

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

تأثیر ثابت شبکه بر بهبود مشخصه‌های محبوس‌سازی مدهای نانوکاوک بلور فوتونی L3

خزیمه سریشه، فروغ؛ دارائی، احمدرضا

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، کدپستی ۶۷۴-۹۸۱۳۵، زاهدان

چکیده

جایگزیدگی بسیار بالای مدهای الکترومغناطیسی در نانوکاوک‌های بلور فوتونی با نسبت فاکتور کیفیت به حجم مدی (Q/V_{modal}) بهینه، باعث شده است که این نانوساختارها، گزینه‌های مناسبی برای افزایش آثار اپتیکی غیرخطی مانند لیزینگ رامان و الکترودینامیک کوانتومی کاواک، شوند. اینچنین کاربردهایی، به کنترل دقیق مدهای فوتونی کاواک، نیاز دارند. مدهای نانوکاوک، به میزان زیادی به ثابت شبکه a و شعاع حفره هوا r در آرایش بلور فوتونی، بستگی دارند. تفاوت‌های جزئی در پارامترهای هندسی بلور فوتونی، به تفاوت‌های زیادی در مشخصه‌های پاشندگی، منجر می‌شوند. بنابراین، در این مقاله، با تغییر ثابت شبکه‌ی نانوکاوک بلور فوتونی L3 به بررسی تغییرات مشخصه‌های مدهای محبوس در این نانوکاوک، پرداخته شده است. این نانوکاوک، درون تیغه بلور فوتونی دوبعدی شش‌وجهی، با ثابت‌های شبکه مختلف، ($a = 270, 285, 300, 315, 330 \text{ nm}$) شبیه‌سازی شده است. کلیدواژه- اپتیک غیرخطی، ثابت شبکه، لیزینگ، بلور فوتونی، مد محبوس.

Effect of Lattice Constant to Improving Confinement Characteristics of the L3 Photonic Crystal Nanocavity Modes

Khozaymeh Sarbisheh, Foroogh; Daraei, Ahmadreza

Department of Physics, Faculty of Science, University of Sistan and Baluchestan, P. O. Box: 98135-674, Zahedan

Abstract

The strong localization of electromagnetic modes in high- Q/V_{modal} (quality factor / modal volume) photonic crystal nanocavities are strong candidates for enhanced optical nonlinear effects, such as Raman lasing and cavity quantum electrodynamics. These applications require precise control of cavity resonances mode. The cavity resonance is strongly dependent on the lattice constant, a , and the air-hole radius, r , of photonic crystals. Slight differences in the photonic crystal geometries will result in large differences in the dispersion characteristics. Therefore, in this letter, we examine characteristics of resonant mode confined in L3 photonic crystal nanocavity with change of lattice constant of photonic crystal. This nanocavity is simulated in a hexagonal two dimensional photonic crystal slabs with lattice constants, $a=270, 285, 300, 315$ and 330 nm .

Keywords: Nonlinear Optics, Lattice Constant, Lasing, Photonic Crystal, Confined Mode.

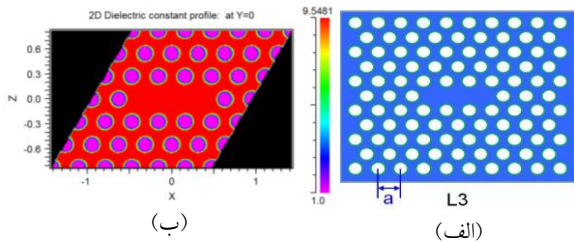
PACS No.: 80, 81, 85, 89, 40

مقدمه

جایگزیده و موجبرهای بلور فوتونی با کنترل کامل پاشندگی مدها، ایجاد می‌شوند. اگر در این گونه کاواک‌ها، نقصی با اختلاف ضریب شکست زیاد با مواد زمینه طراحی شوند، محبوس‌سازی نور با حجم مدی از مرتبه مکعب طول موج نور، با کیفیت بالایی فراهم می‌آید. این نیز به نوبه خود، منجر به افزایش برهم‌کنش‌های

تیغه‌های بلور فوتونی دوبعدی، نور را درون صفحه تیغه توسط بازتاب‌های براگ از آرایه‌ها و در راستای عمود بر سطح، توسط بازتاب داخلی کلی، محبوس می‌کنند. با ایجاد نقص‌های نقطه‌ای و خطی طویل در این ساختارها، به ترتیب کاواک‌های تشدید

شده است. فاکتورهای کیفیت بدست آمده دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای برای بسیاری از کاربردها هستند.

