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

پاسخ غیرخطی مشدد حلقوی متشکل از مواد چلکوجناید

بهنوش کشاورز[۱]، محسن حاتمی[۲] و رویا عطارزاده [۳]

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 غیرخطی که از مواد چلکوجناید ساخته شده است نشان داده-ایم 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.

کلید واژه- اثر غیرخطی کر، چلکوجناید، مشددحلقوی

Nonlinear response of ring resonator made of chalcogenide material

Behnoosh Keshavarz [1], Mohsen Hatami [2], Roya Attarzadeh [3]

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. Therefor it can be used as an all-optical self-tunable wavelength multiplexor.

Keywords: Kerr effect, Chalcogenide, Ring resonator

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

۱- مقدمه

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 بینابی کوچک مورد نظر بوده‌اند. تشدیدگر حلقوی مجموعه ای 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 فوتونیکی می‌باشند که با آرایش های مختلف و در ابعاد میکرومتری ساخته می‌شود و دارای کاربردهای زیادی از جمله در فیلتر های نوری، تقویت کننده‌های نوری، کلید ها و عناصر منطقی بوده و دارای انواع مختلفی نظیر میکرو کره، میکرو دیسک، میکرو حلقه هستند[۱و۲].

خواص خوب خطی، غیرخطی و قابلیت مجتمع سازی شیشه‌های چلکوجناید باعث شده است که اخیرا توجه زیادی از پژوهش‌ها را به خود جلب کند. و از طرفی ضریب شکست غیرخطی شیشه‌های چلکوجناید نسبت به سایر شیشه‌ها زیادتر است[۳و۴].

ضریب شکست یک کریستال فوتونی ساخته شده از مواد چلکو جناید با اثر غیرخطی کر(اثر غیرخطی مرتبه سوم κ^3) طبق رابطه‌ی $n = n_0 + n_2 I$ 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 می باشد. در این میان کریستال‌های فوتونی ساخته شده ازشیشه‌های چلکوجناید به علت خواص جالبی که دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. شیشه-های چلکوجناید ترکیبات آمورف با عناصر چلکوجناید S، S, Te می‌باشد که با عناصری از قبیل Ge, Si و As ترکیب می‌شوند. این مواد دارای ضریب شکست خطی بالای متناوبی بین ۲/۴ و۳ و φ_0 خاصیت غیرخطی مرتبه سوم κ^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 برروی آنهاست.

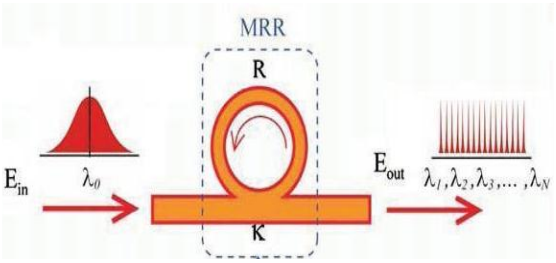
۲- معادلات ریاضی

در شکل ۱ نمایی از ساختار اصلی یک مشدد حلقوی نشان داده شده است. با توجه به شکل۱ یک نور تکفام به درون مشدد حلقوی با دامنه E_0 و فاز φ_0 که تابعی از 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

$$\left|\frac{E_{out}}{E_{in}}\right|^2 = (1-\gamma)^2 \times \left[1 - \frac{\left(1-(1-\gamma)x^2\right)\kappa}{\left(1-x\sqrt{1-\gamma}\sqrt{1-\kappa}\right)^2 + 4x\sqrt{1-\gamma}\sqrt{1-\kappa}\sin^2\frac{\varphi}{2}}\right] \quad (۱)$$

فرم کلی معادله اشاره بر این دارد که مشدد حلقوی در این مورد خاص بسیار شبیه به کاواک فابری پرو است که دارای آیینه خروجی و ورودی با میدان بازتاب $(1-\kappa)$ و آینه‌ای با بازتاب کامل است. κ ضریب جفت‌شدگی ، $x = \exp(-\frac{\alpha L}{2})$ ضریب اتلاف در هر رفت و برگشت، $\phi_0 = kLn_0$ غیرخطی، $\phi_{NL} = kLn_2\left|E_{in}\right|^2$ تغییرفاز تغییر فاز خطی و $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ عدد انتشار موج درخلا است. در اینجا L و α به ترتیب طول موجبر وضریب جذب خطی است[۶].



