تاثیر موقعیت لایه های گرافن سطحی تحت بایاس در ناواروني بلورهای فوتونی یک بعدی

سامعی، آیدا؛ بروستانی جمال؛ مشگین‌قلم، بهار

گروه جامد ، دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز

مقدمه

ناواروني نور می تواند با شکستن تقارن معکوس زمان در سیستم های فوتونی حاصل شود [۱]. ادوات فوتونی ناوارون نقش مهمی را در کنترل انتشار نور ایفا می کنند. به طور کلی چنین دستگاه هایی می توانند انتشار نور در یک جهت را حفظ کنند و در جهت دیگر مانع از انتشار آن شوند[۲]. این سیستم های ناوارون بر پایه ای شکل گرفته اند که با مفاهیمی مثل معکوس زمان، شکست تقارن معکوس زمان و تقارن معکوس زمان ارتباط پیدا می کنند [۳].

•در این مقاله، یک بلور فوتونی با دولایه دی‌الکتریک متناوب را در نظر می گیریم که لایه‌های گرافن به صورت یک در میان دربین لایه‌های دی‌الکتریک قرار می‌گیرد. لایه‌های گرافن موجود در ساختار جهت ایجاد ناواروني تحت تاثیر ولتاژ اعمالی قرار میگیرد. خواص ناواروني از دید ساختار نواری وضریب عبور با استفاده از روش ماتریس انتقال مورد بررسی قرار گرفته است. . با اعمال شرایط مرزی و یک سری عملیات ریاضی ضرایب میدان در لایه‌های مختلف با ماتریس انتقال زیر به همدیگر ارتباط پیدا می‌کنند:

$$\bullet \begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \end{bmatrix} = D_{1\to 2} \begin{bmatrix} a_2 \\ b_2 \end{bmatrix}$$

•ماتریس انتقال $D_{1\to 2}$ به صورت زیر داده می شود:

$$\bullet D_{1\to 2} = \begin{bmatrix} 1+\eta_p+\varepsilon_p & 1-\eta_p+\varepsilon_p \\ 1-\eta_p-\varepsilon_p & 1+\eta_p+\varepsilon_p \end{bmatrix}$$

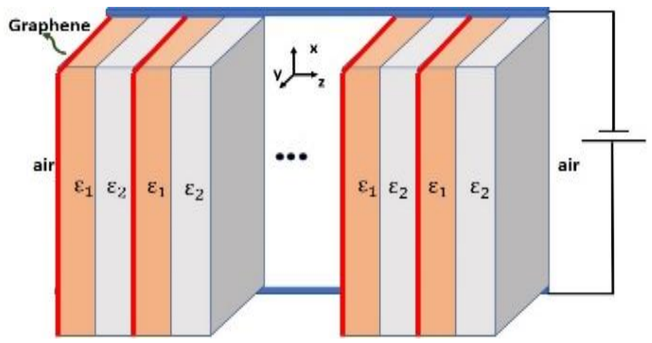
•که $\varepsilon_p = \dfrac{\sigma_g^{drift} k_{2z}}{\varepsilon_1 \varepsilon_2 W}$ و $\eta_p = \dfrac{\varepsilon_1 k_{2z}}{\varepsilon_2 k_{1z}}$

•σ_g^{drift}رسانندگی الکتریکی غیرموضعی گرافن در حضور میدان الکتریکی اعمالی است که با رابطه زیر مشخص می‌شود:

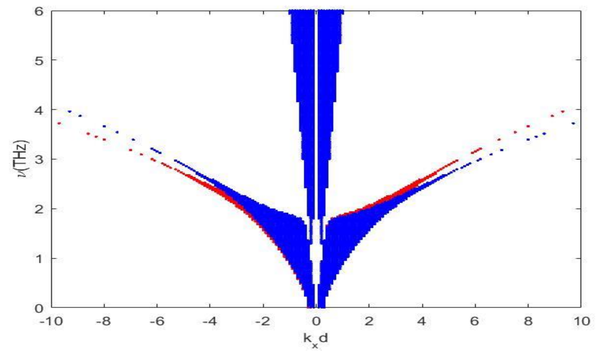
$$\sigma_g^{drift} = \frac{\omega}{\omega - k_x v_0} \sigma_g(\omega - k_x v_0, k_x)$$