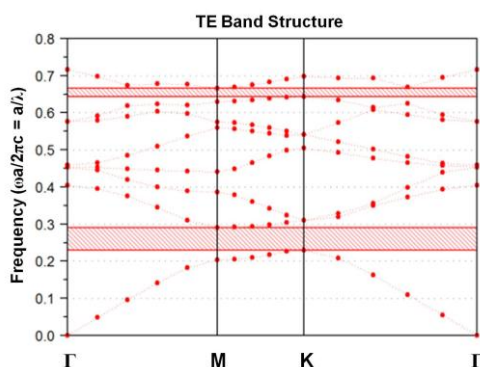


شکل ۱: الف) طرحواره‌ای از نانوکاوکای بلور فوتونی L3 با ثابت شبکه a، ب) نمایش تغییرات موضعی ثابت دی‌الکتریک در نانوکاوکای L3، ترسیم شده توسط نرم‌افزار RSoft Photonics CAD Suite.

جدول ۱: محدوده گاف نواری مد TE بلور فوتونی، طول موج مد تشدید محبوس شده در گاف و فاکتور کیفیت آن، در ساختارهایی با ثابت شبکه متفاوت

ثابت شبکه (nm)	محدوده گاف نواری TE (nm)	طول موج مد تشدید (nm)	فاکتور کیفیت ($Q=\lambda/\Delta\lambda$)
۲۷۰	۹۳۱ - ۱۱۷۹	۱۰۲۶	۱۰۲۶۰
۲۸۵	۹۷۹/۹ - ۱۲۳۹/۴	۱۰۸۳	۱۰۸۳۰
۳۰۰	۱۰۳۱/۷ - ۱۳۰۴/۱	۱۱۴۰	۱۱۴۰۰
۳۱۵	۱۰۸۳/۴ - ۱۳۶۹/۴	۱۱۹۷	۱۱۹۷۰
۳۳۰	۱۱۳۴/۸ - ۱۴۳۵/۱	۱۲۵۴	۱۲۵۴۰

به‌طور نمونه در شکل ۲، ساختار نواری و محدوده تشکیل گاف نواری فوتونی برای مد TE، برای ساختار با ثابت شبکه ۲۷۰ نانومتر، ترسیم شده است.



شکل ۲: تشکیل گاف نواری فوتونی TE برای ثابت شبکه ۲۷۰ nm.

غیرکلاسیکی و غیرخطی، می‌شود. علاوه بر این، نانوکاوکای بلور فوتونی با فاکتورهای کیفیت قابل توجه، به دست آمده‌اند [۳-۱].

