



## تولید تک پالس اپتیکی با شدت ثابت با استفاده از اثر غیرخطی و تکنیک چیرپ

حسین شاه میرزایی<sup>۱</sup>، عبدالرسول قرائتی<sup>۲</sup> و مریم دهقانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه صنعتی مالک اشتر شیراز

<sup>۲</sup>گروه فیزیک دانشگاه پیام نور شیراز

چکیده - در بسیاری موارد، یک تک پالس اپتیکی با شدت ثابت، برای فعال کردن یک مدار پردازشگر اطلاعات مفید است. مواد غیرخطی اپتیکی می توانند به عنوان سوئیچ اپتیکی مفید باشند. نیازهای عمده برای تابعی مناسب از مواد غیرخطی که اساس دستگاه های منطقی هستند یک سطح شدت ثابت از سیگنال اپتیکی در مقابل یک وضعیت منطقی خاص است. یک پالس تبدیل یافته محدود می تواند با استفاده از ترکیب مدولاتور فازی مربعی و یک فیلتر چیرپ فشرده شود. این مقاله روشی برای ایجاد یک تک پالس اپتیکی با شدت ثابت و پهنای زمانی بسیار باریک، با استفاده از مدولاتور الکترواپتیکی و مواد غیر خطی و تکنیک چیرپ ارائه می دهد.

کلید واژه - پالس اپتیکی، مواد غیرخطی، مدولاتور.

## Generation Single Optical Pulse with Uses of effect Nonlinear and Chirp Technique

Hossein Shahmirzaee<sup>1</sup>, Abdolrazoul Gharaati<sup>2</sup> and Maryam Dehghani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Malek-Ashtar University of Technology,

<sup>2</sup>Department of Physics, Payam Noor University of Shiraz

Abstract- In many situations, an optical single pulse with fixed intensity is very much useful to trigger an optical data processing circuit. Optical nonlinear material can be used as a successful optical switch. The primary requirement for proper functioning of such optical nonlinear material based logic devices is a fixed intensity level of the optical signal against a specific logic state. A transform-limited pulse may be compressed by use of a combination of a quadratic phase modulator (QPM) and a chirp filter. this communication propose a method of generating a optical pulse with fixed intensity and temporal width very short, by uses of electro-optic modulator and nonlinear material and chirp technique.

Keywords: Optical Pulse, Nonlinear Material, Modulator

## ۱- مقدمه

در چند دهه اخیر، اپتیک به عنوان یک انتخاب خوب و بالقوه در پردازش اطلاعات و داده ها انتخاب شده است [۳-۱]. در سیستم پردازشگر داده ها که به صورت الکترونیکی و یا فوتونیک هستند، نقش یک پالس منفرد بسیار با اهمیت است. در چنین سیستم هایی شدت سیگنال اپتیکی برای سوئیچ ها مهم است [۴-۵] و همچنین به دلایل زیادی از جمله جذب در طول پراکندگی، شدت ممکن است تنزل کند که این می تواند در عمل سوئیچ ایجاد مشکل کند. بنابراین شدتی از سیگنال اپتیکی در مقابل یک بیت خاص، برای داشتن یک فرآیند دلخواه ثابت نگه داشته می شود [۶]. در این مقاله برای تولید یک پالس اپتیکی با پهنای زمانی کوتاه و شدت ثابت از تلفیق سه سیستم، یکی تولید شدت ثابت به عنوان منبع ورودی و دیگری تولید پالس در محدوده زمانی کوتاه با استفاده از توانایی مدوله سازی اپتیکی مواد غیرخطی و مواد الکترواپتیکی و در نهایت باریک کردن پالس در محدوده زمانی کوتاه تر (فشرده سازی پالس) با استفاده از تکنیک چیرپ انجام می شود.

## ۲- تولید یک تک پالس اپتیکی با شدت ثابت

برای تولید یک تک پالس کوتاه اپتیکی با شدت ثابت، با تلفیق دو سیستم به صورت شکل (۱)، که از سیستم اول به عنوان منبع تولید نور، در ابتدای سیستم دوم شکل (۱)، یک سیگنال نوری با شدت ثابت را وارد سیستم دوم می کنیم، چنانکه سیستم دوم با سوئیچ کردن اپتیکی، تولید پالس کوتاه اپتیکی با استفاده از خاصیت غیر خطی مواد اپتیکی می کند [۷-۸]. وقتی شدت نور ورودی  $I_1$  در

نقطه A مساوی  $I$  نباشد  $I_1 \neq I$ ، پس نور در کانال

دریافت نمی شود، بنابراین نور از CLS-1 در طول کانال G شکسته خواهد شد، در حالی که هیچ نوری در کانال F بدست نمی آید. از طرف دیگر اگر نور تقسیم شده از نقطه B وارد نقطه H شود از کانال J نوری دریافت نمی شود؛ بنابراین نور با شدت  $I/4$  در کانال K دریافت خواهد شد. حالا در این نمونه، هر سه پرتو نور در نقطه L حضور دارند و ترکیب پرتوها با شدت  $I$  از کانال R خارج خواهد شد. بنابراین در نقطه S تنها نور از کانال R خارج می شود.

