دانشکده فیزیک

گروه حالت جامد و الکترونیک

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

عنوان :

تزویج مدهای سطحی در بلور فوتونی دو بعدی

اساتید راهنما

دکتر علی سلطانی والا – دکتر منوچهر کلافی

استاد مشاور

دکتر جمال بروستانی

پژوهشگر

ابراهیم غریب قراملکی

مرداد ۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

این ثنا گفتن ز من ترک ثناست

که این دلیل هستی و هستی خطاست

در اینجا بر خود لازم می دانم، از اساتید عزیز و گرانمایه ام جناب آقای دکتر علی سلطانی والا و جناب آقای دکتر منوچهر کلافی که راهنمایی پایان نامه بنده را در طی این مدت قبول نموده اند و جناب آقای دکتر جمال بروستانی که زحمت مشاور اینجانب را داشتند، نهایت تشکر و قدردانی نمایم و همچنین از جناب آقای دکتر عبدالرحمان نامدار که زحمت داوری این پایان نامه را کشیده اند، سپاسگزاری می نمایم و کمال تشکر را دارم.

نام خانوادگی دانشجو: غریب قراملکی **نام**: ابراهیم

عنوان پایان‌نامه: تزویج مدهای سطحی در بلور فوتونی دو بعدی

اساتید راهنما: دکتر علی سلطانی والا – دکتر منوچهر کلافی

استاد مشاور: دکتر جمال بروستانی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: فیزیک **گرایش**: حالت جامد و الکترونیک

دانشگاه: تبریز **دانشکده**: فیزیک **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۹۰/۰۵/۲۳ **تعداد صفحه**:۱۱۳

کلید واژه‌ها: بلورهای فوتونی دوبعدی، روش بسط موج تخت، روش ابر سلول، مدهای سطحی، تزویج مدهای سطحی

چکیده:

بلورهای فوتونی ساختارهای دی‌الکتریک متناوبی هستند که بصورت مصنوعی ساخته شده و قادر به کنترل کامل انتشار نور می‌باشند. بلورهای فوتونی دارای ساختار باندهایی می‌باشند که از مشخصه‌های بلور بوده و شامل نوارهای فرکانسی مجاز و ممنوعه است. چنانچه تناوب ضریب دی-الکتریک در دو جهت باشد بلور فوتونی دو بعدی است، که از یک سری میله‌های دی‌الکتریک که در یک زمینه‌ی دی‌الکتریک همگن با ضریب دی‌الکتریک متفاوت قرار داده شده‌اند تشکیل شده است. انتشار امواج الکترومغناطیسی در این ساختارها، مشخصه‌های بسیار جالب و عجیبی را از خود نشان می دهد. حالت‌های منتشر شونده در کل بلور فوتونی، نوارهای توده‌ای را تشکیل می دهند، که توسط گاف‌ها از همدیگر جدا شده‌اند. وقتی که یک بلور فوتونی بی نهایت ایده‌ال قطع می گردد، امواج سطحی جایگزیده می تواند در سطح قطع شده بلور فوتونی نیمه بینهایت ظاهر گردد. این مدها، میدان‌های الکترومغناطیسی هستند که، بردار موج‌شان مختلط هستند که، منجر به این می شود که موج، در جهات عمود بر صفحه جداکننده محیط همگن و بلور فوتونی و بسمت دور شدن از این صفحه بصورت نمائی میرا گردد.

در این پایاننامه ابتدا تزویج مدهای سطحی بین بلورهای فوتونی دو بعدی مشابه با شبکه‌های مربعی–مربعی و مثلثی–مثلثی و سپس تزویج مدهای سطحی بین بلورهای فوتونی دو بعدی مثلثی–مربعی و دو نوع شبکه‌ی مربعی متفاوت با پیکربندیهای متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. روند کلی کار به این شرح است که ابتدا مدهای سطحی بلورهای فوتونی را بدست آورده‌ایم و سپس با کم کردن فاصله‌ی بین بلورها، تزویج مدهای سطحی بین بلورهای فوتونی دو بعدی مورد بررسی قرار

