

### پیشنهاد یک ساختار کوچک برای نیم جمع کننده تمام نوری با استفاده از نقص های غیر خطی

محمد جواد ملکی، محمدرضا جلالی عزیزپور، محمد سروش \*

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

**چکیده:** در این مقاله، به طراحی و شبیه سازی یک ساختار بسیار کوچک برای نیم جمع کننده تمام نوری مبتنی بر بلور فوتونی پرداخته می شود. به منظور دستیابی به عملکرد درست افزاره از دو نقص غیرخطی با ضریب شکست خطی  $1/4$  و ضریب شکست غیرخطی  $10^{-14} \text{ m}^2/\text{W}$  و شعاع های مختلف استفاده شده است تا بتوان سیگنال های مختلف وارد شده از درگاه های ورودی را به درگاه های خروجی SUM و CARRY انتقال داد. با توجه به اهمیت موضوع مجتمع سازی، مساحت سطح ساختار پیشنهادی برابر  $28.4 \mu\text{m}^2$  میکرومترمربع محاسبه شده است که نسبت به کارهای پیشین مقداری کمتر است. از طرفی باتوجه به اهمیت پردازش پرسرعت داده ها، زمان تاخیر افزاره پیشنهادی برابر  $0.3 \text{ ps}$  پیکوثانیه بدست آمده است که نسبت به پژوهش های پیشین کاهش یافته است. پارامتر مهم دیگر در افزاره های مبتنی بر بلور فوتونی تفاوت سطوح ۰ و ۱ منطقی است که در این پژوهش برابر ۸۱ درصد بدست آمده است. این پارامتر نیز نسبت به پژوهش های پیشین بهبود پیدا کرده است. بر اساس ویژگی های بدست آمده می توان گفت که این پژوهش توانسته است پژوهش های پیشین را بهبود بخشد در نتیجه می توان نسبت به بکارگیری ساختار پیشنهادی در پردازشگرهای با سرعت بالا خوش بین بود.

**کلید واژگان:** اثر غیرخطی نوری کر؛ بلور فوتونی؛ گاف فوتونی؛ نیم جمع کننده 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  $10^{-14} \text{ m}^2/\text{W}$ , 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  $28.4 \mu\text{m}^2$  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  $0.3 \text{ ps}$  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.

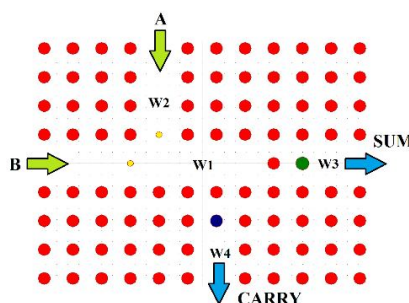
\* [m.soroosh@scu.ac.ir](mailto:m.soroosh@scu.ac.ir)

## ۱- مقدمه

امروزه باتوجه به اهمیت موضوع مجتمع سازی و پردازش داده ها با سرعت بالا پردازشگرهای نوری بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. بلور فوتونی آرایه های متناوب از مواد دی الکتریک است که به دلیل تلفات ناچیز، انعطاف پذیری در شکل و ابعاد، کاربرد در حوزه های دیجیتال و آنالوگ و حسگری کمیت های مختلف گزینه مناسبی برای طراحی و ساخت افزاره های تمام نوری به شمار می رود [۱]. در این پژوهش، یک ساختار مبتنی بر بلور فوتونی ارائه می شود که به عنوان یک بلوک پایه با مساحت کم می تواند دو بیت را با هم جمع کند. اهمیت این ساختار در ایده اصلی آن نهفته است که با بکارگیری نقص های غیرخطی در تقاطع موج برها می تواند نور ورودی را بر اساس اندازه شدت آن به درگاه های خروجی مناسب هدایت کند.

