همایش نانوفوتونیک ایران ۱۳۹۹- ۱ و ۲ آبان
Iranian Nano-Photonic Conference 2020
October 23 and 24

پیشنهاد یک ساختار فشرده مبتنی بر بلور فوتونی برای رمزگذار تمام‌نوری

محمدجواد ملکی، محمد سروش *، تینا دقوقی

گروه مهندسی برق، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران

چکیده: در این مقاله، یک ساختار مبتنی بر بلور فوتونی برای رمزگذار تمام‌نوری ۱ به ۲ پیشنهاد شده است. در این ساختار، از دو نقص غیرخطی با شعاع‌های متفاوت استفاده شده است تا بتوان نور را به ازای شدت‌ه نورهای مختلف به درگاه‌های خروجی انتقال داد. به ازای حالت‌های ورودی، توان‌های نوری به نقص‌های غیرخطی می‌رسد. با بهره‌گیری از اثر نوری کر، ضریب شکست نقص‌ها و اندازه نور تزویجی به سوی درگاه‌های خروجی نیز تغییر می‌کنند. برای شبیه‌سازی ساختار پیشنهادی از روش تفاضل محدود حوزه زمان استفاده شده است. در این روش، ضریب شکست موثر بکار گرفته می‌شود تا اندازه خطای محاسباتی کاهش یابد. مساحت این افزاره پیشنهادی ۳۹ میکرومترمربع و زمان تاخیر آن ۰/۲۱ پیکوثانیه است. کوچک‌تر بودن ساختار پیشنهادی در مقایسه با ساختارهای پایه دیگر نشان می‌دهد که می‌توان نسبت به استفاده از آن خوش‌بین بود. از طرفی، پاسخ زمانی سریع آن نیز می‌تواند به عنوان مزیت دیگر ساختار بیان شود. فاصله بهنجارشده ۸۸ درصدی بین سطوح منطقی ۰ و ۱ نیز از ویژگی‌های مهم طرح پیشنهادی است. بر اساس نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی ساختار ارائه شده، می‌توان گفت که طرح پیشنهادی به‌عنوان یک مبنای فشرده برای طراحی رمزگذارهای نوری به‌شمار می‌رود.

کلید واژگان: اثر نوری کر؛ بلور فوتونی؛ رمزگذار تمام‌نوری؛ گاف فوتونی.

A proposed compact photonic crystal-based structure for all-optical decoder

Mohammad Javad Maleki, Mohammad Soroosh, Tina Daghooghi

Dept. of Electrical Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Abstract- In this paper, a photonic crystal-based structure for all-optical 1-to-2 decoder has been proposed. In this structure, two nonlinear defects with different rods have been used to transmit the light toward the output ports for different optical intensities. Corresponding input states, optical powers reach the nonlinear defects. Due to the optical Kerr effect, the defect indices and the amount of the coupled light to the output ports change. For the simulation of the proposed structure, the finite difference time domain method has been used. In this method, the effective refractive index is considered to reduce the computational error. The area and the delay time of the proposed device are 39 μm2 and 0.21 ps, respectively. The small size of the proposed structure compared with other basic ones shows that one can be optimistic about employ it. Besides, the fast response time takes into account another advantage of the structure. Also, the normalized difference of 88% between 0 and 1 logic levels is an essential feature of the proposed design. According to the obtained results from the simulation, the proposed plan can be known as a compact basis for designing the optical decoders.

Keywords: Optical Kerr effect; Photonic crystal; All-optical decoder; Photonic Bandgap.

* m.soroosh@scu.ac.ir

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

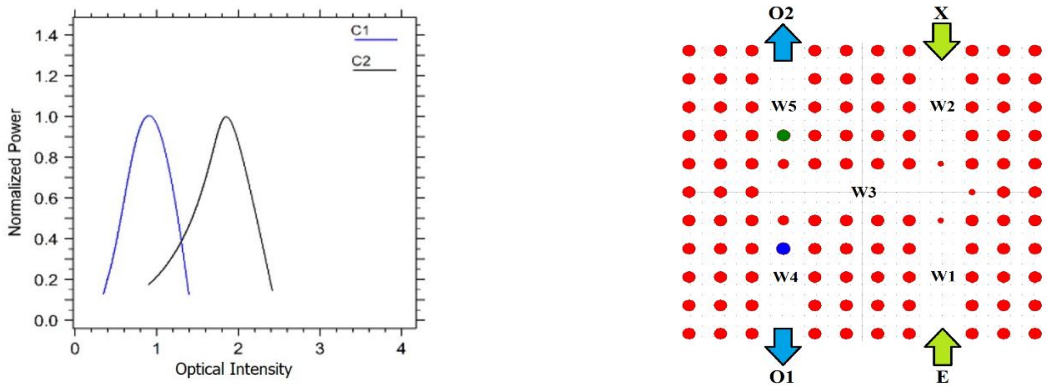
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، باتوجه به نیاز روز افزون به انتقال اطلاعات در حجم‌های بالا و نیز لزوم پردازش سریع آن‌ها، پردازش نوری به موضوعی جذاب برای پژوهشگران تبدیل شده است. نور به‌عنوان یک حامل با سرعت انتقال بالا جایگزین مناسبی برای حامل‌های پایه یعنی الکترون‌ها محسوب می‌شود. بنابراین پردازشگرهای نوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند [۱]. رمزگذارهای تمام‌نوری به‌دلیل سرعت بالا به‌عنوان یک بلوک مهم در پردازشگرهای نوری محسوب می‌شوند. هدف از این پژوهش، طراحی و شبیه‌سازی یک رمزگذار ۱ به ۲ مبتنی بر بلورهای فوتونی است که نسبت به پژوهش‌های پیشین مساحت بسیار کم‌تری داشته باشد. هم‌چنین سعی شده است که مقادیر گزارش شده در پژوهش‌های پیشین برای پارامترهای زمان تاخیر و تفاوت بین سطوح منطقی صفر و یک نیز بهبود پیدا کنند.