گرفته است. که در مورد تزویج مدهای سطحی بین بلورهای فوتونی متفاوت، بلورهای فوتونی اولیه باید با انتخاب پارامترهای فیزیکی بلور به گونه‌ای انتخاب شوند که منطقه ممنوعه فرکانسی مشترک داشته باشند و به تنهایی حالت‌های سطحی در این منطقه داشته باشند. به منظور بررسی تزویج مدهای سطحی بین بلورهای فوتونی دوبعدی از روش ابر سلول بر مبنای روش بسط موج تخت استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که موقعیت فرکانسی مدهای سطحی در اثر تزویج به فرکانس‌های بالاتر و پایین تر از وضعیت قبل از تزویج جابه‌جا می شود که میزان جابه‌جایی مدهای سطحی به فاصله‌ی دو بلور اولیه بستگی دارد. همچنین نتایج نشان می دهد که شدت میدان در راستای صفحه قطع شدگی بصورت گسترده بوده یعنی امواج سطحی در این راستا انتشار می یابند در حالیکه در راستای عمود بر صفحه‌ی قطع شدگی به شدت جایگزیده هستند.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول

بررسی منابع

بلورهای فوتونی ۵

مقدمه ۵

۱-۱- انواع بلورهای فوتونی ۸

۱-۲- پارامترهای مهم بلور فوتونی ۹

۱-۲-۱- ابعاد بلور فوتونی ۹

۱-۲-۱-۱- بلور فوتونی یک بعدی ۹

۱-۲-۱-۲- بلور فوتونی دو بعدی ۱۰

۱-۲-۱-۳- بلور فوتونی سه بعدی ۱۱

۱-۲-۲- شبکه‌های بلوری ۱۲

۱-۲-۲-۱ یاخته واحد بسیط ۱۳

۱-۲-۲-۲- شبکه براوه دو بعدی ۱٤

۱-۲-۲-۲-۱- انواع شبکه بلور فوتونی دو بعدی ۱٤

۱-۲-۲-۳- شبکه براوه سه بعدی ۱۵

۱-۲-۲-٤- شبکه وارون ۱۵

۱-۲-۳- شکل میله‌های دیالکتریک ۱۷

۱-۲-٤- ضریب دی‌الکتریک زمینه و میله‌ها ۱۸

۱-۲-۵- کسر پرشدگی ۱۸

۱-۳- نقص در بلورهای فوتونی ۱۸

۱-٤- حالت‌های سطحی ۲۰

۱-۵- ساختار باند بلورهای فوتونی دو بعدی ۲۲
۱-٦-کاربرد بلورهای فوتونی ۲٤
۱-٦-۱- فیبرها ۲٥
۱-٦-۲- موجبرها ۲٦
۱-٦-۳- محدوده پراکندگی ۲۷
۱-٦-٤ مدارات فعال ۳۰
۱-٦-٥-کاواک ها ۳۱
۱-٦-٥- ۱-کاواک بلورهای فوتونی ۳۲
۱-٦-٦ میکروکاواک های لیزری بلور فوتونی ۳٥

فصل دوم

مبانی و روشها

مقدمه ۳۸
۲-۱- **راهکارهای عددی مورد نیاز** ٤۰
۲-۲- محاسبه ضریب فوریه عکس تابع دی‌الکتریک برای میله‌هایی با اشکال هندسی مختلف ٤۲
۲-۲-۱- روش محاسبه ٤۲
۲-۲-۲- ضرایب فوریه مربوط به میله های دایره ای شکل ٤۳
۲-۲-۳- ضرائب فوریه مربوط به میله های مربعی شکل ٤۷
۲-۳- محاسبه مدهای سطحی به روش ابر سلول ٤۸
۲-٤- محاسبه ضرایب فوریه بلور فوتونی یک بعدی با استفاده از روش ابر سلول ٥۲
۲-٥- محاسبه ضرائب فوریه بلورهای فوتونی دو بعدی با استفاده از روش ابر سلول ٥۷
۲-٥-۱- بلور فوتونی دو بعدی با شبکه ی مربعی با میله های با سطح مقطع مربعی ٥۷
۲-٥-۲- بلور فوتونی دو بعدی با شبکه مربعی از میله های دی الکتریک با سطح مقطع دایروی ٦۰
۲-٥-۳- بلور فوتونی دو بعدی با شبکه مثلثی با میله های با سطح مقطع دایروی ٦۲
۲-٦- محاسبه ضرائب فوریه بلور فوتونی متشکل از دو بلور فوتونی متفاوت ٦٤