بنابراین به نظر می رسد که نور با شدت  $I$  در خروجی Y برای هر مقداری از شدت پرتو ورودی در نقطه A بدست می آید. که این خروجی Y یک ورودی به عنوان منبعی از نور با شدت ثابت برای سیستم دوم شکل (۱) می باشد.

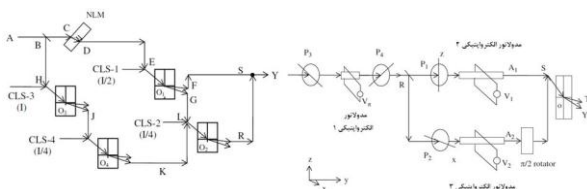
## ۳- تولید پالس کوتاه اپتیکی از مرتبه پیکو و فمتو ثانیه با استفاده از مدولاتور غیر خطی و مواد غیر خطی

اگر طرحی از تولید یک تک پالس کوتاه با استفاده از ترکیب مدولاتور و خواص غیرخطی مواد ارائه شود (نگاه کنید به سیستم دوم شکل ۱)، یک پالس نوری منفرد با مدت زمان  $\Delta t$  داریم که این مدت زمان را می توان به صورت زیر بدست آورد:

$$\Delta t = \frac{l}{c} (n_x - n_z) \quad (1)$$

مدت زمان پالس وقتی که جنس مدولاتورهای غیر خطی هر دو شاخه طرح یکسان باشند به صورت رابطه (۲) می محاسبه می شود:

$$\Delta t = \frac{0.0395l}{2\pi m d^2} (\chi_{12}^{(3)} V_1^2 - \chi_{11}^{(3)} V_2^2) \quad (2)$$



شکل ۱: تولید پالس کوتاه اپتیکی در یک سطح شدت ثابت

| Materials                            | Length (l)        | Width (d)         | index Coefficient (n) | (V <sub>x</sub> )   | (V <sub>z</sub> )     | (esu) $\chi_{12}^{(3)}$ | (esu) $\chi_{11}^{(3)}$ | $\Delta t = \tau_1$       |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Fused silica                         | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 1.47                  | 1*10 <sup>4</sup> v | -----                 | 1.8*10 <sup>-14</sup>   | -----                   | 22*10 <sup>-16</sup> s    |
| Fused silica                         | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 1.47                  | -----               | 1.1*10 <sup>4</sup> v | -----                   | 1.8*10 <sup>-14</sup>   |                           |
| Sio <sub>2</sub>                     | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 1.46                  | 1*10 <sup>4</sup> v | -----                 | 2.79*10 <sup>-14</sup>  | -----                   | 35.3*10 <sup>-16</sup> s  |
| Sio <sub>2</sub>                     | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 1.46                  | -----               | 1.1*10 <sup>4</sup> v | -----                   | 2.79*10 <sup>-14</sup>  |                           |
| As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> glass | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 2.4                   | 2*10 <sup>4</sup> v | -----                 | *0.96*10 <sup>-11</sup> | -----                   | 3.4*10 <sup>-12</sup> s   |
| As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> glass | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 2.4                   | -----               | 1*10 <sup>4</sup> v   | -----                   | 2.9*10 <sup>-11</sup>   |                           |
| As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> glass | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 2.4                   | 1*10 <sup>4</sup> v | -----                 | 2.9*10 <sup>-11</sup>   | -----                   | 41.87*10 <sup>-12</sup> s |
| Sio <sub>2</sub>                     | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 1.46                  | -----               | 2*10 <sup>4</sup> v   | -----                   | 2.79*10 <sup>-14</sup>  |                           |
| As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> glass | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 2.4                   | 1*10 <sup>4</sup> v | -----                 | 2.9*10 <sup>-11</sup>   | -----                   | 41.5*10 <sup>-12</sup> s  |
| Fused silica                         | 0.01 <sub>m</sub> | 0.01 <sub>m</sub> | 1.47                  | -----               | 2*10 <sup>4</sup> v   | -----                   | 1.8*10 <sup>-14</sup>   |                           |

جدول ۱: پهنای زمانی پالس بوسیله مدولاتور الکترواپتیکی غیر

با استفاده از فیبر (SPM)<sup>۱</sup> و توری پراش (GVD)<sup>۲</sup> پیشنهاد شده است. پالس با پهنای زمانی  $\tau_1$  (جدول ۱. و

شکل ۱. ) وارد فیبر غیرخطی اپتیکی و توری پراش می شود (شکل ۲. را ببینید).