۲- ساختار پیشنهادی و نتایج شبیه‌سازی

ساختار پیشنهادی از ۱۱ ردیف و ۱۲ ستون از میله‌های دی‌الکتریک به‌ترتیب در راستای محورهای X و Z استفاده شده است. میله‌های دایره‌ای شکل استفاده شده در ساختار، از شیشه چالکوجناید با ضریب شکست خطی ۳/۱ و شعاع ۱۰۹ نانومتر هستند که در بستر هوا قرار دارند [۲]. چینش میله‌ها به‌صورت مربعی بوده و ثابت شبکه برابر ۵۴۷ نانومتر است. اگرچه این ساختار دو بعدی است اما در عمل، باید ارتفاع ده برابر شعاع را برای میله‌ها لحاظ کرد. ساختار پیشنهادی یک باند در مود TM دارد که در بازه بسامدی ۰/۴۳۶ >a/λ >۰/۳۱۲ قرار دارد و معادل بازه طول موجی ۱۷۵۳nm >λ >۱۲۵۵nm است. با توجه به کاربرد این افزاره در پنجره سوم مخابراتی طول موج کاری این افزاره ۱۵۵۰ نانومتر در نظر گرفته شده است. ساختار پیشنهادی شامل دو درگاه ورودی X و E، دو درگاه خروجی O1 و O2 و پنج موجبر W1، W2، W3، W4 و W5 است (شکل ۱-الف). هم‌چنین در این ساختار از دو نقص با رنگ‌های آبی و سبز استفاده شده است. هردو نقص از شیشه آلاییده با ضریب شکست خطی ۱/۴ و ضریب شکست غیرخطی کر $۱۰^{-۱۴} m^۲/W$ هستند [۳]. در این بخش با استفاده از روش تفاضل محدود حوزه زمان به شبیه‌سازی حالت‌های مختلف افزاره پیشنهادی پرداخته می‌شود. برای این‌که بتوان هر یک از درگاه‌های خروجی را به ازای حالت‌های مختلف درگاه‌های ورودی فعال کرد از دو نقص غیرخطی استفاده شده است. نقص‌های آبی و سبز به ازای شدت توان تقریبی I0×0.09 $W/\mu m^2$ نور رسیده به موجبر W3 را به‌ترتیب به ازای I0=1 و I0=2 به درگاه‌های خروجی O1 و O2 انتقال می‌دهند (شکل ۱-ب).



(الف) (ب)

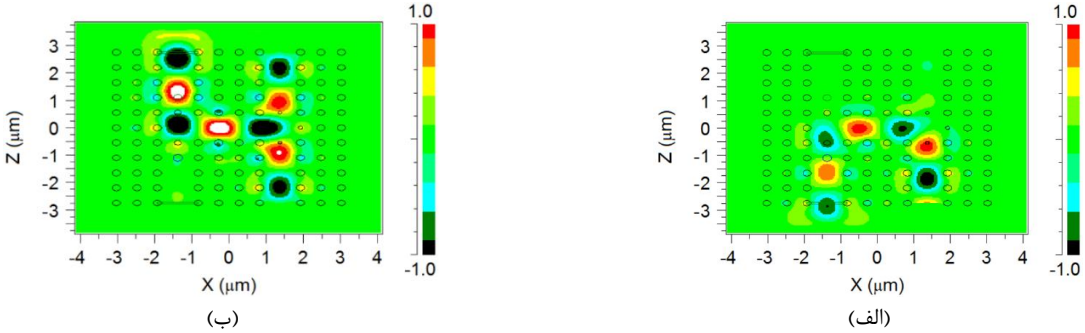
شکل ۱- (الف) طرح کلی ساختار پیشنهادی و (ب) توان بهنجارشده در کاواک‌های متصل به موجبرهای W4 (C1) و W5 (C2) برحسب I0.

