بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه ولی عصر رفسنجان
دانشکده علوم پایه
گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته فوتونیک

عنوان:

بررسی خواص اپتیکی موجبر بلور فوتونی یک بعدی در حضور نانوذرات فلزی

استاد راهنما:
دکتر مهدی سویزی

دانشجو :
سعید دبیری

دی ۱۳۹۳

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان
دانشکده‌ی علوم
گروه فیزیک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد
رشته‌ی فوتونیک

نام و نام خانوادگی دانشجو
سعید دبیری

عنوان پایان‌نامه

بررسی خواص اپتیکی موجبر بلور فوتونی یک بعدی در حضور نانوذرات فلزی

در تاریخ ۹۳/۱۰/۲۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه‌ی عالی به تصویب نهایی رسید.

	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر مهدی سویزی	استادیار	
۲- داور داخل گروه	دکتر مهدی شریعت	استادیار	
۳- داور داخل از گروه	دکتر مسعود محبی	استادیار	
۴ – نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی	دکتر مرضیه کهنوجی	استادیار	

تمامی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های
حاصل از پژوهش موضوع این پایان‌نامه، متعلق به دانشگاه
ولی‌عصر (عج) رفسنجان است

با سپاس از سه وجود مقدس :

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم ...

موهایشان سپید شد تا ما روسفید شویم ...

و عاشقانه سوختند تا گرما بخش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدر انمان

مادرانمان

استادانمان

...

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم.

چکیده

یک دسته از قطعات اپتیکی که با بلورهای فوتونی ترکیب می‌شوند تارهای نوری (موجبرها) هستند که به چنین ساختارهایی تار بلور فوتونی می گویند. هدف در این پژوهش بررسی ویژگی های اپتیکی ساختارهای تار نوری بلور فوتونی کامل و ناقص آغشته به نانوذرات فلزی می‌باشد. می توان با ایجاد نقص در تناوب مذکور، یک حفره ایجاد کرد که این حفره باعث تشکیل مد نقص می شود. می‌توان با افزودن نانو ذرات فلزی در محل حفره به ساختار خواص اپتیکی آن را تغییر داد. در این پایان نامه موجبرهایی با دهانه‌ی بزرگ و کوچک بررسی شده است. در موجبرهایی که دهانه‌ی آن هم مقیاس با طول موج نور است تعداد مدهای مجاز محدود می‌شود. مدهای نقص در موجبرها با دهانه‌ی محدود به علت نداشتن بر هم نهی پهنای کمی داشته و تیز می‌باشند و این مزیتی برای سهولت آشکارسازی به حساب می‌آید. در این پایان نامه علاوه بر بررسی منحنی عبور نور از ساختار تک لایه، چند لایه و بلور فوتونی در قالب موجبر به بررسی تاثیر تغییرات شعاع و ضریب پر شدگی نانوذرات فلزی بر روی مد نقص پرداخته شده است. قسمت دیگر این پایان نامه به بررسی اثر دما بر عملکرد حسگر موجبر بلور فوتونی که مبتنی بر تشدید پلاسمون‌های سطحی نانوذرات طلا توسط مد نقص می‌باشد، مربوط می‌شود. مشاهده گردید که تغییر دما منجر به تغییر شکل و ارتفاع مد نقص می‌شود. با توجه به پهنای بسیار کمتر قله‌ی مد نقص نسبت به قله‌ی تشدید پلاسمون سطحی در این پژوهش از تغییرات مد نقص به جای تغییرات ط پلاسمون سطحی به عنوان اساس کار حسگر دمایی استفاده شده است. تحلیل انتشار نور در ساختارهای تعریف شده در این پژوهش به روش ماتریسی انجام می‌شود.

واژگان کلیدی : بلور فوتونیکی، تار بلور فوتونی، موقعیت نوار ممنوعه فوتونی، مد مشخصه‌ی نقص، نانوذرات فلزی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۱

مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۱

فصل دوم ۵

معرفی و تاریخچه ۵

۲-۱- مقدمه ۵

۲-۲- انواع بلورهای فوتونیکی ۶

۲-۳- ویژگی های بلورهای فوتونیکی ۷

۲-۳-۱- نوار ممنوعه ی فوتونیکی ۷

۲-۳-۲- نقص در بلور فوتونیکی ۹

۲-۳-۳- حالت های سطحی ۱۰

۲-۳-۴- کنترل نشر خود به خودی ۱۰

۲-۴- معایب بلور فوتونیکی دی الکتریکی ۱۲

۲-۵- بلور فوتونیکی فلزی ۱۲

۲-۶-کاربردهای بلور فوتونیکی فلزی ۱۳

۲-۶-۱- استفاده از نشر حرارتی به منظور ساخت نشر دهنده‌ها و جذب کننده‌های انتخابی و به کار بردن آن‌ها در سلول خورشیدی ۱۳