روش

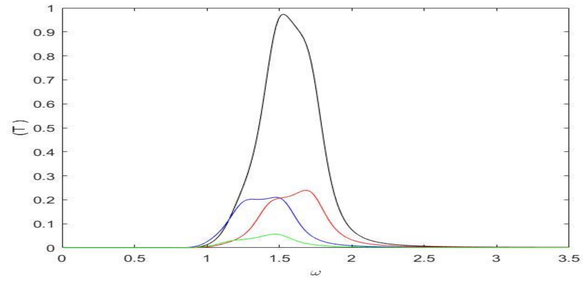
ساختاری از بلور فوتونی یک بعدی شامل گرافن را مورد بررسی قرار می دهیم که از دو لایهٔ دی‌الکتریک تشکیل یافته است و با بکارگیری روش ماتریس انتقال طیف ضریب عبور و ساختار نواری چنین بلوری را در حضور لایه های گرافن مورد بحث قرار می دهیم. قطبش TM را برای بررسی خاصیت طیفی در نظر گرفته ایم که در آن میدان مغناطیسی فقط یک مؤلفه غیرصفر در راستای y دارد.



شکل ۱) طرحواره ساختار بلوری ارائه شده. لایه‌های نازک قرمزرنگ موقعیت لایه‌های گرافن را نشان میدهد



شکل ۲) ساختار نواری بلور فوتونی ارائه شده. نواحی قرمز رنگ مدهای سیستم در غیاب میدان اعمالی است. در حضور میدان اعمالی مدهای سیستم با رنگ آبی مشخص شده است.



شکل ۳) مقایسه طیف ضریب عبوربرای حالتهای مختلف حضور گرافن درسطح

نتایج

•یک بلور فوتونی گرافن – دی الکتریک در نظر گرفتیم و ساختار نواری آن را در حضور میدان الکتریکی اعمالی به لایه‌های گرافن بدست آوردیم . سپس برای یک ساختار نوعی تغییراتی را در تعداد لایه‌های گرافن در سطح ایجاد نمودیم. مشاهده شد که اعمال میدان الکتریکی منجر به خاصیت ناواروني در چنین سیستمی می‌شود. طیف ضریب عبور تابع نوع چینش لایه گرافن و تعداد لایه‌های گرافن در سطح می‌باشد.

تحلیل نتایج

•در واقع، از دید پیکربندی دو حالت برای ساختار میسر هست. یک مورد حالتی است که لایه سمت چپ لایه گرافن با اپسیلون ۲ و سمت راستی آن اپسیلون ۱ باشد. مورد دوم برعکس این حالت هست. دو مورد از دید ساختاری تا حدودی باهم تفاوت دارند، ولی با توجه به اینکه از دید نتیجه مشابه هستند، به ارائه نتایج مربوط به یکی از حالتها (حالت اول) اکتفا می‌کنیم. می خواهیم نقش حضور گرافن در موقعیت های مکانی مختلف را مورد بررسی قرار دهیم

مراجع

• [1] HUANG, D. P.; XU, K. Y. Current-induced nonreciprocity and refraction-free propagation in a one-dimensional graphene-based photonic crystal. *J. Phys. D: Appl. Phys. 54 (2021) 065101*.

•[2] Bi, Lei, et al. "Monolithic integration of chalcogenide glass/iron garnet waveguides and resonators for on-chip nonreciprocal photonic devices." *Integrated Optics: Devices, Materials, and Technologies XV*. Vol. 7941. International Society for Optics and Photonics, 2011.

•[3] Wang, Ken Xingze. "Time-reversal symmetry in temporal coupled-mode theory and nonreciprocal device applications." *Optics Letters* 43.22 (2018): 5623-5626.