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

طراحی یک گیت NOR تمام نوری مبتنی بر بلورهای فوتونی

فرهاد مهدیزاده[۱]، محمد سروش[۲] و حامد علیپوربنایی[۳]

۱- گروه برق، دانشگاه شهید چمران اهوار، اهواز، ایران

۲- گروه برق، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه مهندسی برق، تبریز، ایران

چکیده – در این مقاله با استفاده از بلورهای فوتونی دو بعدی گیت *NOR* تمام نوری سه ورودی طراحی و شبیه سازی شده است. در این طرح از سه تشدیدگر حلقوی برای لحاظ کردن اثر ورودی‌ها استفاده شده است. با بهره‌گیری از ثابت شبکه *625nm*، شعاع میله‌های *0.265* برابر ثابت شبکه و ضریب شکست موثر ۳/۱ یک بلور پایه بدست آمد که در طول‌موج *1550 nm* قابل استفاده است. با اعمال شدت نور زیاد به ورودی‌های افزاره و براساس اثر غیرخطی کر ضریب‌شکست میله‌ها تغییر داده می‌شود و گذر نور به خروجی کنترل می‌شود. تطابق نتایج شبیه‌سازی با جدول درستی گیت *NOR* کارکرد مناسب افزاره را تایید می‌کند.

کلید واژه- اثر کر، باند ممنوعه فوتونیکی، رزوناتور حلقوی، کریستال فوتونیکی.

Designing an All Optical NOR Gate Based on Photonic Crystal

Farhad Mehdizadeh[1*], Mohammad Soroosh[1], and Hamed Alipour-Banaei[2]

1-Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2- Department of Electronics, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

Abstract- In this paper we proposed an all-optical 3-Input NOR gate based on photonic crystals. In designing this gate we used three resonant rings. By employing the lattice constant of 625 nm, radius to lattice constant ratio equal to 0.265 and effective refractive index of 3.1, a fundamental crystal was obtained which is suitable for application in 1550 nm wavelength. By employing high intensity optical power into the device, based on Kerr effect the refractive index of the rods will be varied and the coupling of light into output will be controlled. The consistency of simulation results with the logical table of NOR gate confirms the suitable functionality of the device.

Keywords: Kerr effect, Photonic band gap, Photonic crystal, Ring resonator

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-21]

۱- مقدمه

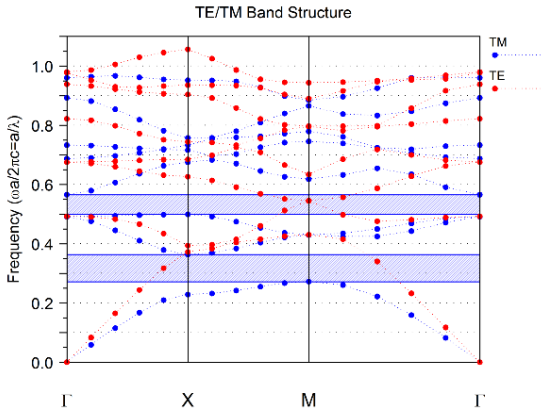
با توجه به تغییر سبک زندگی بشر نیاز به تبادل اطلاعات در بستر شبکه های مخابراتی نظیر اینترنت به یک نیاز اساسی تبدیل شده است. همین امر منجر به افزایش روز افزون تعداد کاربران اینترنت و سایر شبکه های مخابراتی شده است و متقاضی بیشینه پهنای باند و سرعت تبادل داده و اطلاعات هستند. بنابراین شبکه های الکترونیکی نمی‌توانند این نیازها را برآورده سازند و گذر از دنیای الکترونیک به دنیای فوتونیک امری اجتناب ناپذیر است. بهره‌برداری کامل از قابلیت‌های انتقال نوری مستلزم استفاده از افزاره‌های تمام نوری است که بتوانند بصورت کامل در حوزه نور کار کنند از جمله این افزاره‌ها به فیلتر نوری [۱-۲]، دی مالتی پلکسر نوری [۳-۴]، سوییچ نوری [۵] و گیت نوری [۶] می‌توان اشاره کرد.

بلورهای فوتونی گزینه مناسبی برای طراحی افزاره‌های تمام نوری هستند که به دلیل ویژگی‌های تناوبی ثابت دی الکتریک و وجود باند ممنوعه فوتونی [۷] بسیاری از چالش‌های موجود در طراحی افزاره‌های نوری مانند حبس شدگی ضعیف نور در فضاهای بسیار کوچک و طراحی افزاره‌های نوری فشرده را مرتفع کرده اند.

