بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه پیام نور

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک اتمی

گروه فیزیک

عنوان پایان نامه :

بررسی نوار گاف کریستال‌های فوتونی سه لایه‌ای متشکل از مواد با ضریب شکست منفی

زینب زارع

استاد راهنما : دکتر عبدالرسول قرائتی

تیر ۱۳۹۰

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه پیام نور استان فارس
باسمه تعالی

تاریخ : .....
شماره : .....
پیوست : .....

صورتجلسه دفاع از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد **خانم زینب زارع** دانشجوی رشته **فیزیک گرایش اتمی و مولکولی** به شماره دانشجویی **۸۷۰۰۰۰۹۴۴** با عنوان:

"بررسی نوار گاف کریستال‌های فوتونی سه لایه‌ای متشکل از مواد با ضریب شکست منفی"

با حضور هیات داوران در روز **یکشنبه** مورخ **۱۳۹۰/۴/۱۹** ساعت **۱۰ صبح** در محل ساختمان **غدیر دانشگاه پیام نور شیراز** برگزار شد و هیأت داوران پس از بررسی، پایان‌نامه مذکور را شایسته نمره به عدد ۱۹.۷۵ به حروف نوزده و هفتاد و پنج صدم با درجه عالی تشخیص داد.

ردیف	نام و نام خانوادگی	هیات داوران	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه	امضاء
۱	دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی	راهنما	دانشیار	پیام نور شیراز	
۲	دکتر حمید نادگران	داور	دانشیار	شیراز	
۳	دکتر حسین توللی	نماینده تحصیلات تکمیلی	دانشیار	پیام نور شیراز	

رئیس اداره تحصیلات تکمیلی

شیراز- شهرک گلستان، بلوار دهخدا
قبل از نمایشگاه بین المللی
تلفن : ۳-۶۲۲۲۲۴۰-۰۷۱۱
دورنگار: ۶۲۲۲۲۴۹-۰۷۱۱
صندوق پستی :۱۳۶۸ - ۷۱۹۵۵
www.spnu.ac.ir
Email : admin@spnu.ac.ir

اینجانب **زینب زارع** دانشجوی ورودی سال **۱۳۸۷** مقطع کارشناسی ارشد رشته **فیزیک اتمی مولکولی** گواهی می نمایم چنانچه در پایان نامه خود از فکر ، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته ام با نقل قول مستقیم یا غیر مستقیم منبع و ماخذ آن را نیز در جای مناسب ذکر کرده ام . بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می دانم و جوابگوی آن خواهم بود .

دانشجو تائید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است .

نام و نام خانوادگی دانشجو **زینب زارع**

تاریخ و امضاء

اینجانب **زینب زارع** دانشجوی ورودی سال **۱۳۸۷**مقطع کارشناسی ارشد رشته **فیزیک اتمی مولکولی** گواهی می نمایم چنانچه بر اساس مطالب پایان نامه خود اقدام به انتشار مقاله ، کتاب ، و ... نمایم ضمن مطلع نمودن استاد راهنما ، با نظر ایشان نسبت به نشر مقاله ، کتاب ، و ... و به صورت مشترک و با ذکر نام استاد راهنما مبادرت نمایم .

نام و نام خانوادگی دانشجو **زینب زارع**

تاریخ و امضاء

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه مطعلق به دانشگاه پیام نور می باشد .

ماه و سال **تیر ۱۳۹۰**

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه های جاودانی زندگی من است.

آنان که راستی قامتم در شکستگی قامتشان تجلی یافت.

در برابر وجود گرامیشان زانوی ادب بر زمین می زنم و با دلی مملو از عشق، محبت و خضوع بر دستشان بوسه می زنم.

تشکر و قدردانی

هیچ یادم نرود این معنی که مرا مادر من نادان زاد ، پدرم نیز چو استادم دید، گشت از تربیت من آزاد، پس مرا منت از استاد بودکه به تعلیم من اِستاد.

