



بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.  
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹



کد مقاله : ۲-۲۴۵۱-۱۰-A

## بررسی ویژگی‌های طیفی تراگسیل و اثر فارادیدر ساختار شبه بلور فوتونی دودکانوچی حاوی گرافن

طاهره دژآلود<sup>۱</sup>، رضا عبدی قلعه<sup>۱</sup>

گروه مهندسی اپتیک و لیزر، دانشگاه بناب، بناب، آذربایجان شرقی

چکیده - در این مقاله ویژگی‌های طیف تراگسیل و اثر فارادی در یک شبه بلور فوتونی یک بعدی دودکانوچی که از دو ماده  $\text{SiO}_2$  و  $\text{Graphene/TiO}_2$  تشکیل شده است، مورد بررسی قرار گرفته است، روش کاری ما بر پایه ماتریس انتقال  $4 \times 4$  می‌باشد. نتایج ما نشان می‌دهد که با افزایش تحرک پذیری در شبه بلور فوتونی یک بعدی دودکانوچی، میزان تراگسیل و چرخش فارادی افزایش می‌یابد، اما با افزایش میدان مغناطیسی، چرخش فارادی حول فرکانس ورودی افزایش یافته و طیف تراگسیل تغییرات خیلی کوچکی دارد.

کلید واژه- شبه بلور فوتونی، دودکانوچی، تراگسیل، اثر فارادی، گرافن.

## Investigation of spectral properties of transmission and Faraday effect on Dodecanacci photonic quasicrystal structure with graphene

TaherehDezhaloud<sup>1</sup>, Reza Abdi-Ghaleh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Laser and Optical Engineering, University of Bonab, Bonab

**Abstract-** In this paper, we investigate the spectral properties of transmission and Faraday effect on a one-dimensional Dodecanacci photonic quasicrystal consisting of two materials  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Graphene/TiO}_2$ . We investigated this problem using the 4 by 4 transfer matrix method. Our results show that as the mobility of the one-dimensional Dodecanacci photonic quasicrystal increase, the rate of transmission and Faraday rotation increases, but with increasing magnetic field, the Faraday rotation increases around the input frequency but the transmission spectrum changes very little.

Keywords: Photonic quasicrystal, Dodecanacci, Transmission, Faraday effect, Graphene.

$$S_j = \begin{pmatrix} \cos(\beta^+) & \frac{-i}{N_j^+} \sin(\beta^+) & 0 & 0 \\ -iN_j^+ \sin(\beta^+) & \cos(\beta^+) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos(\beta^-) & \frac{-i}{N_j^-} \sin(\beta^-) \\ 0 & 0 & -iN_j^- \sin(\beta^-) & \cos(\beta^-) \end{pmatrix} \quad (۳)$$

که برای لایه‌ی  $j$  ام،  $\beta^- = \omega N_j^- d_j / c$  و  $\beta^+ = \omega N_j^+ d_j / c$  می‌باشند. و در نهایت طیف تراگسیل نور و زاویه‌ی فارادی از روابط زیر حاصل می‌شوند:

$$T = \frac{1}{2} \left( \left| \frac{1}{M(1,1)} \right|^2 + \left| \frac{1}{M(3,3)} \right|^2 \right) \quad (۴)$$

$$\theta_F = \left( -\frac{1}{2} \right) \arg \left( \frac{M(3,3)}{M(1,1)} \right) \quad (۵)$$

باتوجه به این که گرافن، تحت میدان مغناطیسی خارجی خاصیت ناهمسانگردی دارد، گذردهی الکتریکی آن به صورت تانسوری ظاهر می‌شود. تحت این شرایط، تانسور گذردهی الکتریکی نسبی برای گرافن به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\varepsilon_g = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & 0 \\ -\varepsilon_2 & \varepsilon_1 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_3 \end{pmatrix} \quad (۶)$$

که در آن مولفه‌های ماتریس گذردهی عبارتند از:

$$\varepsilon_1 = 1 + \left( \frac{i\sigma_{xx}}{\omega \varepsilon_0 d_g} \right), \varepsilon_2 = \left( \frac{i\sigma_{xy}}{\omega \varepsilon_0 d_g} \right), \varepsilon_3 = 1 \quad (۷)$$

که برحسب رسانندگی گرافن بیان می‌شود. مولفه‌های قطری و غیرقطری تانسور رسانندگی سطحی گرافن که براساس فرمول کوبو بیان شده است عبارتند از [۱]:

$$\sigma_{xx}(\omega, B_0) = \sigma_0 \frac{1 + \omega_c \tau}{(\omega_c \tau)^2 + (1 + j\omega\tau)^2} \quad (۸)$$

$$\sigma_{yx}(\omega, B_0) = \sigma_0 \frac{\omega_c \tau}{(\omega_c \tau)^2 + (1 + j\omega\tau)^2} \quad (۹)$$

## مقدمه

گرافن شبکه‌ای لانه زنبوری و تک لایه از اتمهای کربن است، که می‌تواند به عنوان ماده‌ای با پارامترهای قابل کنترل مطرح شود. گرافن تحت تاثیر میدان مغناطیسی خارجی، خاصیت زیروتروپیک دارد، در نتیجه تانسور رسانندگی و گذردهی الکتریکی آن به صورت تانسوری ظاهر می‌شود که در نهایت اعمال میدان مغناطیسی خارجی باعث مشاهده چرخش فارادی در مقایسه با ضخامت گرافن می‌شود [۱]. از طرفی ساختارهای فوتونی شبه متناوب به خاطر ویژگیهای جالبی که دارند از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند [۲]. مطالعاتی که در مورد، ویژگی‌های مگنتوآپتیکی ساختارهای دودکانوچی انجام شده است، اندک می‌باشند. در این مقاله ما به بررسی ویژگیهای طیفی تراگسیل و اثر فارادی یک شبه بلور فوتونی دودکانوچی یک بعدی حاوی تک لایه‌های گرافن می‌پردازیم.

