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

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

حسین شاه میرزایی[۱] ،عبدالرسول قرائتی[۲] و مریم دهقانی[۲]

[۱]دانشگاه صنعتی مالک اشتر شیراز

[۲]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 می‌توانند به عنوان سوئیچ اپتیکی مفید باشند. نیازهای عمده برای تابعی مناسب از مواد غیرخطی که اساس دستگاه‌های منطقی هستند یک سطح شدت ثابت از سیگنال اپتیکی در مقابل یک وضعیت منطقی خاص است.یک پالس تبدیل یافته محدود می‌تواند 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 وپهنای زمانی بسیار باریک،با استفاده از مدولاتور الکترواپتیکی ومواد 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[1], Abdolrazoul Gharaati[2] and Maryam Dehghani [2]

[1]Department of Physics, Malek-Ashtar University of Technology,

[2]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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-30]

۱- مقدمه

در چند دهه اخیر،اپتیک به عنوان یک انتخاب خوب و بالقوه درپردازش اطلاعات وداده ها انتخاب شده است [۳-۱].درسیستم پردازشگر داده ها که به صورت الکترونیکی و یا فوتونیکی هستند،نقش یک پالس منفرد بسیار با اهمیت است.در چنین سیستم‌هایی شدت سیگنال اپتیکی برای سوئیچ‌ها مهم است[۵-۴] و همچنین به دلایل زیادی از جمله جذب در طول پراکندگی، شدت ممکن است تنزل کند که این می‌تواند در عمل سوئیچ ایجاد مشکل کند. بنابراین شدتی از سیگنال اپتیکی در مقابل یک بیت خاص، برای داشتن یک فرآیند دلخواه ثابت نگه داشته می‌شود[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 مدوله‌سازی 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 می‌کنیم، چنانکه سیستم دوم با سوئیچ کردن اپتیکی، تولید پالس کوتاه اپتیکی با استفاده ازخاصیت غیر خطی مواد اپتیکی می‌کند[۸-۷]. وقتی شدت نور ورودی I_1 در نقطه A مساوی I نباشد $I_1 \neq I$، پس نور در کانال Dدریافت نمی‌شود، بنابراین نور از CLS-1 در طول کانال G شکسته خواهد شد، در حالی که هیچ نوری در کانال F بدست نمی‌آید. از طرف دیگر اگر نور تقسیم شده از نقطه B وارد نقطه H شود از کانال J نوری دریافت نمی‌شود; 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 می‌شود.

بنابراین به نظر می‌رسد که نور با شدت I در خروجیY برای هر مقداری از شدت پرتو ورودی در نقطه A بدست می‌آید. که این خروجی Y یک ورودی به عنوان منبعی از نور با شدت ثابت برای سیستم دوم شکل(۱) می‌باشد.

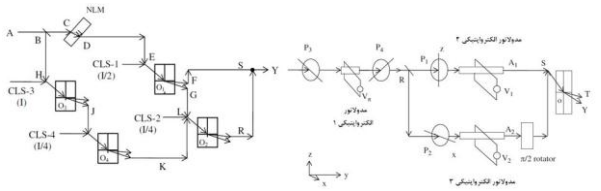
۳- تولید پالس کوتاه اپتیکی از مرتبه پیکو و فمتو ثانیه با استفاده از مدولاتور غیر خطی و مواد غیر خطی

اگر طرحی ازتولید 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 Δt داریم که این مدت زمان را می‌توان به صورت زیر بدست آورد:.

$$\Delta t = \frac{l}{c}\left(n_x - n_z\right) \qquad (۱)$$

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

$$\Delta t = \frac{0/0395l}{2\pi m d^2}\left(\chi_{12}^{(3)}V_1^2 - \chi_{11}^{(3)}V_2^2\right) \qquad (۲)$$

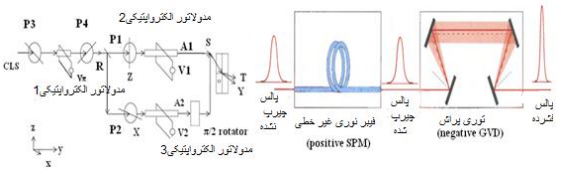


شکل ۱: تولید پالس کوتاه اپتیکی در یک سطح شدت ثابت

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-30]

Materials	Length (l)	Width (d)	index Coefficient (n)	(V_x)	(V_z)	(esu) $\chi_{12}^{(3)}$	(esu) $\chi_{11}^{(3)}$	$\Delta t = \tau_1$
Fused silica	0.01_m	0.01_m	1.47	$1*10^4$v	------	$1.8*10^{-14}$	------	$22*10^{-16}$s
Fused silica	0.01_m	0.01_m	1.47	-------	$1.1*10^4$v	-------	$1.8*10^{-14}$	
Sio_2	0.01_m	0.01_m	1.46	$1*10^4$v	------	$2.79*10^{-14}$	-----	$35.3*10^{-16}$s
Sio_2	0.01_m	0.01_m	1.46	------	$1.1*10^4$v	------	$2.79*10^{-14}$	
As_2S_3glass	0.01_m	0.01_m	2.4	$2*10^4$v	------	$^*0.96*10^{-11}$	-------	$3.4*10^{-12}$s
As_2S_3glass	0.01_m	0.01_m	2.4	-------	$1*10^4$v	-------	$2.9*10^{-11}$	
As_2S_3glass	0.01_m	0.01_m	2.4	$1*10^4$v	------	$2.9*10^{-11}$	--------	$41.87*10^{-12}$s
Sio_2	0.01_m	0.01_m	1.46	-------	$2*10^4$v	---------	$2.79*10^{-14}$	
As_2S_3glass	0.01_m	0.01_m	2.4	$1*10^4$v	------	$2.9*10^{-11}$	--------	$41.5*10^{-12}$s
Fused silica	0.01_m	0.01_m	1.47	-------	$2*10^4$v	--------	$1.8*10^{-14}$	