شکل ۱: نمایی از یک مشدد حلقوی(MRR)[۶]

۳- محاسبات و نتایج عددی

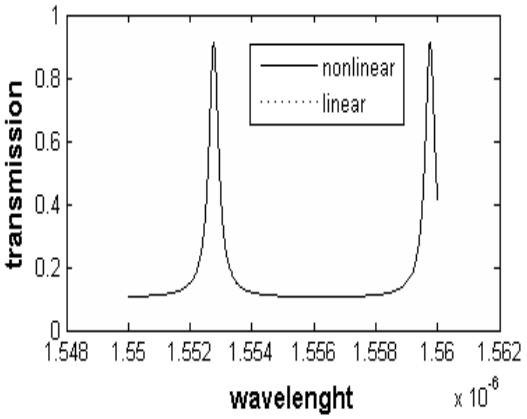
با شبیه سازی عددی نمودار انتقال توان را بر حسب طول موج رسم کرده‌ایم. در شکل‌های ۲ تا ۴ انتقال توان بر حسب طول موج در محیط خطی و غیر خطی به ترتیب برای شدتهای ورودی مختلف نشان داده شده است.

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 جابه-جا می‌شود. در شکل ۳ که انتقال توان بر حسب طول موج برای دامنه ورودی $E_{in} = 10^7 V/m$ رسم شده است،

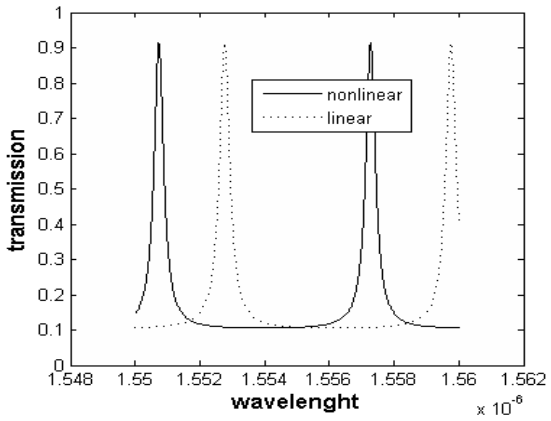
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

منحنی خطی و غیر خطی بر هم منطبق نیستند و بیشینه آنها جابجا شده و اختلاف بین بیشینه ها 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 شدت های خیلی زیاد اختلاف فاصله بین بیشینه ها کاهش می‌یابد.

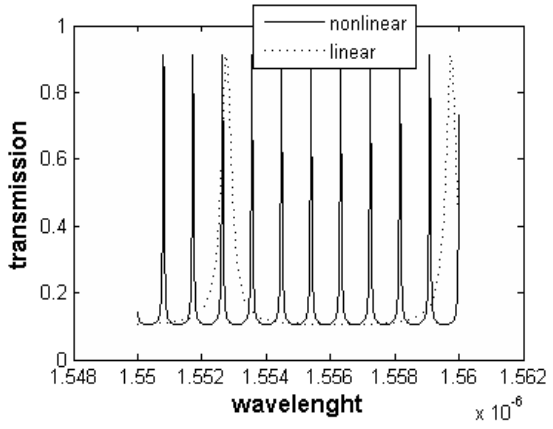
در شکل ۵ تغییر طول موج بیشینه عبور برحسب شدت ورودی نشان داده شده است که با توجه به اختلاف بیشینه در دو حالت خطی و غیرخطی رسم شده است.



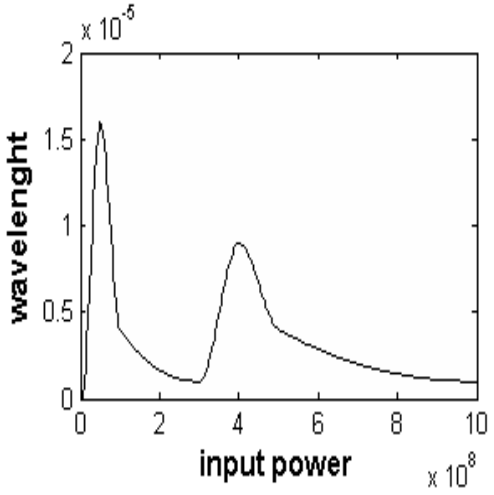
شکل۲ : انتقال توان بر حسب طول موج برای دامنه ورودی کم به ازای $E_{in}=10^{4}V/m$



شکل۳ : انتقال توان بر حسب طول موج در محیط خطی و غیر خطی به ازای $E_{in}=10^{7}V/m$



شکل۴ : انتقال توان بر حسب طول موج در محیط خطی و غیر خطی به ازای $E_{in}=10^{9}V/m$



شکل۵ : تغییر طول موج بیشینه عبور برحسب شدت ورودی

۴- نتیجه گیری

مشددهای حلقوی در سیستم‌های مخابراتی مورد استفاده قرار می‌گیرد 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 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.

مراجع

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]

[2] Hodgson N., Weber H., *Optical Resonators*, Springer,chapter 21, 1997.
[3] Zakery A., Low – loss waveguides in oulsed 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 PulseWithin a Nano-Waveguide*, IEEE Photonics Technology Lett. 21, (2009) 932-934.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30]