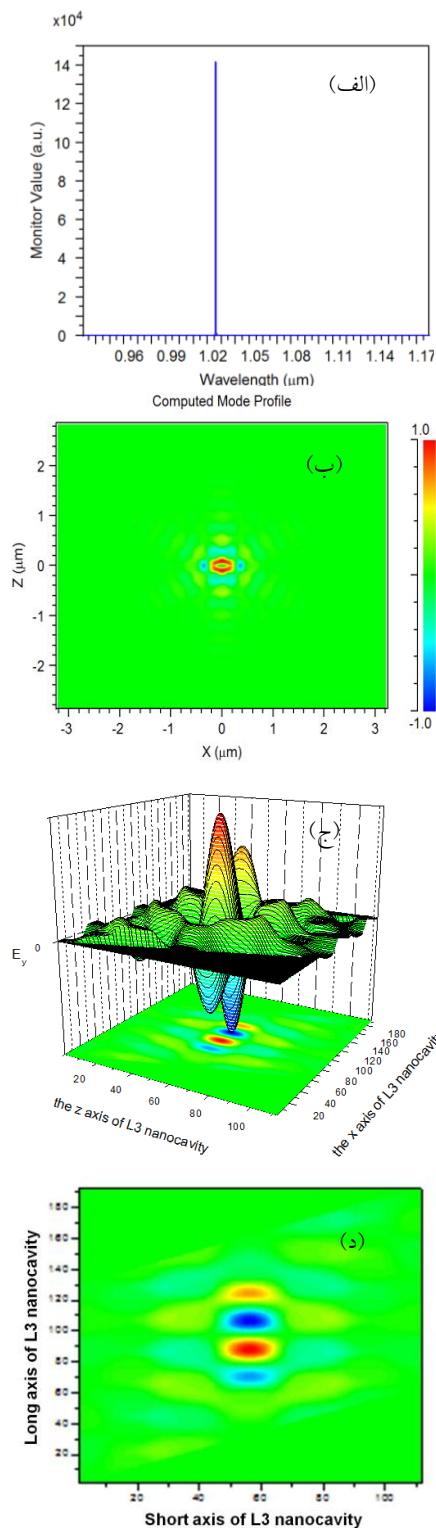
جایگزینی قوی مدهای الکترومغناطیسی و طول عمرهای طولانی فوتون در این نانوکاوکای بلور فوتونی با نسبت فاکتور کیفیت به حجم مدی (Q/V_{modal}) بهینه، باعث می‌شود که این نانوساختارها، گزینه‌های مناسبی برای افزایش آثار اپتیکی غیرخطی مانند لیزینگ رامان [۵و۴] و الکتروپنایمیک کوانتومی کاواک [۶]، باشند. این کاربردها، به کنترل دقیقی از مدهای کاواک نیاز دارند. مدهای تشدید کاواک، به میزان زیادی به ثابت شبکه a و شعاع حفره r بلور فوتونی، بستگی دارند. تفاوت‌های جزئی در پارامترهای هندسی بلور فوتونی، به تفاوت‌های زیادی (در حد ده‌ها نانومتر در طول موج) در مشخصه‌های پاشندگی، منجر می‌شوند.

در این مقاله، با تغییر ثابت شبکه نانوکاوکای بلور فوتونی L3، به بررسی تغییرات و بهبود مشخصه‌های محبوس‌سازی مدهای این نانوکاوک، پرداخته شده است.

محاسبات انجام شده

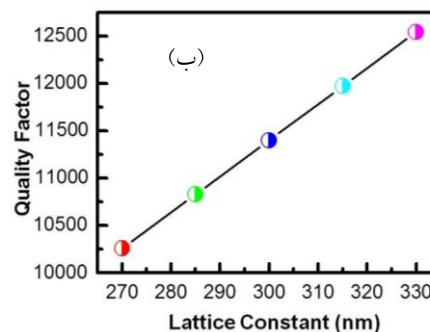
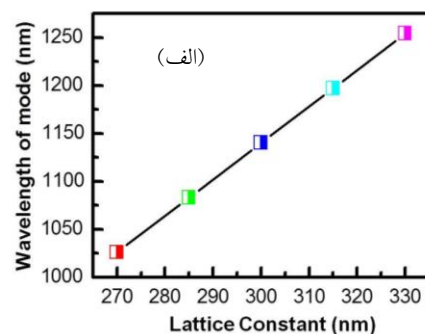
نانوکاوکای خطی L3، مطابق شکل ۱-الف)، یک کاواک خطی و کوچک است که درون تیغه‌های بلور فوتونی دوبعدی با آرایش حفره‌های هوای شش‌گوشی (استوانه‌های اچینگ شده)، با ثابت شبکه a، ایجاد شده است. حذف سه حفره هوا (و اچینگ شیمیایی نشدن) و تشکیل L3، در شکل دیده می‌شود. در این مقاله، برای شبیه‌سازی ثابت‌های شبکه مختلف به ترتیب (a=270, 285, 300, 315, 330 nm) در نظر گرفته شده است. تغییرات موضعی ثابت دی‌الکتریک در نانوکاوکای L3، درج شده در شکل ۱-ب)، توسط بسته نرم‌افزاری RSoft Photonics CAD Suite ترسیم گردیده و محاسبات با استفاده از BandSOLVE انجام شده است.

طول موج مد تشدید محبوس شده درون محدوده گاف نواری مربوطه و فاکتور کیفیت آن، درون ساختارهای شبیه‌سازی شده مذکور، بررسی شده است. نتایج به دست آمده، در جدول ۱، درج



شکل ۴: الف) مؤلفه E_y مد تشدید بر حسب طول موج، ب) توزیع شدت مدهای میدان الکتریکی در راستای عمود بر صفحه‌ی بلور، محاسبه شده با استفاده از روش بسط موج تخت (PWE) نرم افزارهای BandSOLVE و FullWAVE ج) الگوی توزیع میدان سه بعدی مد تشدید و د) الگوی دوبعدی مد تشدید، رسم شده با نرم افزار Origin.