بعد از سپاس از خالق بی همتا بر مصداق حدیث « *من علمنی حرفا فقد صیرنی عبدا* » بر خود لازم می دانم که مراتب تشکر و قدردانی خویش را از اساتید محترم ابراز دارم.

استاد عزیز و گرامی جناب **آقای دکتر عبدالرسول قرائتی ،** بهره‌مندی‌ام از محضر علم و اخلاقتان را همیشه با افتخار یاد می‌کنم و همواره خود را مرهون الطاف و نصایح خردمندانه و دلسوزانه‌تان می دانم.

چکیده

بررسی نوار گاف کریستال‌های فوتونی سه لایه‌ای متشکل از مواد با ضریب شکست منفی

بلورهای فوتونی ساختارهای طبیعی یا مصنوعی هستند که در آن‌ها ضریب شکست به‌طور تناوبی تغییر می‌کند. این ساختارها اجازه انتشار امواج الکترومغناطیسی را درون ناحیه فرکانسی معینی نمی‌دهند بنابراین نور در این ناحیه کاملاً منعکس می‌شود. این نواحی ممنوعه گاف نوار فوتونی نامیده می‌شود. بلورهای فوتونی یک بعدی ساختارهای دی‌الکتریکی هستند که خصوصیات اپتیکی‌شان در یک جهت تغییر می‌کند، این جهت محور تناوبی نامیده می‌شود، در دو جهت دیگر ساختار یکنواخت است. مواد چپگرد نیز ساختارهای مصنوعی با گذردهی الکتریکی ε و تراوایی مغناطیسی μ هم‌زمان منفی می‌باشند. در این مواد جهت بردار پویین تینگ $\vec{S}=\vec{E}\times\vec{H}$ در خلاف جهت بردار موج $\vec{K}$ است، بنابراین بردار موج و ضریب شکست بایستی منفی باشند و $\vec{E}$ ، $\vec{K}$ و $\vec{H}$ تشکیل یک دستگاه سه‌گانه چپگرد می‌دهند. در این پایان نامه هدف بررسی انعکاس حاصل از بلورهای فوتونی می‌باشد که برخی لایه‌های آن از مواد چپگرد تشکیل شده است. بررسی انعکاس بلورهای فوتونی سه لایه‌ای شامل مواد چپگرد هدف اصلی پایان نامه است. در ابتدا رابطه پاشندگی را برای این ساختار محاسبه کرده و سپس تغییرات پهنای نوار گاف را در ساختارهای مختلف با تغییر ضریب شکست و یا ضخامت لایه‌ها بررسی می‌کنیم. در نهایت افزایش انعکاس تمام جهتی را برای بلور فوتونی سه لایه‌ای با وارد کردن ماده چپگرد به ساختار بررسی و رابطه پاشندگی را برای این ساختار سه لایه‌ای رسم خواهیم کرد. نشان خواهیم داد که ورود ماده چپگرد به ساختار بلور فوتونی سه لایه‌ای سبب افزایش پهنای نوار گاف نسبت به ساختار معمولی شده و این مزیتی نسبت به بلور فوتونی سه لایه‌ای با ضرایب شکست مثبت محسوب می‌شود.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: بلورهای فوتونی