در این طرح پالس با استفاده از ترکیب یک مدولاتور فازی مربعی (QPM)<sup>۳</sup> که در این طرح (SPM) معرف آن است و یک فیلتر چیرپ، که در این طرح توری پراش (GVD) معرف آن است، فشرده می شود. نهایتاً با عبور پالس از (SPM) مثبت و (GVD) منفی فشرده‌گی پالس با پهنای زمانی مینیمم به صورت رابطه زیر به بدست می آید.

$$\tau_0 = \frac{\tau_1}{\sqrt{1+a^2}}$$

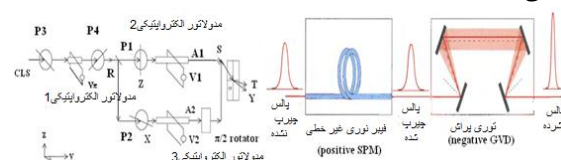
(۴) مینیمم پهنای پالس

$$a = 2n_2 I_0 K_0 Z$$

(۵) پارامتر چیرپ

$$K_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}, \quad I_0 = \frac{P_0}{A} \quad \text{آنجا که } Z \text{ طول فیبر است.}$$

خطی



شکل ۲: فشرده‌گی پالس با استفاده از ترکیب یک مدولاتور فازی مربعی (QPM) و یک فیلتر چیرپ

مدت زمان پالس وقتی که جنس مدولاتورهای غیر خطی هر دو شاخه طرح یکسان نباشند به صورت رابطه (۳) محاسبه می شود:

$$\Delta t = \frac{l}{c} (n_1 - n_2) + \frac{0.0395l}{2\pi d^2} \left( \frac{\chi_{12}^{(3)} V_1^2}{n_1} - \frac{\chi_{11}^{(3)} V_2^2}{n_2} \right) \quad (۳)$$

که C سرعت نور در خلاء، d پهنای کریستال (شیشه) در جهت محور Z، l طول کریستال (شیشه)، V ولتاژ، n ضریب شکست و  $\chi$  پذیرفتاری الکتریکی می باشد.

#### ۴- یک طرح تمام اپتیکی برای تولید تک پالس اپتیکی با شدت ثابت از مرتبه فمتو و اتو ثانیه با استفاده از تکنیک چیرپ

یک پالس را چیرپ شده یا مدوله شده فرکانسی می گویند، اگر فرکانس آنی با زمان تغییر کند [۹] در این ارتباط، طرحی از تولید تک پالس اپتیکی با شدت ثابت،