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در شبیه‌سازی، مشاهده می‌شود که با افزایش ثابت شبکه، محدوده گاف نواری فوتونی به سمت طول موج‌های بلندتر انتقال یافته‌اند. همچنین، مقادیر حاصله از محاسبات (گزارش شده در جدول شماره ۱)، نشان می‌دهند که طول موج مد تشدید محبوس شده درون گاف، افزایش می‌یابد (شکل ۳-الف). این نیز به نوبه خود، به همراه بررسی‌های توزیع میدان مدی در ناحیه بسیار کوچک، افزایش فاکتور کیفیت مد محبوس شده را توجیه می‌نماید (شکل ۳-ب).



شکل ۳: الف) نمودار تغییرات طول موج مد تشدید بر حسب ثابت شبکه و ب) فاکتور کیفیت مد نانوکاوک L3، بر حسب ثابت شبکه.

در قسمت‌های (الف) تا (د) شکل ۴، برخی از ویژگی‌های مد تشدید محبوس شده درون نانوکاوک بلور فوتونی L3، به طور نمونه برای ساختار با ثابت شبکه ۲۷۰ نانومتر و حفره‌های هوا با شعاع ۷۸/۳ نانومتر، نشان داده شده‌اند.

فاکتور کیفیت بالا و حجم مدی بسیار کوچک، از ویژگی‌های قابل اشاره ساختار مورد بررسی، بوده است. این تمرکز میدان قوی برای برهم‌کنش تابش و تابش‌گر نانومتری، نظیر نقاط کوانتومی، بسیار مفید است.

نتیجه گیری

با شبیه سازی نانو کاواک خطی L3 درون تیغه های بلور فوتونی دوبعدی با ثابت های شبکه متفاوت آرایه های حفره های هوا، تغییرات مد تشدید محبوس و ویژگی هایش می تواند مورد بررسی قرار گرفته و تنظیم گردند. با افزایش ثابت شبکه (با توجه به نسبت r/a ثابت)، و با افزایش شعاع حفره های هوای تشکیل دهنده نانو کاواک، محدوده تشکیل گاف نوری فوتونی، به سمت طول موج های بلندتر انتقال می یابد. بنابراین، تشدید مد پایه نانو کاواک نیز در طول موج های بلندتر واقع شده و فاکتور کیفیت این مد نیز، افزایش می یابد. کنترل مشخصه های مدهای تشدید مربوطه برای کاربردهای نانو کاواک های بلور فوتونی در آثار اپتیک غیرخطی همچون لیزینگ رامان و در آزمایش های الکترو دینامیک کوانتومی کاواک، برای برهم کنش تابش - ماده، با اهمیت است.

مرجع ها

- [1] B. S. Song, S. Noda, T. Asano and Y. Akahane, "Ultra-high-Q photonic double-heterostructure nanocavity", *Nat. Mater.*, **4**, 207-210 (2005).
- [2] E. Kuramochi, M. Notomi, S. Mitsugi, A. Shinya, T. Tanabe, and T. Watanabe, "Ultrahigh-Q photonic crystal nanocavities realized by the local width modulation of a line defect", *Appl. Phys. Lett.* **88**, 041112 (2006).
- [3] Y. Tanaka, T. Asano, and S. Noda, "Design of Photonic Crystal Nanocavity With Q-Factor of $\sim 10^9$ ", *Journal of Lightwave Technology*, **26**, No. 11, (2008).
- [4] H. Rong, S. Xu, Y. H. Kuo, V. Sih, O. Cohen, O. Raday, and M. Paniccia, "Low-threshold continuous-wave Raman silicon laser", *Nature Photonics*, **1**, 232 (2007).
- [5] X. Yang and C. W. Wong, "Coupled-mode theory for stimulated Raman scattering in high-Q/ V_m silicon photonic band gap defect cavity lasers", *Optics Express*, **15**, No. 8, 4763-4780 (2007).
- [6] R. Bose, X. Yang, R. Chatterjee, J. Gao and C. W. Wong, "Weak coupling interactions of colloidal lead sulphide nanocrystals with silicon photonic crystal nanocavities near 1.55 μm at room temperature", *Appl. Phys. Lett.*, **90**, 111117 (2007).

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی