انجمن علوم و مهندسی پلاسمای ایران

هشتمین کنفرانس مهندسی و فیزیک پلاسما (PEP2021)

دانشگاه مازندران ۲۳ و ۲۴ تیرماه ۱۴۰۰

بررسی بلورهای فوتونی پلاسمایی با چگالی الکترونی مثلثی

فرشته چراغی[۱]، ملیحه نجاتی[۲] و مهدی سلیمانی[۳]

[۱]گروه فیزیک، دانشگاه قم، قم، ایران fereshteh.ch73@gmail.com

[۲]گروه فیزیک، دانشگاه قم، قم، ایران ma.nejati@qom.ac.ir

[۳]گروه فیزیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی قم، قم، ایران solaimani.mehdi@gmail.com

کلید واژه: کریستال فوتونی پلاسمایی، چگالی الکترونی مثلثی، باندهای ممنوعه OBG

چکیده

در این تحقیق سعی بر آن شده که در بلورهای فوتونی پلاسمایی یک بعدی با چگالی الکترونی مثلثی، اثر پارامترهای مختلف بر روی ضریب جذب و ایجاد گاف OBG بررسی شود. به این منظور یک فوتونیک کریستال دولایه‌ای متشکل از پلاسما و دی الکتریک در نظر گرفته و با تابش نور در بازه زوایای مختلف از ۰ تا ۹۰ درجه به این بلور در مدهای TE و TM به دنبال یافتن OBG می باشیم.

Investigation of plasma photonic crystals with triangular electron density

[۱] fereshteh cheraghi, [۲]Malihe nejati, [۳]Mahdi soleimani

[1] Department of physics, Qom University, Qom, Iran

[2] Physics Department, Faculty of Science, University of Qom, Qom, Iran

[3] Department of Physics, Faculty of Mechanical Engineering, Qom University of Technology, Qom, Iran

Abstract

In this research, it is tried to investigate the effect of different parameters on the absorption coefficient and the Omnidirectional Band Gap (OBG) in one-dimensional plasma photon crystals with triangular electron density. For this purpose, two-layer photonic crystals consisting of plasma and dielectric are considered and utilizing the electromagnetic wave in different angles from 0 to 90 degrees, the OBG is studied.

Keywords: Plasma photonic crystals, Triangular electron density, OBG

مقدمه

بلورهای فوتونی ساختارهای متناوبی هستند که در آن‌ها لایه‌های دی الکتریک با ضریب شکست بالا و پایین به صورت متناوب وجود دارند. اگر به جای یکی از این دی الکتریک‌ها، لایه پلاسما قرار دهیم بلور فوتونی پلاسمایی بدست می آید. پلاسما یک کاندیدای عالی برای جابه جا شدن با فلز و یا دی الکتریک است، زیرا پلاسما یک محیط پاشنده وابسته به فرکانس است. این بلورهای فوتونی اولین بار توسط هوجو[۱] و ماسه[۲] معرفی شدند. بلورهای فوتونی پلاسمایی می توانند به دو دسته مغناطیده و غیر مغناطیده تقسیم شوند. بلورهای فوتونی پلاسمایی مغناطیده قابلیت کنترل از طریق تغییر میدان های مغناطیسی را هم دارا هستند که این قابل تغییر بودن خواص مهمی را برای ما بوجود می آورد که خود به دو دسته مدTE و TM تقسیم می شوند. بلورهای فوتونی به سه دسته ی بلورهای فوتونی یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی تقسیم می شوند. باند ممنوعه این بلورها علاوه بر هندسه و تناوبشان به زاویه فرودی بستگی دارد. چنانچه بلور فوتونی نور را در همه جهات به طور کامل بازتاب دهد یک باند ممنوعه فوتونی کامل ایجاد می شود. ولی اگر

باند ممنوعه فقط در جهات خاصی مانع انتشار نور شود به آن باند ممنوعه ناکامل یا شبه باند می گویند. در بلور های فوتونی اگر انتشار موج الکترومغناطیسی در هر زاویه و قطبشی ممنوع باشد باند ممنوعه فوتونی همه جهته OBG بدست می آید. این OBGها ازین جهت مورد توجه محققین قرار گرفتند که کاربرد زیادی در بازتابنده‌های بالای همه جهته دارند. در این مقاله سعی بر آن شده در بلورهای فوتونی پلاسمایی یک بعدی با چگالی الکترونی مثلثی، اثر پارامترهای مختلف در ضریب جذب و این باندهای ممنوعه OBG بررسی شود.

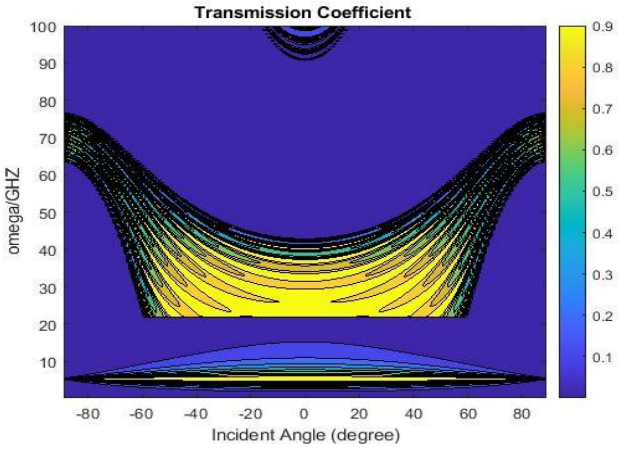
بلورهای فوتونی می‌توانند برای جبران آثار پاشندگی و ایجاد تاخیر گروهی در تپ های نوری مورد استفاده قرار گیرند و لذا این بلورها نامزدهای مناسبی برای کنترل پاشندگی و رفتار فازی تپ‌های نوری در لیزرهای فوق سریع می‌باشند. بنابراین بلورهای فوتونی ساختارهای متناوبی از دی الکتریک ها و فلزها هستند که امکان دستکاری امواج الکترومغناطیس را به ما می‌دهند. [۳]