| Fiber                                | $P_0$ | $a$                | $n_2(m^2/w)$          | $\tau_1(s)$             | $\tau_0(s)$              |
|--------------------------------------|-------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| <b>Ge</b>                            | 300KW | $5.41 \cdot 10^3$  | $9.9 \cdot 10^{-18}$  | $35.3 \cdot 10^{-16} s$ | $6.52 \cdot 10^{-19} s$  |
|                                      | 300KW | $5.41 \cdot 10^3$  |                       | $50.4 \cdot 10^{-15} s$ | $9.31 \cdot 10^{-18} s$  |
|                                      | 300KW | $5.41 \cdot 10^3$  |                       | $22 \cdot 10^{-16} s$   | $4.06 \cdot 10^{-19} s$  |
|                                      | 300W  | 5.41               |                       | $3.4 \cdot 10^{-12} s$  | $6.18 \cdot 10^{-13} s$  |
| Fused Silica                         | 300KW | 17.5               | $3.2 \cdot 10^{-20}$  | $35.3 \cdot 10^{-16} s$ | $20.1 \cdot 10^{-17} s$  |
|                                      | 300KW | 17.5               |                       | $50.4 \cdot 10^{-15} s$ | $2.88 \cdot 10^{-15} s$  |
|                                      | 300KW | 17.5               |                       | $22 \cdot 10^{-16} s$   | $12.5 \cdot 10^{-17} s$  |
| As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> Glass | 300KW | $1.093 \cdot 10^4$ | $2 \cdot 10^{-17}$    | $35.3 \cdot 10^{-16} s$ | $3.22 \cdot 10^{-19} s$  |
|                                      | 300KW | $1.093 \cdot 10^4$ |                       | $50.4 \cdot 10^{-15} s$ | $4.61 \cdot 10^{-18} s$  |
|                                      | 300KW | $1.093 \cdot 10^4$ |                       | $22 \cdot 10^{-16} s$   | $30.12 \cdot 10^{-20} s$ |
|                                      | 300W  | 10.93              |                       | $3.4 \cdot 10^{-12} s$  | $3.09 \cdot 10^{-13} s$  |
| GaAs                                 | 300KW | $1.8 \cdot 10^4$   | $3.3 \cdot 10^{-17}$  | $35.3 \cdot 10^{-16} s$ | $19.61 \cdot 10^{-20} s$ |
|                                      | 300KW | $1.8 \cdot 10^4$   |                       | $50.4 \cdot 10^{-15} s$ | $2.79 \cdot 10^{-18} s$  |
|                                      | 300KW | $1.8 \cdot 10^4$   |                       | $22 \cdot 10^{-16} s$   | $12.19 \cdot 10^{-20} s$ |
|                                      | 300W  | 18.04              |                       | $3.4 \cdot 10^{-12} s$  | $1.88 \cdot 10^{-13} s$  |
| Gold in Glass                        | 300W  | $1.42 \cdot 10^4$  | $2.6 \cdot 10^{-14}$  | $3.4 \cdot 10^{-12} s$  | $2.39 \cdot 10^{-16} s$  |
| *Gold in Silica                      | 300w  | $1.62 \cdot 10^5$  | $2.55 \cdot 10^{-13}$ | $3.4 \cdot 10^{-12} s$  | $2.09 \cdot 10^{-17} s$  |

جدول 2: پهنای زمانی پالس تولید شده با استفاده از تکنیک چیرپ

## مراجع

- [1] W.M Wong, K.J. Blow, Design and analysis of an all-optical processor for modular arithmetic, Opt. Commun. 265(2) (2006) 425-433.
- [2] K.R. Chowdhury, S. Mukhopadhyay, an all-optical binary computable using nonlinear material, Opt. 33(2) (2004) 81-85
- [3] Y.A. Zaghloul, A.R.M. Zaghloul, Complete all-optical processing polarization-based binary logic gates and optical processors, Opt. Express 14 (21) (2006) 9879-9895.
- [4] J.N. Roy, A.K. Maiti, D. Samanta, S. Mukhopadhyay, Optical Switching and Networking 4 (2007) 231.
- [5] P. Ghosh, S. Mukhopadhyay, Chinese Optics Letters 3 (8) (2005) 478.
- [6] D. Samanta, S. Mukhopadhyay, All-optical method for maintaining a fixed intensity level of a light signal in optical computation, Opt.
- [7] T. Yabu, K. Nishida, M. Geshiro, S. Sawa, All-optical logic elements containing nonlinear material, Electron, Commun. Japan Pt.-2 85 (9) (2002) 1-12.
- [8] D. Samanta, S. Mukhopadhyay, A new scheme of implementing all-optical logic systems exploiting material nonlinearity and polarization based encoding technique, Optoelectron; Lett. 4(3) (2008) 172-176.
- [9] Saleh, M. teach, Fundamental of photonics, Second Edition, America (2007)

## ۵- نتیجه گیری

این محاسبات عددی در پردازش و رمزگذاری اطلاعات می تواند کاربردهای بسیار مهمی داشته باشد. این روش در مواردی که فقط یک تک پالس با شدت ثابت برای فعال کردن یا شروع کردن عملکرد یک مدار یا سیستم لازم است، قابل استفاده است. مشاهده می شود که با استفاده از طرح اول (شکل ۱). پالسهایی در حد فمتو و پیکوثانیه تولید کرد ولی با تکمیل طرح اول با استفاده از تکنیک چیرپ می توان پالسهایی با پهنای زمانی کوتاه تر در حدود اتوثانیه تولید کرد. این طرح در هر سیستم دیجیتالی اپتیکی که اساس آن ماده اپتیکی غیرخطی است، مفید می باشد. این تک پالس های اپتیکی بسیار کوتاه در مخابرات و سیستم های پردازش اطلاعات بسیار مفید و مورد استفاده می باشند.