جدول۱: پهنای زمانی پالس بوسیله مدولاتور الکترواپتیکی غیر خطی



شکل ۲: فشردگی 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:

$$\Delta t = \frac{l}{c}(n_1 - n_2) + \frac{0/0395l}{2\pi d^2}\left(\frac{\chi_{12}^{(3)}V_1^2}{n_1} - \frac{\chi_{11}^{(3)}V_2^2}{n_2}\right) \qquad (۳)$$

که C سرعت نور در خلاء، d پهنای کریستال(شیشه) در جهت محور Z ،l طول کریستال(شیشه)، V ولتاژ، n ضریب شکست و χ پذیرفتاری الکتریکی می‌باشد.

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 می‌گویند، اگر فرکانس آنی با زمان تغییر کند [۹] در این ارتباط، طرحی از تولید تک پالس اپتیکی با شدت ثابت، با استفاده از فیبر (SPM)[۱] و توری پراش (GVD)[۲] پیشنهاد شده است. پالس با پهنای زمانی τ_1 (جدول.1. و شکل.1.) وارد فیبر غیرخطی اپتیکی و توری پراش می‌شود (شکل. ۲. را ببینید).

در این طرح پالس با استفاده از ترکیب یک مدولاتور فازی مربعی(QPM)[۳] که در این طرح (SPM) معرف آن است و یک فیلتر چیرپ،که در این طرح توری پراش (GVD) معرف آن است، فشرده می‌شود. نهایتا با عبور پالس از (SPM) مثبت و (GVD) منفی فشردگی پالس با پهنای زمانی مینیمم به صورت رابطه زیر به بدست می‌آید.

(٤) مینیمم پهنای پالس

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

(٥) پارامتر چیرپ

$$a = 2n_2 I_0 K_0 Z$$

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

[۱] Self-Phase Modulation
[۲] Graded Velocity Dispersion
[۳] Quadratic Phase Modulator

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-30]

Fiber	P_0	a	$n_2(m^2/w)$	$\tau_1(s)$	$\tau_0(s)$
Ge	300KW	$5.41*10^3$	$9.9*10^{-18}$	$35.3*10^{-16}$ s	$6.52*10^{-19}$ s
	300KW	$5.41*10^3$		$50.4*10^{-15}$ s	$9.31*10^{-18}$ s
	300KW	$5.41*10^3$		$22*10^{-16}$ s	$4.06*10^{-19}$ s
	300W	5.41		$3.4*10^{-12}$ s	$6.18*10^{-13}$ s
Fused Silica	300KW	17.5	$3.2*10^{-20}$	$35.3*10^{-16}$ s	$20.1*10^{-17}$ s
	300KW	17.5		$50.4*10^{-15}$ s	$2.88*10^{-15}$ s
	300KW	17.5		$22*10^{-16}$ s	$12.5*10^{-17}$ s
As_2S_3Glass	300KW	$1.093*10^4$	$2*10^{-17}$	$35.3*10^{-16}$ s	$3.22*10^{-19}$ s
	300KW	$1.093*10^4$		$50.4*10^{-15}$ s	$4.61*10^{-18}$ s
	300KW	$1.093*10^4$		$22*10^{-16}$ s	$30.12*10^{-20}$ s
	300W	10.93		$3.4*10^{-12}$ s	$3.09*10^{-13}$ s
GaAs	300KW	$1.8*10^4$	$3.3*10^{-17}$	$35.3*10^{-16}$ s	$19.61*10^{-20}$ s
	300KW	$1.8*10^4$		$50.4*10^{-15}$ s	$2.79*10^{-18}$ s
	300KW	$1.8*10^4$		$22*10^{-16}$ s	$12.19*10^{-20}$ s
	300W	18.04		$3.4*10^{-12}$ s	$1.88*10^{-13}$ s
Gold in Glass	300W	$1.42*10^4$	$2.6*10^{-14}$	$3.4*10^{-12}$ s	$2.39*10^{-16}$ s
*Gold in Silica	300w	$1.62*10^5$	$2.55*10^{-13}$	$3.4*10^{-12}$ s	$2.09*10^{-17}$ s

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

۵- نتیجه‌گیری

این محاسبات عددی در پردازش و رمزگذاری اطلاعات می‌تواند 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 می‌شود 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 می‌توان پالسهایی با پهنای زمانی کوتاه‌تر در حدود اتوثانیه تولید کرد. این طرح در هر سیستم دیجیتال اپتیکی که اساس آن ماده اپتیکی غیرخطی است، مفید می باشد. این تک پالس‌های اپتیکی بسیار کوتاه در مخابرات و سیستمهای پردازش اطلاعات بسیار مفید و مورد استفاده می‌باشند.

.

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 comportable 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)

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-30]