گیت های منطقی نوری پیش‌نیاز طراحی رایانه‌های نوری و سامانه‌های های پردازش سیگنال نوری می باشند. در این مقاله با استفاده از تشدیدگرهای حلقوی و اثر غیر خطی کر یک گیت NOR نوری با سه ورودی طراحی و شبیه سازی شده است. در بخش دوم به چگونگی طراحی گیت NOR پرداخته می‌شود سپس نتایج بدست آمده از طراحی با جدول درستی گیت NOR مقایسه می‌شود تا درستی کارکرد گیت طراحی شده ارزیابی شود.

۲- طراحی گیت NOR

برای طراحی این گیت از یک آرایه ۴۱×۵۵ از میله های دی الکتریک با شبکه مربعی در بستر هوا استفاده شده است. شعاع میله های دی الکتریک برابر R=0.265*a بوده و جنس میله های دی الکتریک، شیشه کلکجناید با ضریب شکست موثر ۳/۱ می‌باشد. ضریب اثر کر برای این ماده $n_2=9*10^{-17}$ m^2/W است [۶]. و ثابت شبکه بلور a=825 nm است. با استفاده از روش بسط امواج مسطح[1] ساختار باند بلور فوتونی پایه بصورت شکل ۱ محاسبه شده است. این شکل نشان می‌دهد که ساختار بلور فوتونی دارای دو باند ممنوعه در مد TM[2] می‌باشد. باند ممنوعه دوم که در محدوده $0.498 < a/\lambda < 0.567$ قرار دارد متناظر با $1455\ nm < \lambda < 1656\ nm$ است که برای پنجره سوم مخابراتی مناسب است.

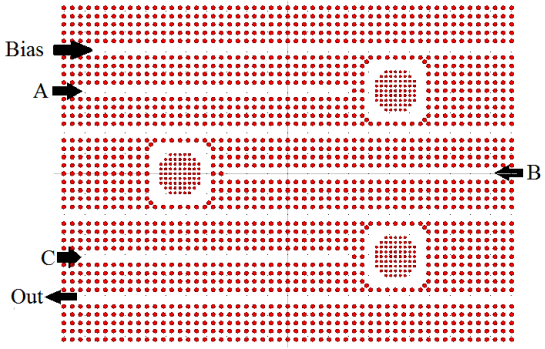


شکل ۱. ساختار باند بلور پایه

برای طراحی گیت NOR سه ورودی چهار موجبر خطی درون ساختار پایه ایجاد کرده و سپس سه تشدیدگر حلقوی بین این موجبرها قرار می‌گیرد. این تشدیدکننده های حلقوی چنان طراحی شده‌اند که در طول موج 1550 nm مد تشدید با دامنه نرمالیزه 100% دارند. در ادامه سه موجبر دیگر درون ساختار ایجاد می‌شود تا پورت های ورودی منطقی گیت را به تشدیدگر حلقوی متناظرشان وصل کنند. ساختار نهایی گیت طراحی شده در شکل ۲ نشان داده شده است. این گیت یک پورت ورودی بایاس دارد که نور با طول موج 1550 nm از آن وارد موجبر بالایی می‌شود. باتوجه به مطابقت طول موج نور بایاس با طول موج تشدید تشدیدگرهای حلقوی، نور بایاس بوسیله هر تشدیدگر از موجبر بالایی به موجبر پایینی تشدیدگر منتقل می‌شود. سه پورت منطقی A، B و C نیز درنظر گرفته شده است تا نورهای ورودی به موجبرها وارد شوند و نتیجه تشدیدها بوسیله موجبر خروجی درنظر گرفته شده به خارج افزاره انتقال می‌یابد.

[1] Plane Wave Expansion Method
[2] Transverse Magnetic

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-21]



شکل ۲. ساختار گیت NOR پیشنهادی

۳- شبیه سازی و نتایج

برای شبیه سازی و مطالعه مشخصات و رفتار نوری قطعه طراحی شده از روش تفاضل متناهی در حوزه زمان استفاده شده است. همانگونه که گفته شد طول موج تشدید تشدیدگرهای حلقوی به ضریب شکست میله های هسته تشدیدگر و نیز میله های مجاور حلقه تشدید وابسته است، اگر ضریب شکست این میله ها تغییر کند طول موج تشدید حلقه نیز تغییر می‌کند. تغییر ضریب شکست با استفاده از اثر غیر خطی کر[3] اتفاق می‌افتد و به ازای شدت نورهای ضریب شکست به شدت توان نور تابشی وابسته می شود.

در حالتی که همه پورت های ورودی منطقی گیت خاموش (صفر منطقی) هستند گیت روشن است و درصورتی که یک یا چند ورودی منطقی روشن شوند گیت خاموش می‌شود. در ساختار طراحی شده در حالتی که هر سه ورودی منطقی خاموش باشند (A=B=C=0) نور بایاس ورودی به دلیل تطابق طول موجش با طول موج تشدید حلقه های تشدید می‌تواند بوسیله حلقه های تشدید به موجبر پایینی هر حلقه دراپ شده و درنتیجه به موجبر خروجی و پورت خروجی منتقل شود. بنابراین بدلیل وجود نور در خروجی گیت، حالت روشن (۱ منطقی) اتفاق می‌افتد (شکل ۳الف). اگر ورودی منطقی A روشن شود شدت زیاد نور این ورودی باعث تغییر ضریب شکست میله های هسته و اطراف حلقه تشدید شده و طول موج تشدید حلقه اول جابجا می شود. در نتیجه نور بایاس دیگر نمی‌تواند از طریق حلقه تشدید به موجبر زیرین حلقه اول منتقل شود و لذا ارتباط بین ورودی و خروجی قطع می‌شود. بنابراین نور بایاس به خروجی افزاره منتقل نمی‌شود و گیت خاموش (صفر منطقی) می‌شود (شکل ۳ب). این روند برای روشن بودن پورتهای دیگر نیز اتفاق می‌افتد درصورت روشن بودن یک یا چند پورت ورودی منطقی ارتباط ورودی و خروجی قطع شده و گیت NOR در حالت صفر منطقی خواهد بود. نحوه عملکرد گیت برای چهار حالت نمونه از هشت حالت کلی ورودی های منطقی گیت در شکل ۳ نشان داده شده است. بدیهی است که کارکرد درست گیت طراحی شده به روشن بودن پورت بایاس وابسته است و اگر این پورت خاموش باشد گیت همواره خاموش خواهد بود. توان نوری بایاس افزاره $0.5\ kW/\mu m^2$ انتخاب شده است و توان ورودی‌ها نیز $1\ kW/\mu m^2$ درنظر گرفته شده است. در حالت گیت روشن شدت توان در خروجی گیت به اندازه ۸۰٪ شدت توان نور بایاس ورودی می‌باشد. برای طراحی و شبیه سازی این افزاره از نرم افزار Rsoft استفاده شده است.

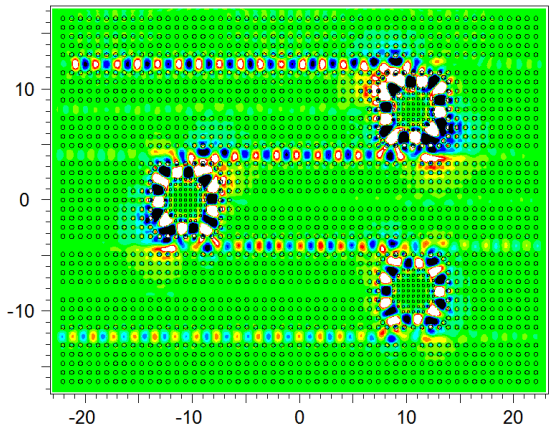
درحالت کلی جدول درستی گیت NOR سه ورودی هشت حالت مختلف دارد که با توجه به بررسی حالت‌های اساسی گفته شده در شکل ۳ و محدودیت فضای ارایه نتایج فقط به چهار حالت مهم آنها اشاره کرده‌ایم.