## روش محاسباتی

در این مقاله، ما روش ماتریس انتقال  $4 \times 4$  را برای هر لایه از ساختار بکار می‌بریم. ماتریس انتقال کلی ساختار  $(M)$ ، از ضرب کردن ماتریس‌های تک تک لایه‌ها حاصل می‌شود [۳]:

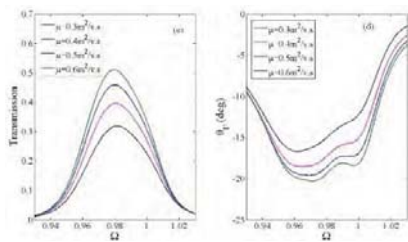
$$M = [D^{(e)}]^{-1} (S_A S_G S_B S_A S_G S_B \dots) D^{(e)} \quad (۱)$$

ماتریس دینامیکی در هوا  $D^{(e)}$  عبارتست از:

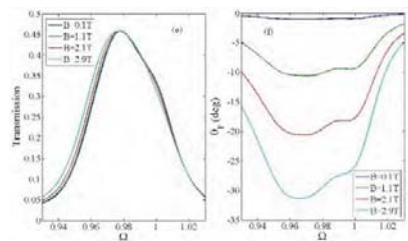
$$D^{(e)} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (۲)$$

عناصر ماتریس انتقال برای بررسی ویژگیهای اپتیکی و زاویه‌ی فارادی عبارتند از:





شکل ۶. بررسی تغییرات تحرک پذیری در طیف تراگسیل (d) بررسی تغییرات تحرک پذیری در چرخش فارادی.



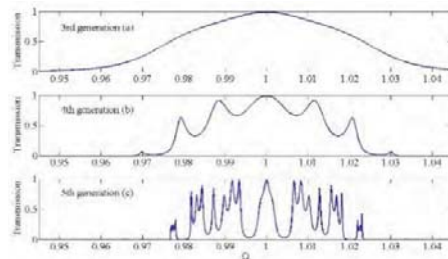
شکل ۷. بررسی تغییرات میدان مغناطیسی در طیف تراگسیل (f) بررسی تغییرات میدان مغناطیسی در چرخش فارادی.

### نتیجه گیری

با افزایش تحرک پذیری، میزان تراگسیل و همچنین چرخش فارادی افزایش می‌یابد و همچنین با افزایش میدان مغناطیسی، با وجود تراگسیل جزئی حول فرکانس ورودی، می‌توانیم چرخش فارادی تقویت یافته داشته باشیم.

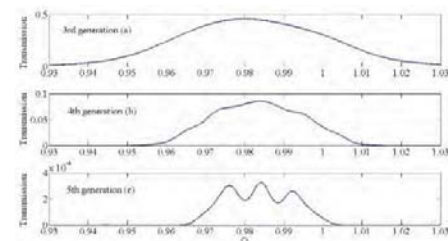
### مرجع‌ها

- [1] L. Souнас, "Gyrotropy and Nonreciprocity of Graphene for Microwave Applications", IEEE., Vol. 60, No. 4, 901-914, 2012.
- [2] C. Jin, B. Cheng, B. Man, Z. Li, D. Zhang, "Photonic Crystals: Physics, Fabrication and Applications", Phys. Rev. B., Vol. 61, 10762-10767, 2000.
- [3] S. Visnovsky, K. Postava, T. Yamaguchi, J. Czech, "Magneto-optic polar Kerr and Faraday effects in magnetic superlattices", J. Phys., Vol. 51, 917-949, 2001.
- [4] E.F. Silva, M.S. Vasconcelos, C.H. Costa, D.H.A.L. Anselmo, V.D. Mello, "Effects of graphene on light transmission spectra in Dodecanacci photonic quasicrystals", Opt. Mater., Vol. 98, 109450, 2019.



شکل ۴. طیف تراگسیل برای شبه بلور فوتونی دودکانوچی مرتبه سوم، چهارم و پنجم بدون گرافن.

اما در شکل ۵، وجود گرافن باعث کاهش تراگسیل می‌شود. ماکزیمم تراگسیل در شکل ۴ حول فرکانس ورودی یک است اما در اینجا برای مرتبه سوم ۵. می‌باشد و طیف تراگسیل حول فرکانس ورودی به سمت  $\Omega$  های کمتر از یک شیف‌ت پیدا کرده است.



شکل ۵. طیف تراگسیل برای شبه بلور فوتونی دودکانوچی مرتبه سوم، چهارم و پنجم با وجود گرافن.

با توجه به شکل ۶، در شبه بلور دودکانوچی مرتبه‌ی سوم با افزایش تحرک پذیری از  $0.3 \frac{m^2}{V.S}$  به  $0.6 \frac{m^2}{V.S}$ ، میزان تراگسیل و همچنین چرخش فارادی افزایش می‌یابد و همچنین با توجه به شکل ۷، با افزایش میدان مغناطیسی از  $B_0 = 0.1T$  به  $B_0 = 2.9T$ ، چرخش فارادی افزایش می‌یابد اما طیف تراگسیل نزدیک فرکانس ورودی تغییرات کوچکی دارد.