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ معرفی بلورهای فوتونی ۳

۱-۳ کاربرد بلورهای فوتونی ٤

۱-٤ نحوه تشکیل نوار گاف فوتونی در بلور فوتونی ٥

۱-٥ انتشار موج در بلورهای فوتونی ۷

۱-٥-۱ ماتریس انتقال موج ۸

۱-٥-۲ ماتریس پراکندگی ۸

۱-٥-۳ رابطه بین ماتریس پراکندگی و ماتریس انتقال موج ۹

۱-٥-٤ روابط پایستگی برای محیط‌های بدون اتلاف ۹

۱-٥-٥ سیستم‌های بدون اتلاف متقابل ۱۰

۱-٦ موج تخت در فصل مشترک دو محیط ۱۱

۱-٦-۱ محاسبه ضرایب عبور و انعکاس ۱۲

فصل دوم: مواد چپگرد

۲-۱ مقدمه ۱۷

۲-۲ تاریخچه مختصری از مواد چپگرد و شکست منفی ۱۸

۲-۳ تقسیم‌بندی مواد بر اساس علامت‌های ε و μ ۱۹

۲-۳-۱ مواد با گذردهی الکتریکی منفی ۲۰

۲-۳-۲ مواد با تراوایی مغناطیسی منفی ۲۷
۲-٤ ساختارهای با ضریب شکست منفی ۲۸
۲-٥ انتشار موج در محیط‌های چپگرد ۲۹
۲-٦ سرعت گروه و سرعت فاز ۳۱
۲-۷ پدیده‌های اپتیکی پایه در مواد چپگرد ۳٤
۲-۷-۱ قانون اسنل در محیط‌های چپگرد ۳٤
۲-۷-۲ اثر دوپلر معکوس ۳٥
۲-۷-۳ جابه‌جایی گوس هنشن منفی ۳٦
۲-۷-٤ معکوس همگرایی و واگرایی در عدسی‌های محدب و مقعر ۳۷
۲-۸ کاربرد مواد چپگرد و فراماد ۳۸
۲-۸-۱ عدسی کامل ۳۸

فصل سوم: بررسی انعکاس حاصل از بلورهای فوتونی یک بعدی دو لایه‌ای

۳-۱ محاسبه ماتریس انتقال موج ٤۳
۳-۲ طیف انعکاسی بلور فوتونی دو لایه‌ای متشکل از محیط‌های به ترتیب راستگرد و چپگرد ٥۱
۳-۲-۱ تغییر ضخامت ٥۱
۳-۲-۲ تغییر ضریب شکست ٥٦
۳-۳ طیف انعکاسی بلور فوتونی دو لایه‌ای با ضرایب شکست منفی ٦۱
۳-٤ محاسبه رابطه پاشندگی در بلور فوتونی دو لایه‌ای ٦٦

فصل چهارم: بررسی انعکاس حاصل از بلور فوتونی سه لایه‌ای شامل مواد چپگرد

٤-١ محاسبه ماتریس انتقال موج ٧٠

٤-٢ رابطه پاشندگی ٧٥

٤-٣ بررسی طیف انعکاسی بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه دوم چپگرد ٧٥

٤-٣-١ تغییر ضخامت ٧٤

٤-٣-٢ تغییر ضریب شکست لایه دوم ٨٣

٤-٤ تغییرات پهنای نوار گاف در زوایای فرودی مختلف ٩٠

٤-٤-١ تغییر ضخامت ٨٥

٤-٤-٢ تغییر ضریب شکست ٩١

٤-٥ طیف انعکاسی بلور فوتونی سه لایه‌ای با ضرایب شکست منفی بر حسب تغییر

ضخامت لایه دوم و سوم ٩٢

فصل پنجم: بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه چپگرد به عنوان بازتابنده تمام جهتی

٥-١ بازتابنده تمام جهتی ٩٦

٥-١-١ انعکاس تمام جهتی ساختار ١٠١

٥-١-٢ محاسبه فرکانس لبه‌های نوار گاف ١٠٥

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

٦-١ نتیجه‌گیری ١١٠

٦-٢ پیشنهادات ١١١

فهرست منابع و مراجع ١١٣

فهرست نمودارها

شکل ۳-٤. طیف انعکاسی بلور فوتونی دو لایه‌ای با لایه‌های راستگرد و چپگرد بر حسب تغییر ضخامت هر دو لایه ٥٤

شکل ۳-٥. تغییر پهنای اولین نوار گاف برحسب تغییر ضخامت لایه دوم در دو ساختار بلور فوتونی دو لایه‌ای شامل ماده چپگرد و بدون ماده چپگرد ٥٥

شکل ۳-٦. تغییر پهنای دومین نوار گاف برحسب تغییر ضخامت لایه دوم در دو ساختار بلور فوتونی دو لایه‌ای شامل ماده چپگرد و بدون ماده چپگرد ٥٦

شکل ۳-۷. طیف انعکاسی بلور فوتونی دو لایه‌ای با تغییر ضریب شکست لایه دوم ٦٠

شکل ۳-۸. تغییرات پهنای اولین و دومین نوار گاف در بلور فوتونی دو لایه‌ای با لایه دوم چپگرد بر حسب تغییر ضریب شکست لایه دوم ٦٠

شکل ۳-۹. تغییرات پهنای اولین و دومین نوار گاف در بلور فوتونی دو لایه‌ای با لایه‌های با ضریب شکست مثبت بر حسب تغییر ضریب شکست لایه دوم ٦١

شکل ۳-۱۱. طیف انعکاسی ساختار بلور فوتونی دو لایه‌ای با لایه‌های چپگرد ٦٥

شکل ۳-۱۲. تغییر پهنای اولین نوار گاف بر حسب تغییر ضخامت لایه دوم در بلور فوتونی دو لایه‌ای برای هر دو ساختار با ضرایب شکست منفی یا با ضرایب شکست مثبت ٦٦

شکل ٤-۳. طیف انعکاسی بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه دوم چپگرد بر حسب تغییر ضخامت لایه‌های دوم و سوم ۸۰

شکل ٤-٤. تغییرات پهنای اولین نوار گاف بر حسب تغییر ضخامت لایه دوم برای بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه دوم چپگرد و بلور فوتونی سه لایه‌ای با ضرایب شکست مثبت ۸۰

شکل ٤-٥. تغییرات پهنای دومین نوار گاف بر حسب تغییر ضخامت لایه دوم برای بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه دوم چپگرد و بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه‌های با ضریب شکست مثبت ٨١

شکل ٤-٦. تغییرات پهنای اولین نوار گاف برحسب تغییر ضخامت لایه دوم در ضرایب شکست مختلف برای ساختار شامل لایه چپگرد ٨٢

شکل ٤-٧. تغییرات پهنای دومین نوار گاف برحسب تغییر ضخامت لایه دوم در ضرایب شکست مختلف برای ساختار PC (LHM) ٨٢

شکل ٤-٨. طیف انعکاسی ساختار بلور فوتونی سه لایه‌ای شامل لایه چپگرد با تغییر ضریب شکست لایه دوم ٨٧

شکل ٤-٩. تغییرات پهنای اولین و دومین نوار گاف در بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه دوم چپگرد بر حسب تغییر ضریب شکست لایه دوم ٨٧

شکل ٤-١٠. تغییرات پهنای اولین و دومین نوار گاف در بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه‌های با ضریب شکست مثبت بر حسب تغییر ضریب شکست لایه دوم ٨٨

شکل ٤-١١. تغییرات پهنای اولین نوار گاف در ساختار شامل لایه چپگرد برحسب تغییر ضریب شکست لایه دوم در ضخامت‌های مختلف ٨٩

شکل ٤-١٢. تغییرات پهنای دومین نوار گاف در ساختار شامل لایه چپگرد برحسب تغییر ضریب شکست لایه دوم در ضخامت‌های مختلف ٨٩

شکل ٤-١٣. تغییرات پهنای اولین نوار گاف در بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه چپگرد بر حسب تغییر ضخامت لایه دوم در زوایای مختلف ٩٠

شکل ٤-١٤. تغییرات پهنای اولین نوار گاف در بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه چپگرد بر حسب تغییر

ضریب شکست لایه دوم در زوایای مختلف ۹۱

شکل ٤-١٦. طیف انعکاسی بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه‌های با ضریب شکست منفی ۹٤

شکل ٤-١٧. تغییر پهنای اولین و دومین نوار گاف در یک ساختار بلور فوتونی سه لایه‌ای متشکل از لایه‌های با ضریب شکست منفی ۹٥

شکل ٥-١. محدوده نوار گاف فوتونی و مدهای انتشار در نمودار پاشندگی و انعکاس ۹۸

شکل ٥-٢. نمودار رابطه پاشندگی مربوط به ساختار PC (LHM) و PC (RHM) برای قطبش TE ۹۹

شکل ٥-٣. نمودار رابطه پاشندگی مربوط به ساختار PC (LHM) و PC (RHM) برای قطبش TM ۱۰۰

شکل ٥-٤. نمودارهای طیف انعکاسی PC (RHM) مربوط به قطبش TE در زوایای تابشی ۰، ۳۰، ٤٥، ٦۰ و ۸۹ درجه ۱۰۲

شکل ٥-٥. نمودارهای طیف انعکاسی PC (RHM) مربوط به قطبش TM در زوایای تابشی ۰، ۳۰، ٤٥، ٦۰ و ۸۹ درجه ۱۰۳

شکل ٥-٦. نمودارهای طیف انعکاسی PC (LHM) مربوط به قطبش TE در زوایای تابشی ۰، ۳۰، ٤٥، ٦۰ و ۸۹ درجه ۱۰۳

شکل ٥-٧. نمودارهای طیف انعکاسی PC (LHM) مربوط به قطبش TM در زوایای تابشی ۰، ۳۰، ٤٥، ٦۰ و ۸۹ درجه ۱۰۴

شکل ٥-٨. ناحیه انعکاس تمام جهتی و روند تغییرات لبه‌های اولین نوار گاف مربوط به PC (RHM) در هر دو قطبش ۱۰۷

شکل ٥-٩. ناحیه انعکاس تمام جهتی و روند تغییرات لبه‌های دومین نوار گاف مربوط به PC (RHM) در هر دو قطبش ۱۰۸

شکل ٥-١۰. ناحیه انعکاس تمام جهتی و روند تغییرات لبه‌های اولین نوار گاف مربوط به PC (LHM) در هر دو قطبش ۱۰۸

شکل ۵-۱۱. ناحیه انعکاس تمام جهتی و روند تغییرات لبه‌های دومین نوار گاف مربوط به PC (LHM) در هر دو قطبش ۱۰۹

فهرست جداول

جدول ۵-۱. ناحیه فرکانسی انعکاس کلی برای ساختار PC (LHM) در هر دو قطبش ۱۰۵

جدول ۵-۲. ناحیه فرکانسی انعکاس کلی برای ساختار PC (RHM) در هر دو قطبش ۱۰۶

Filename:	safahat farii
Directory:	C:\Users\Majid\Documents
Template:	C:\Users\Majid\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title:	
Subject:	
Author:	Majid
Keywords:	
Comments:	
Creation Date:	6/13/2011 9:51:00 PM
Change Number:	34
Last Saved On:	9/17/2011 7:49:00 AM
Last Saved By:	Majid
Total Editing Time:	244 Minutes
Last Printed On:	9/17/2011 7:49:00 AM

As of Last Complete Printing

Number of Pages:	16
Number of Words:	2,435 (approx.)
Number of Characters:	13,883 (approx.)