۲-٦-۱- دو بلور فوتونی دو بعدی با تقارن شبکه مربعی ٦٤
۲-٦-۲- بلور فوتونی دو بعدی با شبکه ی متشکل از یک شبکه مربعی همراه با شبکه مثلثی ٦٦

فصل سوم

نتایج و بحث

مقدمه ۷۱
۳-۱- تزویج مدهای سطحی بین دو بلور فوتونی یک بعدی مشابه ۷۲
۳-۱-۱- ساختار باند یک بلور فوتونی یک بعدی ۷۲
۳-۱-۲ ساختار متناوب یک بعدی قطع شده در فصل مشترک با هوا ۷۳
۳-۲-۱ شبکه ی مربعی شامل حفره های هوا به شکل مربع در زمینه دی الکتریک ۷٦
۳-۲-۲ شبکه ی مربعی شامل میله های دی الکتریک در زمینه ی هوا ۸۱
۳-۲-۳ شبکه ی مربعی شامل حفره های هوا به شکل دایره در زمینه دی الکتریک ۸٦
۳-۲-٤ شبکه ی مثلثی شامل میله های دی الکتریک در زمینه ی هوا ۹۱
۳-۳- تزویج مدهای سطحی بین دو بلور فوتونی دو بعدی متفاوت ۹٦
۳-۳-۱- تزویج مدهای سطحی دو بلور فوتونی دو بعدی با تقارن شبکه ی مربعی ۹٦
۳-۳-۲- تزویج مدهای سطحی دو بلور فوتونی دو بعدی با تقارن شبکه های مثلثی و مربعی ۱۰۲
نتیجه گیری ۱۰۹
منابع ۱۱۰

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱- ۱ ..... ٦

شکل ۱- ۲.....۸
شکل ۱- ۳.....۹
شکل ۱- ٤.....۱۰
شکل ۱- ٥.....۱۲
شکل ۱- ٦.....۱٥
شکل ۱- ۷.....۱۷
شکل ۱- ۸.....۲۰
شکل ۱- ۹.....۲۱
شکل۱- ۱۰.....۲۱
شکل۱- ۱۱.....۲٦
شکل۱- ۱۲.....۲٦
شکل۱- ۱۳.....۲۷
شکل۱- ۱٤.....۲۹
شکل۱- ۱٥.....۳۰
شکل۱- ۱٦.....۳۲
شکل۱- ۱۷.....۳۳
شکل۱- ۱۸.....۳٤
شکل۱- ۱۹.....۳٦

فصل دوم

شکل ۲- ۱.....٤٤
شکل ۲- ۲.....٤۷
شکل ۲- ۳.....٥۰
شکل ۲- ٤.....٥۳
شکل ۲- ٥.....٥۳
شکل ۲- ٦.....٥۷
شکل ۲- ۷.....٦۱

شکل ۲- ۸.....۶۳
شکل ۲- ۹.....۶۴
شکل ۲- ۱۰.....۶۷

فصل سوم

شکل ۳- ۱.....۷۲
شکل ۳- ۲.....۷۳
شکل ۳- ۳.....۷۴
شکل ۳- ٤.....۷۴
شکل ۳- ٥.....۷۵
شکل ۳- ٦.....۷۵
شکل ۳- ۷.....۷٦
شکل ۳- ۸.....۷٦
شکل ۳- ۹.....۷۷
شکل ۳- ۱۰.....۷۸
شکل ۳- ۱۱.....۷۸
شکل ۳- ۱۲.....۷۹
شکل ۳- ۱۳.....۷۹
شکل ۳- ۱٤.....۷۹
شکل ۳- ۱٥.....۸۰
شکل ۳- ۱٦.....۸۱
شکل ۳- ۱۷.....۸۱
شکل ۳- ۱۸.....۸۲
شکل ۳- ۱۹.....۸۲
شکل ۳- ۲۰.....۸۳

