



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران  
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران  
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



## پاسخ غیر خطی مشدد حلقوی متشکل از مواد چلکوجناید

بهنوش کشاورز<sup>۱</sup>، محسن حاتمی<sup>۲</sup> و رویا عطارزاده<sup>۳</sup>

۱ دانشگاه پیام نور شیراز، گروه فیزیک

۲ دانشگاه صنعتی شیراز، دانشکده فیزیک

۳ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بهبهان، باشگاه پژوهشگران جوان، بهبهان، ایران

چکیده - با شبیه سازی انتشار پرتو در داخل یک مشدد حلقوی غیر خطی که از مواد چلکوجناید ساخته شده است نشان داده-  
ایم که می توان با تغییر شدت، بیشینه عبور را در حوزه طول موج تغییر داد بنابراین می توان از آن به عنوان یک تسهیم کننده  
تمام نوری برای طول موج استفاده کرد.

کلید واژه- اثر غیر خطی کر، چلکوجناید، مشدد حلقوی

## Nonlinear response of ring resonator made of chalcogenide material

Behnoosh Keshavarz<sup>1</sup>, Mohsen Hatami<sup>2</sup>, Roya Attarzadeh<sup>3</sup>

1 Department of Physics, Science and Research Branch, payame noor University, Fars, Iran

2 Physics Department, School of science, Shiraz University of Technology, Shiraz, Iran

3 Young Researchers Club, Behbahan Branch, Islamic Azad University, Behbahan, Iran

Abstract- By simulation of beam propagation within a nonlinear ring resonator made of chalcogenide materials, we have shown that it can be changed the maximum of transmission the wavelength domain by changing the input intensity. Therefore it can be used as an all-optical self-tunable wavelength multiplexor.

Keywords: Kerr effect, Chalcogenide, Ring resonator

### ۱- مقدمه

زمان است وارد می‌شود. میدان ورودی وابسته به زمان به صورت  $E_{in} = E_0 \exp j\varphi_0(t)$  بیان می‌شود. در این صورت نسبت میدان خروجی به ورودی برابر است با

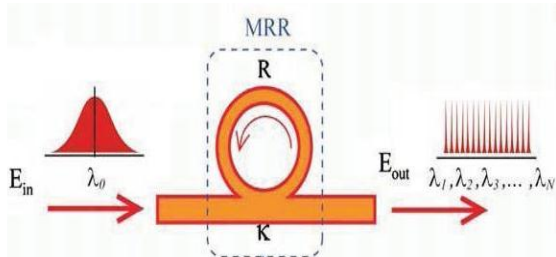
$$\left| \frac{E_{out}}{E_{in}} \right|^2 = (1-\gamma)^2 \times \left[ 1 - \frac{(1-(1-\gamma)x^2)\kappa}{(1-x\sqrt{1-\gamma}\sqrt{1-\kappa})^2 + 4x\sqrt{1-\gamma}\sqrt{1-\kappa} \sin^2 \frac{\varphi}{2}} \right] \quad (1)$$

فرم کلی معادله اشاره بر این دارد که مشدد حلقوی در این مورد خاص بسیار شبیه به کاواک فابری پرو است که دارای آینه خروجی و ورودی با میدان بازتاب  $(1-\kappa)$  و آینه‌ای با بازتاب کامل است.  $\kappa$  ضریب جفت‌شدگی،

$x = \exp(-\frac{\alpha L}{2})$  ضریب اتلاف در هر رفت و برگشت،

$$\phi_{NL} = kLn_2 \left| E_{in} \right|^2$$

تغییر فاز خطی و  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$  عدد انتشار موج در خلا است. در اینجا  $L$  و  $\alpha$  به ترتیب طول موجبر و ضریب جذب خطی است [۶].



شکل ۱: نمایی از یک مشدد حلقوی (MRR) [۶]

### ۳- محاسبات و نتایج عددی

با شبیه سازی عددی نمودار انتقال توان را بر حسب طول موج رسم کرده‌ایم. در شکل‌های ۲ تا ۴ انتقال توان بر حسب طول موج در محیط خطی و غیر خطی به ترتیب برای شدتهای ورودی مختلف نشان داده شده است.

