



طیف تراگسیل نانوبلورهای فوتونی شامل ابررسانای نئوبیم

اصلان ظهیری شادباش، ربابه طالب زاده*

گروه فیزیک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

* Robab.talebzadeh@iaut.ac.ir

چکیده

ما نانوساختارهای لایه ای با سلول واحد ابررسانا-دی الکتریک را مطالعه کردیم. طیف تراگسیل این نانوبلورهای فوتونی را با بهره گیری از مدل دو-شاره و نیز روش ماتریس انتقال بررسی کردیم. نتایج عددی فرکانس قطعی را نشان دادند که پایین تر از آن فرکانس، هیچ موج الکترومغناطیسی نمی تواند در این ساختارها منتشر شود. مطالعه اثر برخی از پارامترها مانند ضخامت مواد و دمای اعمالی را هدف قرار دادیم. مشاهده کردیم که دمای اعمالی همانند ضخامت مواد سازنده، فرکانس قطع را بطور موثر تنظیم می کند. این ساختارها گزینه مناسبی برای ادوات اپتیکی مانند فیلترهای اپتیکی، سوئیچ ها، شاپرهای اپتیکی و سایر کاربردهای اپتوالکترونیکی می باشد.

واژه های کلیدی

نانوبلور فوتونی، ابررسانای نئوبیم و فرکانس قطع.

مقدمه

با انتشار دو مقاله ی مهم از یابلونوویچ و ساجیو جان در سال ۱۹۸۷ ساختارهای لایه ای موسوم به بلورهای فوتونی معرفی شدند [۱-۲]. بلورهایی که به واسطه آرایش تناوبی شان، امواج الکترومغناطیسی با فرکانس های معین در آنها انتشار نمی یابد. این ویژگی بلورهای فوتونی را برای مطالعه مهم کرده است [۳]. بلورهای فوتونی دارای کاربردهای عملی وسیعی در شاخه های مختلف، از جمله در حوزه الکترونیک و فوتونیک هستند. قابلیت تنظیم پذیری طیف تراگسیلی بلورهای فوتونی از ویژگیهای اساسی آنهاست که با کنترل خواص اپتیکی مواد استفاده شده در طراحی بلور فوتونی حاصل می شود. بنابراین مواد با خواص اپتیکی قابل کنترل بسیار قابل توجه اند از جمله این مواد می توان به ابررساناها اشاره کرد. با توجه به جذب پایین ابررساناها نسبت به فلزات و در نتیجه اتلاف پایین آنها، بلورهای فوتونی حاوی مواد ابررسانا بسیار قابل توجه اند [۴].

ابررسانایی در سال ۱۹۱۱ توسط کامرلین اونس برای اولین بار معرفی شد [۵]. در دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ تکامل قابل توجهی داشت و ابررسانا های کلاسیک شکل نظری رضایت بخشی به خود گرفت. این شاخه در سال ۱۹۸۶ با کشف ابررسانا های دمای بالا توسط بدنورز و مولر [۶] کاملاً دگرگون شد و راه تازه ای را باز کرد. اخیراً با توجه به خواص اپتیکی منحصر به فرد مواد ابررسانا [۷] در

ساختارهای بلور فوتونی مورد استفاده قرار گرفته اند [۴]. در این مقاله نانو بلورهای فوتونی با در کنار هم قرار دادن ابررسانا و دی الکتریک را مطالعه کردیم و طیف تراگسیل این بلورهای فوتونی را با بهره گیری از روش ماتریس انتقال بررسی کرده و رفتار اپتیکی این ساختارها را بنا بر نوع و ضخامت لایه ها و ... مورد بررسی قرار می دهیم.

ساختار و فرمول بندی مساله

یک نانوبلور فوتونی با تناوب دو لایه شامل لایه ابررسانا و لایه دی الکتریک مطابق شکل ۱ را در نظر گرفتیم. در ارتباط با لایه های ابررسانا، بیشتر خواص مواد ابررسانا را می توان توسط مدل دو شارهای توصیف کرد [۸] اگر نمونه را بدون اتلاف در نظر بگیریم رسانندگی کاملاً موهومی بوده و به تبع آن ضریب گذردهی نسبی الکتریکی ابررسانا با استفاده از مدل دو شارهای و تقریب های اعمالی و استفاده از عمق نفوذ لندن در حالت دمای غیرصفر و بدون اتلاف از رابطه زیر بدست می آید:

$$\varepsilon(\omega) = 1 - \left(\frac{c}{\omega \lambda(T)} \right)^2, \quad \lambda(T) = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - (T/T_c)^2}} \quad (1)$$

که λ_0 عمق نفوذ لندن در دمای صفر درجه کلونین و T_c دمای بحرانی ابررسانا می باشد. با فرض $\mu = 1$ ضریب شکست وابسته به فرکانس و دمای ابررسانا، بصورت $n = \sqrt{\varepsilon}$ بیان می شود. روش مطالعه ما، روش ماتریس انتقال است. بر اساس این روش با استفاده از شرایط مرزی برای پیوستگی مولفه های میدان الکتریکی و مغناطیسی، می توان عناصر دامنه های تابشی a و بازتابشی b در دو لایه مجاور هم را توسط ماتریس بهم مربوط ساخت که این ماتریس مشهور به ماتریس انتقال می باشد [۹].

$$\begin{bmatrix} a_{n-1} \\ b_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_n \\ b_n \end{bmatrix} \quad (2)$$