فصل اول

بلورهای فوتونی

۱–۱ مقدمه

بلورهای فوتونی ساختارهایی هستند که توانایی کنترل و دستکاری در جریان فوتون‌ها را دارند. این ساختارها دارای نوار گاف فوتونی[1] می‌باشند که انتشار امواج الکترومغناطیسی را، به کمک پتانسیل تناوبی کنترل می‌کنند. رفتار فوتون‌ها در بلورهای فوتونی مشابه با حرکت الکترون‌ها درون بلورهای نیم‌رسانا می‌باشد، که بوسیله‌ی باندهای رسانش و ممنوعه کنترل می‌شود. به همین خاطر امروزه به جای استفاده از الکترون‌ها، از فوتون‌های سرعت بالا، برای انتقال اطلاعات استفاده می‌شود و همین امر سبب ایجاد تحول چشم‌گیری در صنعت ارتباطات شده است [۱]. همچنین مشکلاتی که توسط الکترون‌ها در روند انتقال اطلاعات به‌وجود می‌آید برای بلورهای فوتونی مطرح نمی‌باشد. به این صورت که، طی انتقال اطلاعات از تراشه‌های سیلیکون، الکترون‌ها از درگاه‌های[2] الکترونیکی عبور می‌کنند و در برهم‌کنش با یکدیگر باردار شده و گرمای فراوانی ایجاد می‌کنند، در نتیجه حرکت الکترون‌ها محدود می‌شود. اما در بلورهای فوتونی، فوتون‌ها طی انتقال اطلاعات باردار نمی‌شوند و این مزیتی در استفاده از بلورهای فوتونی می‌باشد [۱]. فوتون‌ها در عبور از یک بلور فوتونی با شماری از لایه‌های دی‌الکتریک، با ضریب شکست متفاوت روبه‌رو می‌شوند. تفاوت ضریب شکست دو لایه، سبب عبور و بازتاب فوتون‌ها از سطح مشترک لایه‌های دی‌الکتریک شده و تداخل میان فوتون‌های بازتابیده و عبوری به صورت آرایشی از نوارهای گاف فوتونی نمایان می‌شود که نوارهای گاف براگ نامیده می‌شوند [۲]. انتشار امواج الکترومغناطیسی در

[1] Photonic Band Gaps
[2] Gates

محیط‌های متناوب برای اولین بار در سال ۱۸۸۷ توسط لردرایلی بررسی شد. پس از آن مطالعه در مورد محیط‌های چند لایه به شدت بالا گرفت تا اینکه صد سال بعد در سال ۱۹۸۷، یابلونوویچ و جان مفهوم نوارهای گاف فوتونی را در دو و سه بعد مطرح کردند [۴,۳]. در مقاله‌ای که توسط یابلانوویچ به چاپ رسید، امکان جلوگیری از گسیل خودبه‌خودی تابش الکترومغناطیسی در یک ساختار سه‌بعدی متناوب مورد مطالعه قرار گرفت. در همان زمان جان [۴] نیز طی انتشار مقاله‌ای جایگزیدگی قوی فوتون‌ها در ابر شبکه‌های دی‌الکتریک بی‌نظم را مورد بررسی قرار داد، هر چند تا آن زمان هیچ شاهدی مبنی بر چگونگی ساخت این ساختارها وجود نداشت. با این وجود در سال بعد جان در راستای چاپ یک مقاله نشان داد که یک ساختار مربعی می‌تواند یک نوار گاف فوتونی کامل داشته باشد. سپس سوزور[1] و همکارانش [۵] با اصلاح روش موج تخت، وجود نوارهای گاف فوتونی کامل را در یک نیم‌رسانا نشان دادند. در سال ۱۹۹۴ نیز دو گروه مستقل از یکدیگر، برای تشکیل ساختاری با نوار گاف فوتونی کامل، ساختار جدیدی را تحت عنوان ساختارهای لایه به لایه پیشنهاد کردند [۶,۵]. در اوایل سال ۱۹۹۵، یابلانوویچ در ناحیه ریزموج، ساختاری با یک نوار گاف فوتونی کامل پیشنهاد کرد. او نشان داد که بلورهای فوتونی در این ناحیه فرکانسی کار می‌کنند. از آن پس رقابت‌های شدیدی برای ساخت بلورهای فوتونی در اندازه میکرون به‌وجود آمد، به‌طوری‌که نوار گاف فوتونی این ساختارها در فرکانس‌های نوری قابل مشاهده باشد.