در شکل ۲ انتقال توان بر حسب طول موج برای دامنه ورودی  $E_{in} = 10^4 V/m$  رسم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود دو نمودار در محیط خطی و غیر خطی بر هم منطبق شده و با افزایش شدت، بیشینه عبور جابه‌جا می‌شود. در شکل ۳ که انتقال توان بر حسب طول موج برای دامنه ورودی  $E_{in} = 10^7 V/m$  رسم شده است،

تشدیدگرهای حلقوی که اولین بار توسط مارکاتیلی پیشنهاد شدند به دلیل ویژگی‌های برجسته آنها از مدت‌ها قبل برای دستیابی به نوسانگرهای تک فرکانس لیزر با پهنای باندی کوچک مورد نظر بوده‌اند. تشدیدگر حلقوی مجموعه‌ای از موجبرهایی است که از یک حلقه بسته تشکیل شده و برای ورود و خروج به داخل تشدیدگر از دو مزدوج استفاده می‌شود. این تشدیدگرها ابزارهای فوتونیک می‌باشند که با آرایش‌های مختلف و در ابعاد میکرومتری ساخته می‌شود و دارای کاربردهای زیادی از جمله در فیلترهای نوری، تقویت‌کننده‌های نوری، کلیدها و عناصر منطقی بوده و دارای انواع مختلفی نظیر میکرو کره، میکرو دیسک، میکرو حلقه هستند [۱ و ۲].

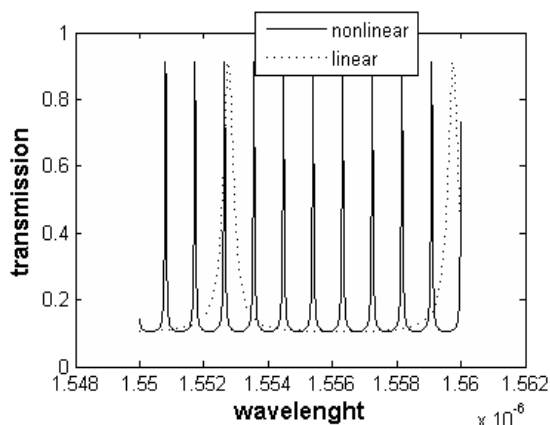
خواص خوب خطی، غیرخطی و قابلیت مجتمع سازی شیشه‌های چلکوجناید باعث شده است که اخیراً توجه زیادی از پژوهش‌ها را به خود جلب کند و از طرفی ضریب شکست غیرخطی شیشه‌های چلکوجناید نسبت به سایر شیشه‌ها زیادتر است [۳ و ۴].

ضریب شکست یک کریستال فوتونی ساخته شده از مواد چلکو جناید با اثر غیرخطی کر (اثر غیرخطی مرتبه سوم  $\kappa^3$ ) طبق رابطه  $n = n_0 + n_2 I$  یک تابع مرتبه اول از شدت میدان الکتریکی به کار رفته می‌باشد به طوریکه  $n_0$  ضریب شکست خطی و  $n_2$  ضریب شکست غیرخطی کر می‌باشد. در این میان کریستال‌های فوتونی ساخته شده از شیشه‌های چلکوجناید به علت خواص جالبی که دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. شیشه‌های چلکوجناید ترکیبات آمورف با عناصر چلکوجناید S, Te, Si, Ge می‌باشد که با عنصری از قبیل Si, Ge و As ترکیب می‌شوند. این مواد دارای ضریب شکست خطی بالای متناوبی بین ۲/۴ و ۳ و  $\varphi_0$  خاصیت غیرخطی مرتبه سوم  $\kappa^3$  بالایی (۱۰۰ تا ۱۰۰۰) برابر سیلیکا می‌باشد [۵].

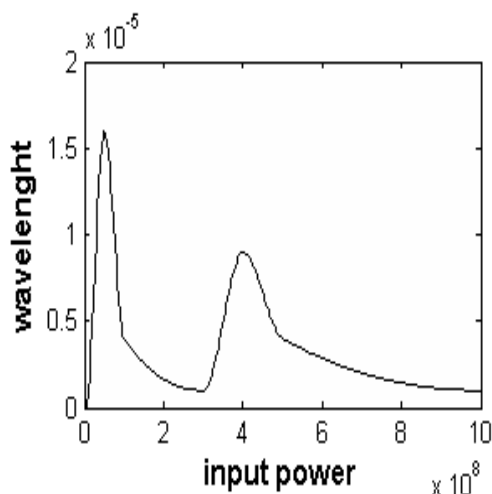
هدف ما بررسی عبور توان از تشدیدگرهای حلقوی غیرخطی ساخته شده از مواد چلکوجناید بر حسب طول موج‌های مختلف و بررسی اثرات غیرخطی بر روی آنهاست.