شكل ٣- ٢١..... ٨٣
شكل ٣- ٢٢..... ٨٤
شكل ٣- ٢٣..... ٨٤
شكل ٣- ٢٤..... ٨٤
شكل ٣- ٢٥..... ٨٥
شكل ٣- ٢٦..... ٨٦
شكل ٣- ٢٧..... ٨٧
شكل ٣- ٢٨..... ٨٧
شكل ٣- ٢٩..... ٨٨
شكل ٣- ٣٠..... ٨٨
شكل ٣- ٣١..... ٨٩
شكل ٣- ٣٢..... ٨٩
شكل ٣- ٣٣..... ٨٩
شكل ٣- ٣٤..... ٩٠
شكل ٣- ٣٥..... ٩٠
شكل ٣- ٣٦..... ٩١
شكل ٣- ٣٧..... ٩١
شكل ٣- ٣٨..... ٩٢
شكل ٣- ٣٩..... ٩٢
شكل ٣- ٤٠..... ٩٣
شكل ٣- ٤١..... ٩٣
شكل ٣- ٤٢..... ٩٤
شكل ٣- ٤٣..... ٩٤
شكل ٣- ٤٤..... ٩٤
شكل ٣- ٤٥..... ٩٥
شكل ٣- ٤٦..... ٩٦

شكل ٣- ٤٧..... ٩٧
شكل ٣- ٤٨..... ٩٨
شكل ٣- ٤٩..... ٩٨
شكل ٣- ٥٠..... ٩٩
شكل ٣- ٥١..... ٩٩
شكل ٣- ٥٢..... ١٠٠
شكل ٣- ٥٣..... ١٠٠
شكل ٣- ٥٤..... ١٠٠
شكل ٣- ٥٥..... ١٠١
شكل ٣- ٥٦..... ١٠١
شكل ٣- ٥٧..... ١٠٢
شكل ٣- ٥٨..... ١٠٣
شكل ٣- ٥٩..... ١٠٣
شكل ٣- ٦٠..... ١٠٤
شكل ٣- ٦١..... ١٠٥
شكل ٣- ٦٢..... ١٠٥
شكل ٣- ٦٣..... ١٠٦
شكل ٣- ٦٤..... ١٠٦
شكل ٣- ٦٥..... ١٠٦
شكل ٣- ٦٦..... ١٠٧
شكل ٣- ٦٧..... ١٠٨

مقدمه

چه نوع موادی می توانند کنترل کامل انتشار نور را برای ما فراهم سازند؟ برای پاسخ به این پرسش، به مانسته الکترونیکی این سوال باز می گردیم. مواد یا بلورهای الکترونیکی که وظیفه کنترل و هدایت رفتار الکترون را بر عهده دارند در نقطه مقابل و مشابه موادی هستند که انتظار داریم عمل کنترل انتشار امواج نوری را انجام دهند. بلور، آرایش متناوب از اتم‌ها و مولکول‌ها در فضا تکرار شده باشند. بلور پتانسیل متناوبی برای الکترونی که در میان آن منتشر می شود فراهم می کند و هندسه بلور بسیاری از خواص ساختاری بلور را مشخص می کند. وجود انرژی پتانسیل متناوب درون شبکه بلور، گاف‌هایی را در داخل ساختار باند انرژی بلور به وجود می آورد به طوری که (به خاطر تشابه پراش براگ از اتم ها) انتشار الکترون ها درون بلور و با انرژی‌های خاص در راستاهای خاص ممنوع می شود. اگر پتانسیل شبکه به اندازه کافی قوی باشد، ممکن است که گاف برای تمام راستاهای ممکن ظاهر شود. برای مثال نیمرسانا دارای یک گاف باند کامل بین نوارهای ظرفیت و رسانش می باشد.

