



فرکانس قطع در نانوبلورهای فوتونی ابررسانا شامل فراماده

اصلان ظهیری، 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-فراماده 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. اثر برخی از پارامترها مانند ضخامت لایه های ساختار و ضریب شکست فرامواد را مطالعه کردیم. مشاهده کردیم که ضخامت و ضریب گذردهی مواد سازنده، فرکانس قطع را بطور موثر تنظیم می کند و بر تعداد باند گاف های نانوساختار تاثیر گذار است. این ساختارها گزینه مناسبی برای ادوات اپتیکی مانند فیلترهای اپتیکی و سایر ابزارهای اپتوالکترونیکی می باشد.

واژه های کلیدی

نانوبلور فوتونی، ابررسانای نئوبیم و فراماده.

مقدمه

خصوصیات الکتریکی و مغناطیسی مواد بوسیله دو پارامتر، ضریب گذردهی الکتریکی و ضریب نفوذپذیری مغناطیسی، تعیین می شود. هر دوی، گذردهی الکتریکی و نفوذپذیری مغناطیسی نتیجه واکنش ماده به تابش الکترومغناطیسی است. برای تمامی مواد موجود در طبیعت ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی و گذردهی الکتریکی مثبت هستند. با پیشرفت علم موادی ساخته شدند که دارای ضریب دی الکتریک و ضریب نفوذ پذیری مغناطیسی منفی در دامنه ای از فرکانس ها هستند. دستیابی به این مواد موسوم به فرا مواد که اولین بار در سال ۱۹۶۷ توسط وسلاگو پیش بینی شدند [۱]، راهگشای نتایج تازه در علم فتونیک بود [۲]. در میان مواد طبیعی، فلزات عنصری هستند که با اعمال تابش های الکترومغناطیسی با فرکانس پایین تر از فرکانس پلاسما محیط، از خود خاصیت ضریب دی الکتریک منفی نشان می دهند [۳].

با انتشار دو مقاله ی مهم از یابلونوویچ و ساجیو جان در سال ۱۹۸۷ ساختار های لایه ای موسوم به بلورهای فوتونی معرفی شدند [۴-۵]. بلور هایی 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 [۶]. 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 و نیز فرامواد 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 [۷]. همچنین فرا مواد ساختاری مصنوعی دارند و در سال های اخیر در بلورهای فوتونی مورد استفاده قرار گرفته اند [۸].

اخیرا با توجه به خواص اپتیکی منحصر به فرد مواد ابررسانا [۹-۱۱] در ساختار های بلور فوتونی مورد استفاده قرار گرفته اند [۷]. در این مقاله نانو بلورهای فوتونی ابررسانا را با در کنار هم قرار دادن لایه های ابررسانا و فرامواد مطالعه کردیم و طیف تراگسیل این بلور های فوتونی را با بهره گیری از روش ماتریس انتقال بررسی کرده و رفتار اپتیکی این ساختار ها را بنا بر نوع و ضخامت لایه ها و ... مورد بررسی قرار می دهیم.

ساختار و فرمول بندی مساله

یک نانوساختار لایه ای یک بعدی را در نظر می گیریم که هر تناوب آن شامل یک سلول دوتایی از مواد ابررسانا و فراماده می باشد که N بار در کنار هم قرار داده شده اند. این نانوبلور فوتونی را به اختصار $(M-S)^N$ می نامیم. طرحواره شماتیک از نانوساختار مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. در ارتباط با لایه های ابررسانا، بیشتر خواص مواد ابررسانا را می توان توسط مدل دو شاره ای توصیف کرد [۱۲] 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 شاره ای و تقریب های اعمالی و استفاده از عمق نفوذ لندن در حالت دمای غیرصفر و بدون اتلاف از رابطه زیر بدست می آید: