\text{m}$ 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 تقریباً ۹۵ درصد سیگنال از ورودی به خروجی در طول موج $1/51 \mu\text{m}$ منتقل می‌شود.

۴- نتیجه گیری

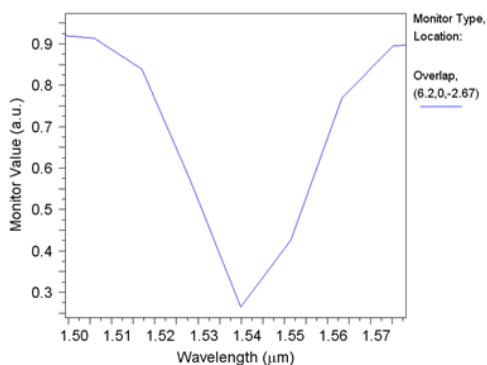
در این مقاله با استفاده از ساختار بلورهای فوتونی یک فیلتر قطبش در پنجره طول موج $1/55 \mu\text{m}$ با استفاده از مواد InP/InGaAsP طراحی گردیده است. با استفاده از مشدد حلقوی، در طول موج $1/51 \mu\text{m}$ قطبش TM در حدود ۹۵ درصد به خروجی انتقال داده شد در حالی که قطبش TE در حدود ۲۵٪ منتقل گردیده است.



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

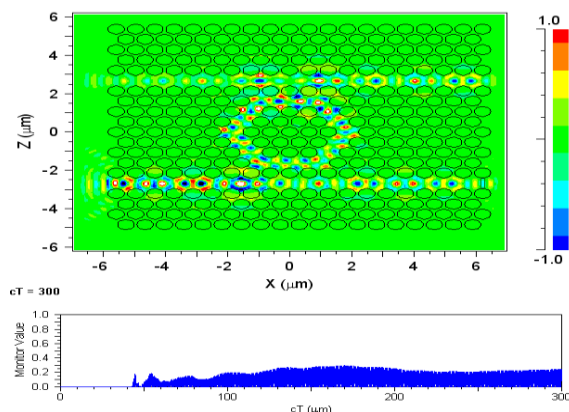
۳- طراحی و شبیه سازی فیلتر قطبش

فیلتر قطبش طراحی شده در این مقاله از یک مشدد حلقوی شش ضلعی و دو موجبر طراحی شده است. مقادیر بهینه ثابت شبکه ($a=620 \text{ nm}$) و شعاع حفره ($0/426 \times$ ثابت شبکه) به شبکه 20×20 مثلی حفره‌ای اعمال می‌کنیم. حفره‌های مرکزی مشدد حلقوی به گونه‌ای طراحی شده است که در حالت قطبش TE بر عکس حالت TM سیگنال را به خروجی انتقال نمی‌دهد. 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.



(ب)

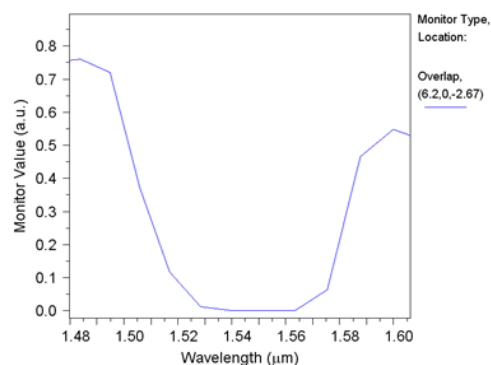
شکل ۶: مود TM الف) توزیع میدان مشدد حلقوی در محدوده طول موج $1.55 \mu\text{m}$ ب) طیف انتقالی مشدد حلقوی برای قطبش TM.



(الف)

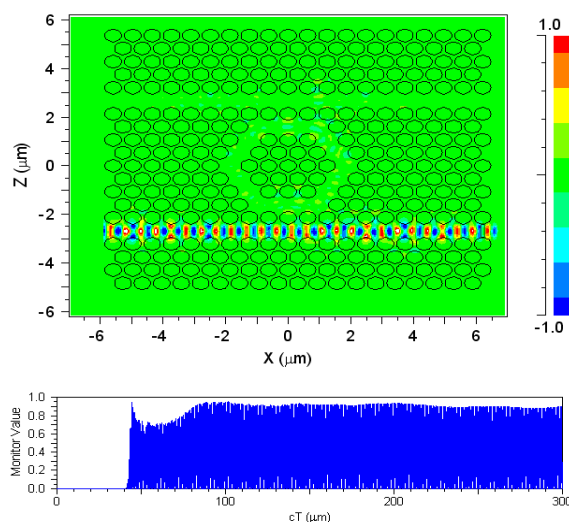
۵- منابع

- [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. dissertation, 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-Tsorn 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. Omid Roozbahani, "Photonic Crystal-Based Polarization Splitter on InP Substrate", Iran-Belarus International Conference on Modern Applications of Nanotechnology (IBCNI2) June 2012, Minsk, Belarus
- [6] M. Nikoufard, M. Omid Roozbahani, A. Mirzaei, "Design of Photonic Crystal Polarization Splitter on InP Substrate at $1.55 \mu\text{m}$ Wavelength", The First Iranian Conference on Electromagnetic Engineering (ICEME2012) December 2012, Tehran, Iran.



(ب)

شکل ۵: الف) توزیع میدان مشدد حلقوی در محدوده طول موج $1.55 \mu\text{m}$ ب) طیف انتقالی مشدد حلقوی برای قطبش TE.



(الف)