مشابه نوری موردی که در بالا به آن اشاره شد، بلورهای فوتونی نام دارد. که در آن، پتانسل پریودیک به خاطر وجود یک شبکه ماکروسکوپی از مواد دی الکتریک بوجود آمده است. اگر ثابت‌های دی الکتریک مواد در بلور به اندازه کافی متفاوت باشند و جذب نور توسط ماده حداقل مقدار را داشته باشد، آن‌گاه پراکندگی در سطح مشترک می تواند بسیاری از پدیده‌هایی را که پتانسیل اتمی برای الکترون‌ها به وجود می‌آورد، به طور مشابه برای فوتون‌ها (مدهای نور) ایجاد نماید. یک پاسخ برای مسئله کنترل نور و دستکاری آن و بعبارت دیگر تنظیم نحوه انتشار آن، استفاده از بلور فوتونی می باشد، یعنی یک محیط دی الکتریک متناوب با اتلاف پایین. بلورهای فوتونی معمولا به عنوان مشابه نوری نیمرساناها در نظر گرفته می شوند و خواص نوری را مشابه با یک شبکه اتمی میکروسکوپی که گاف باند نیمرسانا را برای الکترون تولید می کند، تغییر می دهند.

بلورهای فوتونی موادی هستند که ضریب شکست آنها به صورت دوره‌ای با یک مقیاس طولی در حدود طول موج نور عمل کننده تغییر می کند. کلمه بلور از آنجا بکار می رود که این مواد از تکرار یک سری واحدهای ساختاری مصنوعی مشابه تشکیل می شوند و کلمه فوتونی به این دلیل اضافه شده است که این بلورها برای تاثیر گذاشتن بر خواص انتشار فوتون‌ها ساخته شده‌اند.

مهمترین خاصیت بلورهای فوتونی انتشار نور با گستره فرکانسی معین می باشد که به آن ساختار نوار باورهای فوتونی گفته می شود. در ساختار آنها بازه‌ای از فرکانس وجود دارد که بلورهای نوری قادر به انتشار آن نمی باشند که این بازه از فرکانس را گاف فوتونی می نامند.

به طور کلی می دانیم یک موج هنگامی تحت تاثیر قرار خواهد گرفت که وارد محیطی شود که بعضی مشخصه‌های درون این محیط که به این موج مربوط می شود مدوله شده باشند. در مورد موج نوری فوتون‌ها این مشخصه ضریب شکست است. برای سیستم‌های دیگر که به صورت موج منتشر می شوند مانند الکترون‌های درون یک نیمرسانا، پتانسیل الکتریکی برای الکترون‌ها می باشند.

رفتار یک فوتون با فرکانس خاص وابسته به جهت انتشار فوتون درون بلور فوتونی است. مدولاسیون ضریب شکست باعث خواهد شد که بعضی انرژی‌ها و جهت‌ها برای فوتون‌ها در داخل بلور ممنوع شوند. یعنی مشابه با مورد نیمرساناها در بلورهای فوتونی، ساختار باند فوتونی داشته داشته باشیم. اگر برای برخی گستره‌های فرکانسی، بلور فوتونی نور را با هر قطبش و هر زاویه‌ای که می تاباند بازتاب کند، گفته می شود بلور یک گاف باند فوتونی کامل دارد. در یک چنین بلوری، اگر مدهای نوری دارای فرکانس هایی داخل گستره فرکانسی معرفی شده باشند، نمی توانند منتشر شوند

از آنجایی که در عمل بلورهای فوتونی شامل سطحی هستند که در فصل مشترک بلور فوتونی با هوا قرار دارد. مطالعه‌ی ویژگی مدهای سطحی برای کاربرد آنها مهم است. زمانی که یک بلور فوتونی ایده‌ال قطع می شود، امواج جایگزیده سطحی می توانند در محل سطح قطع شده بلور فوتونی نیمه بینهایت ظاهر گردند. این مدها، میدان الکترومغناطیسی هستند که در راستای عمود بر فصل مشترک بلور فوتونی و هوا، بصورت نمائی میرا می گردند. در ساختار باند مصور یک بلور فوتونی دو بعدی، مدهای سطحی، مدهای هستند که زیر خط نور و در منطقه ممنوعه فرکانسی باشند.

هدف اصلی در این پایاننامه تزویج مدهای سطحی در بلور فوتونی دو بعدی می باشد. بدین منظور در این پایاننامه بعد از ذکر مقدماتی در فصل اول، در فصل دوم ابتدا روش ابر سلول بر پایه بسط موج تخت توضیح داده شده است، سپس در مورد روش ابر سلول و چگونگی انتخاب آن به منظور انجام محاسبات بحث شده و در نهایت ضرایب فوریه مورد نیاز برای به دست آوردن ساختار باند مصور بلورهای فوتونی محاسبه شده است.

در فصل سوم به منظور مطالعه‌ی تزویج مدهای سطحی، ابتدا مدهای سطحی بلورهای فوتونی دو بعدی را با استفاده از روش ابرسلول بر پایه بسط موج تخت به دست می آوریم. سپس با کم کردن فاصله بین بلورها رفتار مدهای سطحی در هنگام تزویج بررسی می شود. در این پایاننامه شش ساختار شامل چهار بلور فوتونی با شبکه‌های مربعی و مثلثی و دو بلور فوتونی شامل شبکه‌های مربعی–مثلثی و مربعی–مربعی که یکی از بلورها از حفره‌های هوا در زمینه‌ی دی الکتریک و دیگری از میله‌های دی الکتریک در زمینه هوا تشکیل شده، به طوری که میله‌های انتهایی قطع شده‌اند مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل اول

بررسی منابع

بلورهای فوتونی

مقدمه

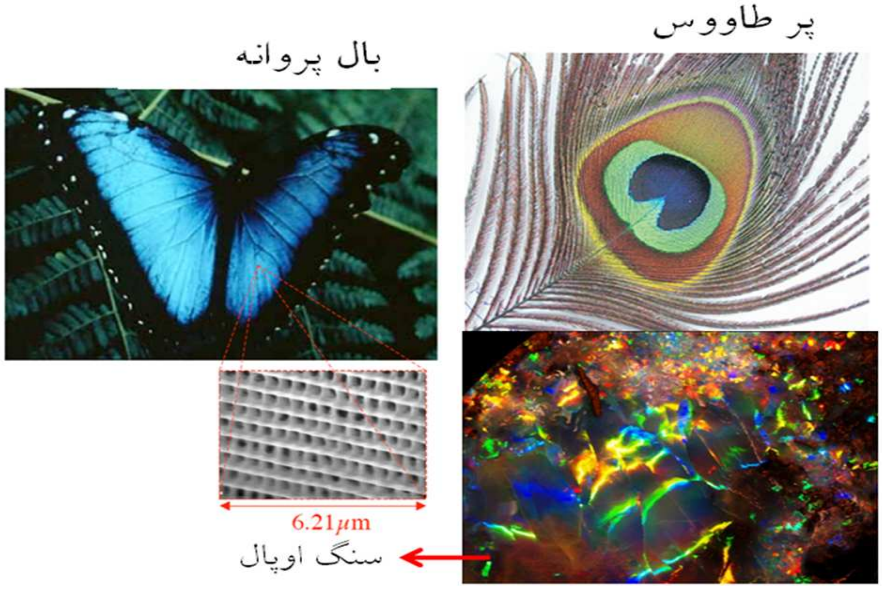
در قرن بیستم تلاش محققان بیشتر روی کنترل خواص الکتریکی مواد متمرکز بود. پیشرفت‌ها در فیزیک نیم رساناها باعث شد که خواص رسانایی گروه مشخصی از مواد بهبود یافته و در نتیجه انقلاب ترانزیستور در الکترونیک آغاز گردد. به موازات مطالعات بر روی خواص الکتریکی، خواص اپتیکی مواد نیز مورد توجه قرار داشته است. نیمه‌رساناها از زمانی که کشف شده‌اند نقش عمده‌ای در همه جنبه‌های زندگی ما بازی می‌کنند. انگیزه کوچک‌سازی و بالا بردن سرعت عملکرد مدارهای مجتمع الکترونیکی باعث تلاش‌های آکادمیک و صنعتی شده است. از این رو تحقیقات و استفاده از فوتون‌ها به جای الکترون‌ها در دستور کار قرار گرفت.

