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

پیشنهاد یک ساختار کوچک برای نیم‌جمع‌کننده تمام نوری با استفاده از نقص‌های غیرخطی

محمدجواد ملکی، محمدرضا جلالی عزیزپور، محمد سروش *

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

چکیده: در این مقاله، به طراحی و شبیه‌سازی یک ساختار بسیار کوچک برای نیم‌جمع‌کننده تمام نوری مبتنی بر بلور فوتونی پرداخته می‌شود. به‌منظور دست‌یابی به عملکرد درست افزاره از دو نقص غیرخطی با ضریب شکست خطی ۱/۴ و ضریب شکست غیرخطی $۱۰^{-۱۴}$ m^2/W و شعاع‌های مختلف استفاده شده است تا بتوان سیگنال‌های مختلف وارد شده از درگاه‌های ورودی را به درگاه‌های خروجی SUM و CARRY انتقال داد. با توجه به اهمیت موضوع مجتمع سازی، مساحت سطح ساختار پیشنهادی برابر ۲۸/۴ میکرومترمربع محاسبه شده است که نسبت به کارهای پیشین مقداری کمتر است. از طرفی باتوجه به اهمیت پردازش پرسرعت داده‌ها، زمان تاخیر افزاره پیشنهادی برابر ۰/۳ پیکوثانیه بدست آمده است که نسبت به پژوهش‌های پیشین کاهش یافته است. پارامتر مهم دیگر در افزاره‌های مبتنی بر بلور فوتونی تفاوت سطوح ۱ و ۰ منطقی است که در این پژوهش برابر ۸۱ درصد بدست آمده است. این پارامتر نیز نسبت به پژوهش‌های پیشین بهبود پیدا کرده است. بر اساس ویژگی‌های بدست آمده می‌توان گفت که این پژوهش توانسته است پژوهش‌های پیشین را بهبود بخشد در نتیجه می‌توان نسبت به بکارگیری ساختار پیشنهادی در پردازشگرهای با سرعت بالا خوش‌بین بود.

کلید واژگان: اثر غیرخطی نوری کر؛ بلور فوتونی؛ گاف فوتونی؛ نیم‌جمع‌کننده تمام نوری.

Proposal a small structure for all-optical half-adder using the nonlinear defects

Mohammad Javad Maleki, Mohammad Reza Jalali Azizpour, Mohammad Soroosh

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

Abstract- In this paper, design, and simulation of a very small structure for all-optical photonic crystal-based half-adder has been done. To achieve the correct operation of the device, two nonlinear defects with the linear refractive index of 1.4, the nonlinear coefficient of 10-14 m2/W, and different radii have been used. So, the distinct incoming signals from the input ports are transferred to output ports SUM and CARRY. With regard to the importance of the integration issue, the area of the proposed structure has been calculated around 28.4 μm2 which is less than the previous works. Concerning the high-speed processing of data, the delay time of the proposed device has been reduced to 0.3 ps compared to the last researches. The difference between the logic levels of 0 and 1 is another critical parameter for photonic crystal-based devices that is obtained 81% in this research. This parameter has also been enhanced in this work compared to previous studies. According to the obtained features, it can be concluded that this research could enhance previous researches. So, one can be optimistic about employing the proposed structure in high-speed processors.

Keywords: Nonlinear optical Kerr effect; Photonic crystal; Photonic bandgap; All-optical half-adder.