### ۲- معادلات ریاضی

در شکل ۱ نمایی از ساختار اصلی یک مشدد حلقوی نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱ یک نور تکفام به درون مشدد حلقوی با دامنه  $E_0$  و فاز  $\varphi_0$  که تابعی از



شکل ۴: انتقال توان بر حسب طول موج در محیط خطی و غیر خطی به ازای  $E_{in} = 10^9 V/m$



شکل ۵: تغییر طول موج بیشینه عبور بر حسب شدت ورودی

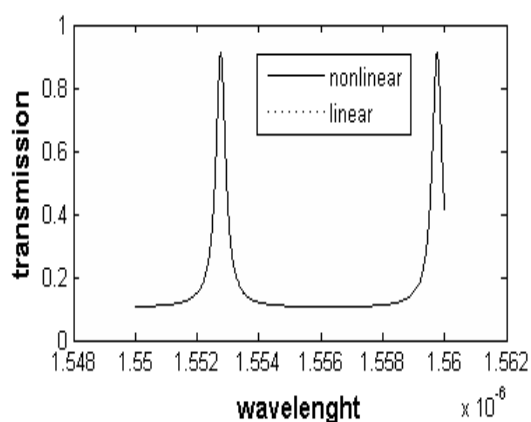
#### ۴- نتیجه گیری

مشدهای حلقوی در سیستم‌های مخابراتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و یکی از ابزارهای مهم در سیستم‌های تمام نوری محسوب می‌شوند. با شبیه سازی انتشار پرتو در داخل یک مشدد حلقوی غیر خطی که از مواد چلکوجناید ساخته شده است نشان دادیم که می‌توان با تغییر شدت، بیشینه عبور را در حوزه طول موج تغییر داد بنابراین می‌توان از آن به عنوان یک تسهیم کننده تمام نوری برای طول موج استفاده کرد.

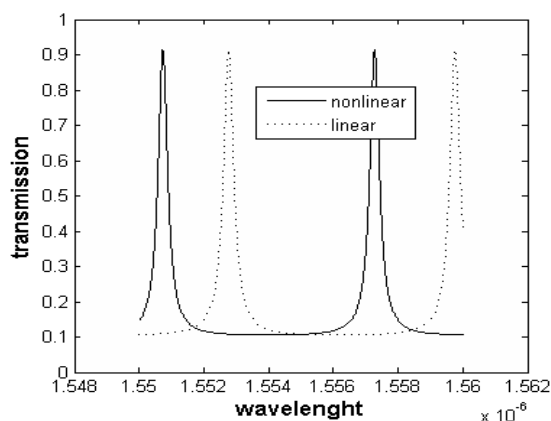
#### مراجع

- [1] Grover R., *Indium Phosphide Based Optical Micro-Resonators*, University of Maryland, College Park, 2003.

منحنی خطی و غیر خطی بر هم منطبق نیستند و بیشینه آنها جابجا شده و اختلاف بین بیشینه‌ها تغییر زیادی نمی‌کند. در شکل ۴ انتقال توان بر حسب طول موج برای دامنه ورودی  $E_{in} = 10^9 V/m$  رسم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود برای شدت‌های خیلی زیاد اختلاف فاصله بین بیشینه‌ها کاهش می‌یابد. در شکل ۵ تغییر طول موج بیشینه عبور بر حسب شدت ورودی نشان داده شده است که با توجه به اختلاف بیشینه در دو حالت خطی و غیرخطی رسم شده است.



شکل ۲: انتقال توان بر حسب طول موج برای دامنه ورودی کم به ازای  $E_{in} = 10^4 V/m$



شکل ۳: انتقال توان بر حسب طول موج در محیط خطی و غیر خطی به ازای  $E_{in} = 10^7 V/m$

- [2] Hodgson N., Weber H., *Optical Resonators*, Springer, chapter 21, 1997.
- [3] Zakery A., Low – loss waveguides in outslud kaser deposited arsenic sulfide chalcogenide films, *phys.* 35 (2002) 2909-2913.
- [4] Zakery A and Elliot S.R., *Optical properties and applications of chalcogenide glass*, aveview cryst solids, p 1-12, 2003.
- [5] Asobe M., Nonlinear Optical Properties of Chalcogenide Glass Fibers and Their Application to All-Optical Switching, *Optical Fiber Thechnology*. 2 (1997) 142-148.
- [6] Mitatha S, Pornsuwancharoen N and Yupapin P P., *A Simultaneous Short-Wave and Millimeter-Wave Generation Using a Soliton Pulse Within a Nano-Waveguide*, *IEEE Photonics Technology Lett.* 21, (2009) 932-934.