فوتون‌ها دارای مزایای بیشتری نسبت به الکترون‌ها هستند. یکی از این مزایا حرکت سریعتر نسبت به الکترون‌ها در سیم‌های مسی می‌باشد. افزون بر این شدت اندرکنش فوتون‌ها در حد اندرکنش الکترون‌ها نمی‌باشد، و این اساساً در کاهش اتلاف انرژی در سیستم‌های کاربردی و عملی به ما کمک می‌کند.

طراحی موادی که قادر به انتشار نور در داخل خود باشند و یا اجازه انتشار نور در جهت‌ها و فرکانس‌های معینی را دهند و یا قادر به متمرکز کردن نور در یک محدوده‌ی خاصی باشند نوید پیشرفت-های چشم‌گیر در صنعت ارتباطات را خواهد داد. در حدود یکصد و چند سال قبل، لورد رایله[۱] نشان داد

[۱] Lord Rayleigh

ساختارهای متناوب از دی‌الکتریک‌ها دارای خاصیتی هستند که این امکان را به وجود می‌آورند که گستره‌ای محدود از فرکانس‌ها در این نوع مواد منتشر نشود. بررسی این دسته از مواد ادامه پیدا کرد تا یکصد سال بعد از مشاهدات رایله، در سال ۱۹۸۷ برای اولین بار توسط یابلانوویچ[۱] [۱] و ساجیو جان[۲] [۲] به طور مستقل و به شکل وسیعتری به مطالعه ساختارهای متناوب از دی‌الکتریک‌ها پرداختند و سرانجام در سال ۱۹۸۹ نام بلور فوتونی برای این نوع ساختارها، که غالباً توسط بشر ساخته می‌شوند، در نظر گرفته شد. خواص اپتیکی ساختارهای پریودیک در دنیای طبیعی نیز وجود دارد و طبیعت میلیون‌ها سال است که از بلورهای نوری طبیعی استفاده می‌کند . به عنوان مثال پرهای طاووس، بال‌های پروانه و نوعی سنگ به نام اوپال[۳] نمونه‌های طبیعی هستند که ساختار مشابه با بلور نوری دارند.



شکل (۱-۱) : نمونه‌های طبیعی که بلورهای فوتونی در آنها به کار رفته است.[۳]

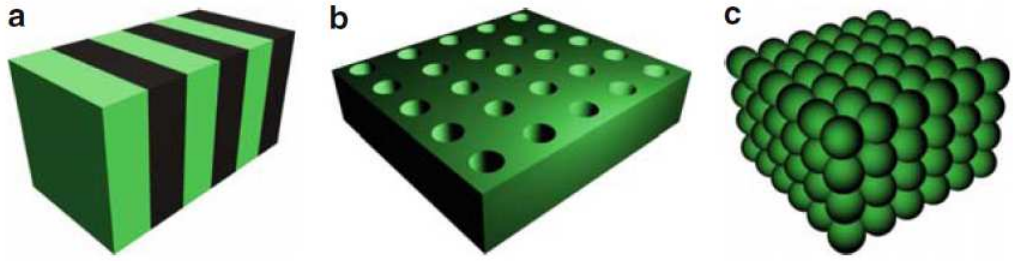
[۱] Eli Yablonovitch
[۲] Sajeev John
[۳] Opal

بلور فوتونی ساختارهای دی‌الکتریک متناوبی هستند که بصورت مصنوعی ساخته شده و قادر به کنترل کامل انتشار نور می‌باشند. یک بلور یک آرایش از اتم‌ها و ملکول‌ها می‌باشد که بصورت منظم در کنار هم قرار گرفته‌اند . به کوچکترین جزء بلور، سلول واحد گفته می‌شود و از تکرار شدن این سلول واحد شبکه، شبکه بلوری ایجاد می‌شود.