* m.soroosh@scu.ac.ir

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

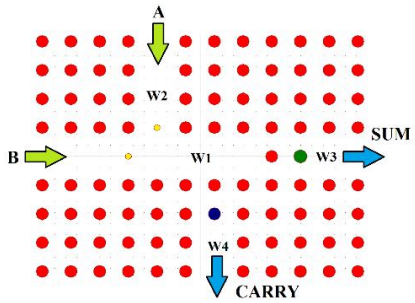
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]

۱- مقدمه

امروزه باتوجه به اهمیت موضوع مجتمع‌سازی و پردازش داده‌ها با سرعت بالا پردازشگرهای نوری بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. بلور فوتونی آرایه‌ای متناوب از مواد دی‌الکتریک است که به دلیل تلفات ناچیز، انعطاف‌پذیری در شکل و ابعاد، کاربرد در حوزه‌های دیجیتال و آنالوگ و حسگری کمیت‌های مختلف گزینه مناسبی برای طراحی و ساخت افزاره‌های تمام نوری به شمار می‌رود [۱]. در این پژوهش، یک ساختار مبتنی بر بلور فوتونی ارائه می‌شود که به عنوان یک بلوک پایه با مساحت کم می‌تواند دو بیت را با هم جمع کند. اهمیت این ساختار در ایده اصلی آن نهفته است که با بکارگیری نقص‌های غیرخطی در تقاطع موجبرها می‌تواند نور ورودی را بر اساس اندازه شدت آن به درگاه‌های خروجی مناسب هدایت کند.

۲- ارائه ساختار پیشنهادی و نتایج شبیه‌سازی

ساختار پایه دارای ۱۲ میله در راستای محور x و ۹ میله در راستای محور z است. میله‌های دی‌الکتریک بکار برده شده از جنس شیشه چالکوجناید با ضریب شکست خطی ۳/۱ و شعاع ۱۰۸ نانومتر هستند که با دوره تناوب مکانی ۵۳۰ نانومتر در بستر هوا قرار دارند[۲]. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است سیگنال‌های وارد شده از درگاه‌های ورودی A و B از طریق چهار موجبر به درگاه‌های خروجی SUM و CARRY انتقال داده می‌شوند. در این ساختار از دو نقص غیرخطی با رنگ‌های سبز و آبی با ضریب شکست خطی ۱/۴ و ضریب غیرخطی 10^{-14} m^2/W استفاده شده است[۳]. شعاع میله‌های سبز و آبی به ترتیب ۱۱۷ نانومتر و ۱۰۹ نانومتر انتخاب شده است تا بتوان توان‌های مختلف وارد شده در موجبر W1 را به خروجی مدنظر انتقال داد. ساختار پیشنهادی دارای یک گاف فوتونی در بازه ۱۳۲۰ نانومتر تا ۱۶۹۰ نانومتر است که طول موج‌های باند C و L مخابراتی را پوشش می‌دهد.



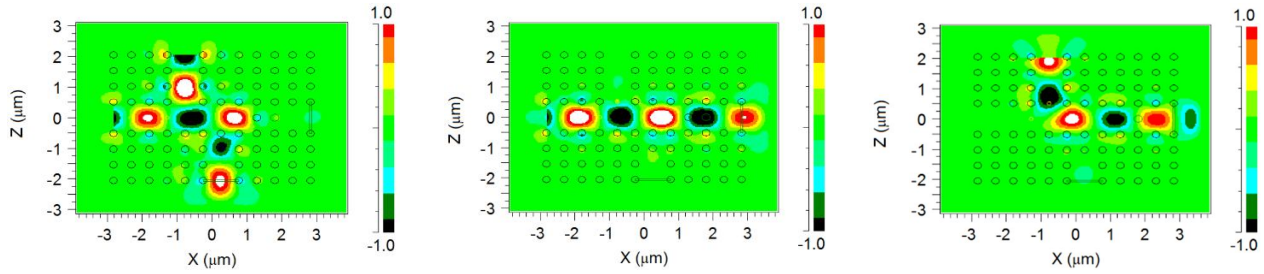
شکل ۱- ساختار پیشنهادی برای نیم جمع‌کننده تمام نوری.