با توجه به تعداد ورودی‌ها، ساختار ۲ حالت مختلف دارد که برای ارزیابی ساختار پیشنهاد شده به بررسی آن‌ها پرداخته خواهد شد. حالت ۱: در این حالت، فقط درگاه ورودی E فعال بوده و درگاه ورودی دیگر غیرفعال است. در نتیجه باتوجه به فعال بودن فقط یکی از ورودی‌ها شدت توان نوری تقریبی که وارد موجبر W3 می‌شود و به نقص‌ها می رسد برابر با $90\ \mu W/\mu m^2$ است. در نتیجه نقص پایینی نور رسیده را به موجبر W4 انتقال داده و درگاه خروجی O1 برابر با یک می‌شود (شکل ۲-الف). حالت ۲: شدت توان نوری رسیده به موجبر W3 با توجه به فعال بودن

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

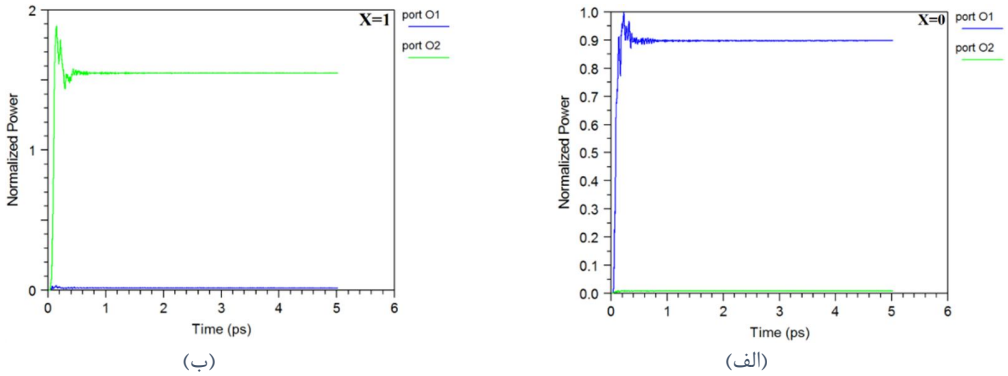
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]

هر دو درگاه ورودی X و E برابر با $180\ \mu W/\mu m^2$ است. در نتیجه نور توسط نقص بالایی به درگاه خروجی O2 انتقال داده می‌شود (شکل ۲-ب).



شکل ۲- انتشار نور در ساختار پیشنهادی به‌ازای حالت‌های ورودی (الف) X=0 و (ب) X=1.

اگرچه در شکل ۲ عملکرد افزاره پیشنهادی به‌صورت کیفی بررسی شده است اما برای ارزیابی دقیق‌تر ساختار باید تحلیل زمانی نیز انجام شود (شکل ۳). با توجه به شکل ۳، بیش‌ترین مقدار برای صفر منطقی برابر ٪۲ و کم‌ترین مقدار به‌دست آمده برای یک منطقی برابر ٪۹۰ است که این دو مقدار به‌عنوان مرزهای صفر و یک منطقی ساختار در نظر گرفته می‌شوند. هم‌چنین مساحت ساختار پیشنهادی تقریبا ۳۹ میکرومترمربع و زمان تاخیر آن تقریبا برابر با ۲۱۰ فمتوثانیه است. مقایسه نتایج بدست آمده با داده‌های مراجع ۴ و ۵ نشان می‌دهد که ساختار پیشنهادی بسیار کوچک‌تر از ساختارهای دیگر است. هم‌چنین تفاوت سطوح صفر و یک نیز تا ۸۸ درصد بهبود یافته است.



شکل ۳- توان بهنجارشده درگاه‌های خروجی به ازای حالت‌های (الف) X=0 و (ب) X=1.

نتیجه‌گیری

در این مقاله نشان داده شد که با استفاده از نقص‌های غیرخطی در کاواک‌های تشدیدی می‌توان رمزگذارهای نوری مبتنی بر بلورهای فوتونی را طراحی کرد. همچنین نشان داده شد که ساختار پایه با دو خروجی را می‌توان در سطح ۳۹ میکرومتر مربع جای داد. این ساختار، زمان تاخیر ۰/۲۹ پیکوثانیه و فاصله بهنجارشده سطوح منطقی ۸۸ درصد را ارائه داد.

مراجع

1. L. N. Binh, *Digital Processing, Optical Transmission and Coherent Receiving Techniques*, CRC Press, 2013.
2. K. Ogusu *et al*. **Optics Letters.** 29 (2004) 265-267.
3. B. E. A. Saleh *et al*. *Teich,Fundamentals of Photonics*, 3rd ed.(Wiley, 2019), pp. 3–17.
4. F.Mehdizadeh *et al*. **Journal of Optoelectronical Nanostructures**. 2 (2017) 1-10.
5. S. Serajmohammadi *et al*. **ICOP & ICPET**. 20 (2014) 1261-1264.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]