یکی از پتانسیل‌های مهیج بلورهای نوری دارا بودن قابلیت بی نظیر در کنترل خواص نوری در بلور نوری می‌باشد. بلورهای نوری و بلورهای نیمه‌رسانا شباهت‌های نزدیکی با هم دارند. یک الکترون در انتشار در نیمه‌رسانا پتانسیل متناوب ناشی از اتم‌های بلور را احساس می‌کند و از پراکندگی براگ بواسطه اتم‌های بلور نیمه‌رسانا، انرژی‌های الکترونی اجازه حضور گاف ممنوعه انرژی را می‌دهند، به این معنی که الکترون‌ها اجازه انتشار با انرژی‌های معین و در جهات معین را ندارند. اگر پتانسیل شبکه به قدر کافی قوی باشد گاف می‌تواند تمام جهت‌های ممکن انتشار را در بر گیرد، در نتیجه گاف نواری کامل بوجود می‌آید. برای مثال در یک نیم‌رسانا گاف نواری کامل بین باندهای انرژی ظرفیت و رسانش وجود دارد. در یک بلور نوری در مقایسه با پتانسیل متناوب، ضریب دی‌الکتریک متناوب منجر به یک شبکه برای حضور فوتون می‌شود، پراکندگی شبه براگ ناشی از اندرکنش دی‌الکتریک‌ها می‌تواند پدیده‌های یکسانی برای فوتون‌ها ایجاد کند، همانند پدیدهایی که ناشی از پتانسیل اتمی در یک نیمه‌رسانا برای الکترون‌ها ایجاد می‌شود. در بلورهای الکترونیکی پتانسیل متناوب و ثابت شبکه، ثابت هستند بنابراین هر نتیجه‌ای از باند گاف انرژی، ثابت می‌ماند. اما در بلور نوری می‌توان یک شبکه را با هر ثابت شبکه طراحی کرد که معادل با پتانسیل پریودیک شبکه می‌باشد، بنابراین به ما امکان کنترل گاف را خواهد داد. بنابراین در بلورهای نوری وجود باند گاف بشدت وابسته به هندسه شبکه و ثابت دی‌الکتریک می‌باشد.

۱-۱- انواع بلورهای فوتونی

بلورهای فوتونی ساختارهایی از دی الکتریک با ثابت دی الکتریک متناوب می باشند. بسته به بعد تناوب، بلورهای فوتونی به یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی تقسیم بندی می شوند که در شکل (۱-۲) نشان داده شده است و دارای شبکه های مختلف می باشند و به طور مصنوعی ساخته می شوند. مهم ترین خاصیت بلورهای فوتونی انتشار نور با گستره فرکانسی معین می باشد که به آن ساختار نوار بلورهای فوتونی[۱] گفته می شود. در ساختار نوار آنها باز ه ای از فرکانس وجود دارد که بلورهای فوتونی قادر به انتشار آن نمی باشند که این بازه از فرکانس را گاف فوتونی[۲] می نامند.همانطوری که در بلورهای معمولی تناوب پتانسیل شبکه باعث ایجاد باندهای مجاز و ممنوع انرژی برای الکترون های سیستم می شود، در بلورهای فوتونی نیز تناوب در مواد دی الکتریک باعث به وجود آمدن نواحی مجاز و ممنوع فرکانسی برای انتشار نور در این سیستم ها می گردد.



شکل (۱-۲) : نمایش طرح‌وار از بلورهای فوتونی یک، دو و سه بعدی، رنگ‌های مختلف نشان دهنده مواد با ثابت دی‌الکتریک متفاوت است.[٤]

۱ .Photonic band structure
۲ .Photonic band gap