شکل ۲ چگونگی انتشار نور در ساختار پیشنهادی را نشان می‌دهد. هنگامی که فقط یکی از درگاه‌های وردی A یا B فعال است نور با شدت توان تقریبی $I0=0.09\ W/\mu m^2$ وارد موجبر W1 شده و از طریق میله غیرخطی سبز رنگ و موجبر W3 به درگاه خروجی SUM انتقال داده می‌شود (شکل ۲-الف و ۲-ب). هنگامی که هر دو درگاه ورودی فعال هستند شدت توان تقریبی 2I0 وارد ساختار شده و از طریق میله غیرخطی آبی رنگ و موجبر W4 به درگاه خروجی CARRY انتقال داده می شود (شکل ۲-ج). دلیل این موضوع را می‌توان به اثر غیرخطی نوری کر نسبت داد. طبق این اثر، ضریب شکست یک ماده دی‌الکتریک (n) در هنگام برخورد با نور شدید بر اساس رابطه (۱) تغییر می‌کند که I شدت نور تابشی، n_1 ضریب شکست خطی و n_2 ضریب غیرخطی ماده مورد نظر است[۴]:

$$n= n_1+n_2I \qquad (۱)$$

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

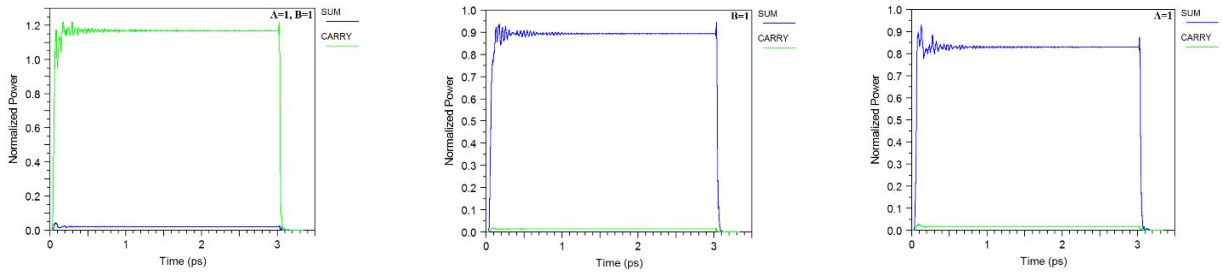
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-13]



(ج) (ب) (الف)

شکل ۲- انتشار نور در ساختار پیشنهادی به ازای حالت‌های: (الف) A=1, B=0، (ب) A=0, B=1، (ج) A=1, B=1.

به‌منظور بررسی بیشتر ساختار پیشنهادی، تحلیل زمانی آن در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تفاوت دو سطح منطقی بهنجارشده افزاره ۸۱ درصد و زمان لازم برای رسیدن به پاسخ پایدار افزاره ۰/۳ پیکوثانیه است. در جدول ۱ برای ارزیابی بهتر نتایج بدست آمده از این پژوهش، پارامترهای مهم آن با کارهای دیگر [۴-۵] مقایسه شده است. مشاهده می‌شود که این پژوهش در تمام پارامترهای مورد مقایسه نسبت به آثار پیشین برتری دارد و توانسته است خروجی‌های افزاره را بهبود ببخشد.



(ج) (ب) (الف)

شکل ۳- تحلیل زمانی افزاره پیشنهادی به ازای حالت‌های: (الف) A=1, B=0، (ب) A=0, B=1، (ج) A=1, B=1.

جدول ۱- مقایسه پارامترهای خروجی از افزاره با پژوهش‌های پیشین.

پژوهش	مساحت (μm^2)	تفاوت سطوح منطقی (٪)	زمان تاخیر (ps)
[۴]	۷۵	۷۵	۱
[۵]	۳۰۳	۶۵	۳
این پژوهش	**۲۸/۴**	**۸۱**	**۰/۳**

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) 3–17.
4. M.R Jalali-Azizpoor *et al.* **Photonic Network Communications**, 36 (2018) 344–349.
5. M. Neisy *et al*. **Photonic Network Communications,** 35 (2018) 245–25.

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

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