با گذشت زمان، تکنولوژی‌های مورد نیاز برای ساخت بلورهای فوتونی دقیق‌تر و قابل تنظیم‌تر به‌دست آمده و بسیاری از محققین مطالعات خود را روی ساختارهای میکرو و نانو که قابلیت کنترل نور (انتشار نور در جهت‌های مشخص با فرکانس‌های معین و یا متمرکز سازی نور) را دارند، متمرکز کرده‌اند. در حال حاضر کابل‌های فیبر نوری که نور به شکلی ساده در این کابل‌ها هدایت می‌شود، صنعت مخابرات را دگرگون کرده است [۷]. در این فصل به‌طور مختصر در مورد انتشار امواج در بلورهای فوتونی خواهیم پرداخت.

[1] H. S. Sozoer

۱-۲ معرفی بلورهای فوتونی

همان‌طور که می‌دانیم بلور، آرایشی متناوب از اتم‌ها و مولکول‌هاست. یک شبکه بلوری، وقتی به وجود می‌آید که بلوک‌های ساختمانی پایه و کوچکی از اتم‌ها ویا مولکول‌ها در فضا تکرار شده باشند. ساختار متناوب بلورها، یک پتانسیل تناوبی را برای الکترونی که داخل آن قرار دارد ایجاد می‌کند. همچنین، نوارهای گاف برای انرژی بلور در داخل ساختار به علت پتانسیل تناوبی ایجاد می‌شود. اگر پتانسیل شبکه به اندازه کافی قوی باشد، ممکن است که گاف‌ها در تمام راستاهای ممکن ظاهر شوند که در این صورت یک نوار گاف کامل ایجاد می‌شود. برای مثال نیم‌رساناها نوار گاف کاملی میان نوارهای ظرفیت و رسانش خود دارند [۷]، و اما در بلورهای فوتونی، پتانسیل متناوب در این بلورها، از تکرار متناوب لایه‌های دی-الکتریک به وجود می‌آید [۷]. پدیده‌هایی که در انتشار فوتون‌ها از بلورهای فوتونی، به دلیل پراکندگی از سطح مشترک لایه‌های دی‌الکتریک ایجاد می‌شوند به‌طور مشابه برای الکترون‌ها، به دلیل پتانسیل اتمی در بلورها به وجود می‌آید [۶].

با توجه به متناوب بودن ضریب شکست لایه‌ها در بلورهای فوتونی، در یک، دو و یا سه جهت، بلورهای فوتونی به‌ترتیب یک بعدی، دو بعدی و یا سه بعدی نامیده می‌شوند [۷-۱۱]. که در این بخش به معرفی این بلورهای فوتونی پرداخته می‌شود.

ساده‌ترین نوع از بلورهای فوتونی، بلورهای فوتونی یک بعدی می‌باشند. این بلورها متشکل از لایه‌هایی هستند که به صورت متناوب با ثابت‌های دی‌الکتریک متفاوت در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. در این نوع از بلورها، ساختارهای دی‌الکتریک تنها در یک راستا متناوب می‌باشند و به همین علت یک بعدی نامیده می‌شوند. خواص اپتیکی این بلورها در سطح وسیعی مطالعه شده است. در بازه فرکانسی تعریف شده برای نوار گاف فوتونی، این بلورها به مانند آینه‌ای برای نور رفتار می‌کنند و با قرار دادن نقص‌هایی در ساختار بلور فوتونی می‌توان مدهای نوری را در این بلورها جایگزیده کرد. این آرایش در آینه‌های دی-الکتریک و فیبرهای نوری مورد استفاده قرار گرفته است. در بلورهای دو بعدی ساختار در دو راستا متناوب بوده و در راستای سوم یکنواخت می‌باشد. به عنوان مثالی از بلورهای فوتونی دو بعدی، می‌توان به شبکه‌ای مربعی از استوانه‌های دی‌الکتریک اشاره کرد. در بلور فوتونی یک بعدی نور تنها از یک راستا بازتابیده می‌شود. اما در این بلورها به دلیل اینکه نوارهای گاف فوتونی در صفحه xy قرار گرفته‌اند، نور