بلورهای فوتونی موجدار نوعی از این بلورهای فوتونی یک‌بعدی هستند که با اعمال تغییراتی تبدیل به بلورهای فوتونی دو بعدی شده اند، بطوری‌که که در آن لایه‌های تشکیل دهنده بلور دارای الگوی موجی شکل هستند. برای ساخت این نوع بلورها از روش اتوکلونینگ استفاده می شود. ساختار اصلی یک بلور فوتونی موجدار مبتنی بر لایه‌های موجی شکل یا شیاردار می‌باشد که این لایه‌ها با روش کندوپاش بر روی یک زیرلایه با سطح شیاردار ایجاد می شوند. شکل شیاری لایه‌ها منشا خواص نوری منحصربفردی است که با لایه‌های متداول قابل دستیابی نمی‌باشند[٤]. در این تحقیق بلور فوتونی موجدار با شکل مثلثی بررسی شده است.

بحث

در این تحقیق، با کمک ماتریس انتقال به بررسی انتشار امواج الکترومغناطیسی از میان یک بلور فوتونی پلاسمایی یک‌بعدی می-پردازیم و نوار ممنوعه به وجود آمده را مطالعه می‌کنیم.

در اینجا یک دو لایه‌ای فوتونیک کریستال یک بعدی با چگالی الکترونی مثلثی در نظر می‌گیریم. درشکل ۱، طیف عبوری به عنوان تابعی از فرکانس موج برای زاویه نور فرودی از ۰ تا ۹۰ درجه با المان‌های یک درجه‌ای ترسیم شده است. پارامترهای تعداد چاه ها (دره های چگالی الکترونی برحسب طول سیستم)، ضریب گذردهی دی الکتریک، چگالی الکترونی پلاسما و طول لایه‌ها را به ترتیب wellnumber=20، E_d=2.5، nplasma=6e18 و L=30 در نظر می‌گیریم.

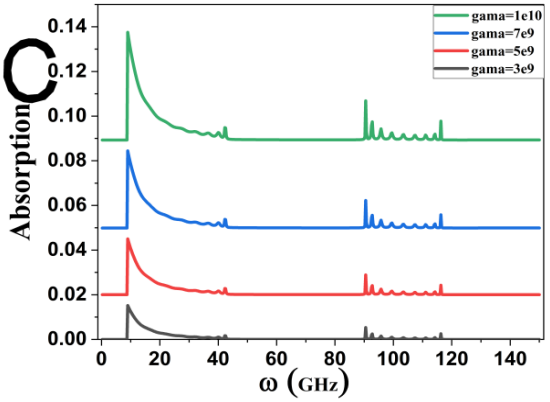


شکل ۱. طرح کانتوری طیف عبوری به صورت تابعی از فرکانس موج فرودی و زاویه تابش برای یک سیستم دو لایه ای بلور فوتونی پلاسمایی با پارامترهای ثابت :

wellnumber=20, L=30, n_{plasma}=6e18, E_d=2.5

همان‌طور که در طرح کانتور مشاهده می‌شود برای زاویه های ۰ تا ۹۰ درجه برای دو مد TE و TM میزان عبور نور نشان داده شده است. در بسامدهای حدود ۷۸ GHz و ۲۰ GHz شاهد ایجاد OBG هستیم.

همچنین اثر پارامتر فرکانس برخورد گاما در میزان ضریب جذب در همین کریستال فوتونیک پلاسمایی یک بعدی بررسی شده است.



همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد میزان ضریب جذب با افزایش مقدار گاما تا $۱*۱۰^{۱۰}$ روند صـــعودی با نرخ تقریبا ۰,۰۵ دارد. در این قســـمت نیز پارامترهای مختلف ثابت wellNumber=20, L=30, n_{plasm}a=1e18, Ed=2.5 در نظر گرفته شده اند.

مرجع ها

[1] H. F Zhang, S-B Liu, H. Yang, X. K, Kong, Phys. Plasmas 20, 092105 (2013)

[2] H. F Zhang, S-B Liu, H. Yang, X. K, Kong, Phys.
Plasmas 20, 032118 (2013)

[3] Li, F., Xiao, L., Zhao, J., Sun, Y., Ma, T., Cao, L., & Huang, M. (2019, April). Investigation on W-Band 100W Three-section Ridge-Loaded Folded Waveguide TWT. In 2019 International Vacuum Electronics Conference (IVEC) (pp. 1-2).

[4] Nagasawa, S., Onuki, T., Ohtera, Y., & Kuwano, H. (2006, January). MEMS tunable optical filter using auto-cloned photonic crystal. In 19th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (pp. 858-861). IEEE.