## ۲- ارائه ساختار پیشنهادی و نتایج شبیه سازی

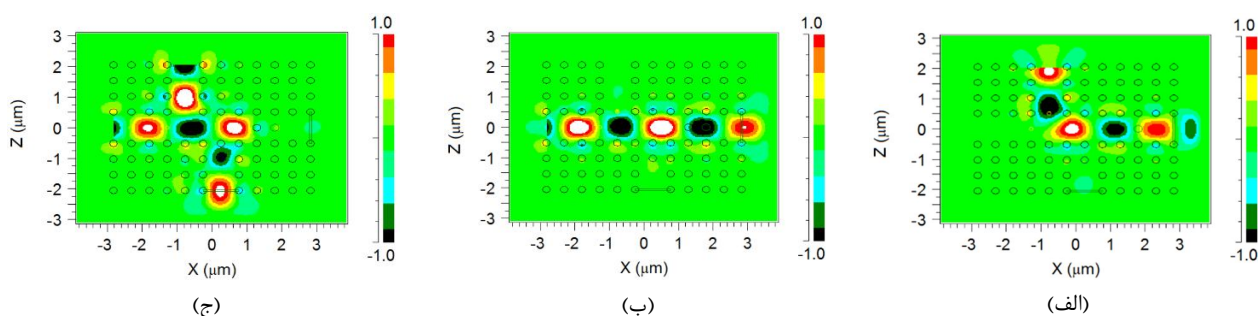
ساختار پایه دارای ۱۲ میله در راستای محور x و ۹ میله در راستای محور z است. میله های دی الکتریک بکار برده شده از جنس شیشه چالکوجناید با ضریب شکست خطی ۳/۱ و شعاع ۱۰۸ نانومتر هستند که با دوره تناوب مکانی ۵۳۰ نانومتر در بستر هوا قرار دارند [۲]. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است سیگنال های وارد شده از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



شکل ۱- ساختار پیشنهادی برای نیم جمع کننده تمام نوری.

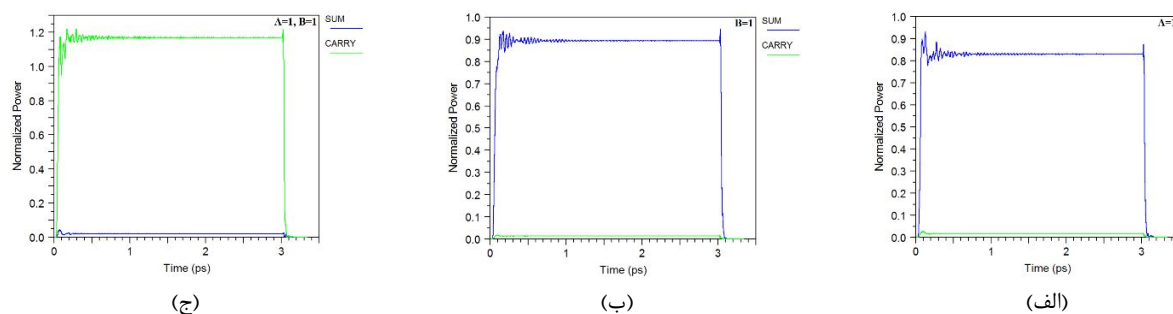
شکل ۲ چگونگی انتشار نور در ساختار پیشنهادی را نشان می دهد. هنگامی که فقط یکی از درگاه های ورودی A یا B فعال است نور با شدت توان تقریبی  $I_0 = 0.09 \text{ W}/\mu\text{m}^2$  وارد موج بر W1 شده و از طریق میله غیرخطی سبز رنگ و موج بر W3 به درگاه خروجی SUM انتقال داده می شود (شکل ۲-الف و ۲-ب). هنگامی که هر دو درگاه ورودی فعال هستند شدت توان تقریبی  $2I_0$  وارد ساختار شده و از طریق میله غیرخطی آبی رنگ و موج بر W4 به درگاه خروجی CARRY انتقال داده می شود (شکل ۲-ج). دلیل این موضوع را می توان به اثر غیرخطی نوری کر نسبت داد. طبق این اثر، ضریب شکست یک ماده دی الکتریک (n) در هنگام برخورد با نور شدید بر اساس رابطه (۱) تغییر می کند که I شدت نور تابشی،  $n_1$  ضریب شکست خطی و  $n_2$  ضریب غیرخطی ماده مورد نظر است [۴]:

$$n = n_1 + n_2 I \quad (1)$$



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.



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 ( $\mu\text{m}^2$ ) | 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.