۴- نتیجه گیری

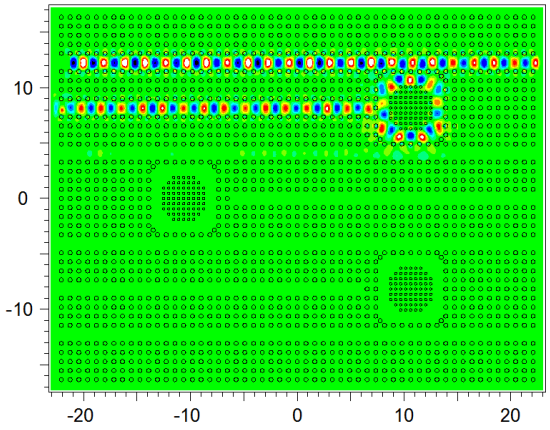
در این مقاله با استفاده از تشدیدگرهای حلقوی مبتنی بر بلورهای فوتونیکی یک گیت NOR سه ورودی طراحی وشبیه سازی شد. با بهره گیری از اثر غیرخطی کر و تغییر ضریب شکست میله‌ها کارکرد تشدیدگرهای حلقوی بررسی شد و مسیر راهیابی نور بایاس به خروجی افزاره کنترل شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با اعمال شدت نور زیاد به ورودی‌ها می‌توان گذر نور بایاس افزاره به خروجی را به دلخواه کنترل کرد.

[3] Nonlinear Kerr Effect

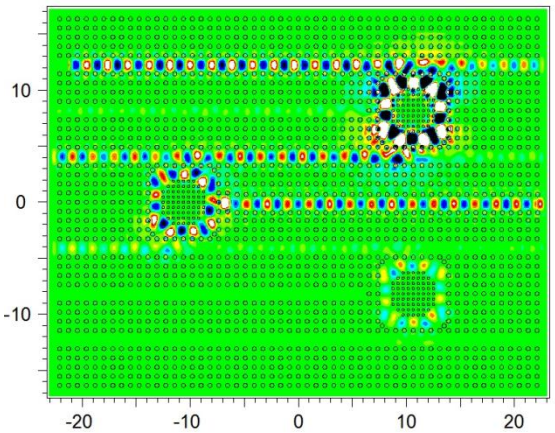
[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-21]



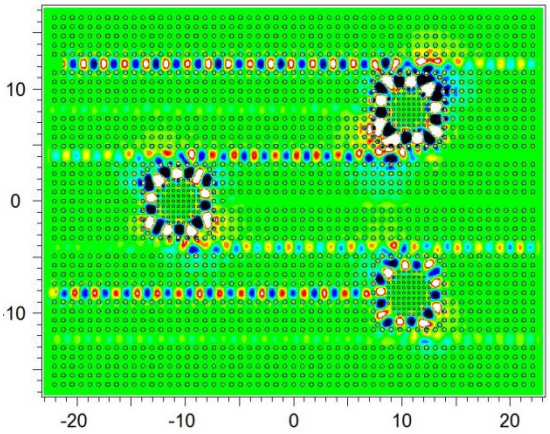
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۳. نتایج خروجی گیت NOR به ازای ۴ حالت نمونه. (الف) هر سه ورودی خاموش، (ب) فقط پورت A روشن، (ج) فقط پورت B روشن، (د) فقط پورت C روشن.

مراجع

[1] Djavid M, Abrishamian M S, *Multi-channel drop filters using photonic crystal ring resonators*, Optik, 123 (2011) 167-170.

[2] Mahmoud M Y, Bassou G, Taalbi A, and Chekroun Z M, *Optical channel drop filter based on photonic crystal ring resonators*, Optics communications, 285 (2012) 368-372.

[3] Rakhshani M R, Birjandi M A M, *Design and simulation of wavelength demultiplexer based on heterostructure photonic crystals ring resonators* Physica E, 50 (2013) 97-101.

[4] Alipour-Banaei H, Mehdizadeh F, Serajmohammadi S, *A novel 4-channel demultiplexer based on photonic crystal ring resonator* Optik 124 (2013) 5964-5967.

[5] Ahmadi-Tame T, Isfahani B M, Granpayeh N, Javan A M, *Improving the performance of all optical switching based on nonlinear photonic crystal micro ring resonator* Int. J. Electron. Commun (AEU) 65 (2011) 281-287.

[6] Andalib P, Granpayeh N, *All optical ultracompact photonic crystal AND gate based on nonlinear ring resonators* J. Opt. Soc. Am. B 26 (2009) 10-16.

[7] Mehdizadeh F, Alipour-Banaei H, *Band gap management in two dimensional photonic crystal thue-morse structures*, Journal of Optical Communications 34 (2013) 61-65.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-21]