۲-۶-۲- به کارگیری بلورهای فوتونیکی فلزی در سلول خورشیدی ۱۴

۲-۶-۳- بلور فوتونیکی فلزی در آنتن‌ها ۱۶

۲-۶-۴- استفاده از بلور فوتونیکی در نشر دهنده‌های نوری ۱۷

۲-۶-۵- حسگر بلور فوتونیکی فلزی ۲۱

۲-۷- روش‌های ساخت ۲۱

۲-۷-۱- روش خود ساخت ۲۱

۲-۷-۲- لیتوگرافی ۲۲

۲-۷-۲-۱- لیتوگرافی لایه به لایه ۲۲

۲-۷-۲-۲- لیتوگرافی توسط باریکه نوری، یونی یا الکترونی ۲۳

۲-۷-۳- پرتو نگاری ۲۵

عنوان **صفحه**

فصل۳ ..... ۲۹
۳-۱- مقدمه ۲۹
۳-۲- نظریه ی ماتریسی برای لایه های نازک ۳۳
۳-۳- مدل درود ۳۷
۳-۴- مدل سلمیر ۴۳
۳-۵- مدل ماکسول – گارنت ۴۶
۳-۶- مدهای موجبر ۴۷
۳-۶-۱- بررسی مد TE ۴۸
۳-۶-۲- بررسی مد TM ۴۹
۳-۶-۳- معادل سازی ۵۰
فصل چهارم ۵۶
بررسی و تحلیل نتایج ۵۶
۴-۱- مقدمه ۵۶
۴-۲- ساختار تک لایه ۵۷
۴-۲-۱- ساختار تک لایه در حضور نانو ذرات طلا ۵۸
۴-۲-۲- مقایسه میزان عبور نور از ساختار تک لایه در حضور نانوذرات طلا و نقره ۶۰
۴-۲-۳- بررسی تاثیرات دمایی ۶۱
۴-۲-۳-۱- بررسی تاثیرات دمایی بر روی منحنی عبور نور در ساختار تک لایه ی سیلیکایی ۶۲
۴-۲-۳-۲- بررسی تاثیرات دمایی بر روی ساختار تک لایه‌ی سیلیکایی در حضور نانوذرات طلا ۶۳
۴-۳- ساختار چند لایه با تعداد لایه‌های کم ۶۶
۴-۳-۱- ساختار سه لایه‌ای در حضور نانوذرات طلا ۶۷
۴-۳-۱-۱- تاثیر ضریب پر شدگی نانوذرات طلا بر روی منحنی عبور ۶۸
۴-۳-۲- مقایسه میزان عبور نور از ساختار سه لایه در حضور نانوذرات طلا و نقره ۷۰
۴-۳-۳- بررسی تاثیرات دمایی ۷۱

عنوان **صفحه**

۴-۳-۳-۱- بررسی تاثیرات دمایی بر روی منحنی عبور نور در ساختار سه لایه‌ای ۷۱
۴-۳-۳-۲- بررسی تاثیرات دمایی بر روی ساختار سه لایه ای در حضور نانوذرات طلا .. ۷۲
۴-۴- بلور فوتونی..... ۷۳
۴-۴-۱- ایجاد نقص در بلور فوتونی ۷۴
۴-۴-۲- حضور نانوذرات فلزی در مکان نقص ۷۶
۴-۴-۲-۱- تاثیر ضریب پرشدگی نانوذرات طلا یر روی مدهای نقص ۷۷
۴-۴-۳- بررسی تاثیر تغییرات دما برروی منحنی عبور نور از بلور فوتونی در حضور نانوذرات طلا..... ۷۸
۴-۴-۴- موجبر بلور فوتونی ۷۹
۴-۴-۵- تابش مایل ۸۱
۴-۴-۵-۱- بررسی اثرات دمایی بر روی مدهای نقص در تابش مایل نور ۸۲
فصل پنجم ۸۴
بررسی ساختار موجبر بلور فوتونی ۸۴
۵-۱- مقدمه ۸۴
۵-۲- تعیین تابع برازش شده‌ی ثابت انتشار..... ۸۵
۵-۳- تحلیل و بررسی ساختارهای مختلف چند لایه‌ای در قالب موجبر..... ۸۸
۵-۳-۱- ساختار موجبری تک لایه در حضور نانوذرات طلا و نقره..... ۸۸
۵-۳-۲- ساختار موجبری سه لایه در حضور نانوذرات طلا و نقره ۹۱
۵-۳-۳- ساختار موجبر بلور فوتونی..... ۹۳
۵-۴- تحلیل کمی شاخص های مختلف موجبر بلور فوتونی ۹۶
۵-۴-۱- بررسی میزان تاثیر تغییرات شعاع نانوذرات طلا بر روی مدهای نقص..... ۹۶
۵-۴-۲- بررسی کمی میزان تاثیر ضریب پر شدگی نانوذرات طلا بر روی مد نقص ۹۸
۵-۴-۳- بررسی کمی میزان تاثیر دمای محیط شیشه ای بر جا به جایی مد نقص ۱۰۱
۵-۴-۴- بررسی کمی میزان تاثیر دمای نانوذرات طلا بر روی جا به جایی مد نقص..... ۱۰۲
۵-۴-۵- بررسی میزان تاثیر دمای ساختار نقص بر روی جا به جایی مد نقص ۱۰۴
۵-۵- ثایت انتشار میانگین..... ۱۱۱
۵-۵-۱- نوار ممنوعه ی فوتونی برای موجبر بلور فوتونی با ثابت انتشار میانگین ۱۱۲

عنوان **صفحه**

فصل ششم ۱۱۶

نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۶

منابع ۱۲۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

شکل(۲-۱) (الف) بلور فوتونیکی سه بعدی، (ب) بلور فوتونیکی دو بعدی، (ج) بلور فوتونیکی یک بعدی. ۷
شکل(۲-۲) (الف) پاشندگی در یک ماده با اختلاف بالا در ثابت های دی الکتریکی، (ب) پاشندگی در یک ماده تقریباً یکنواخت، (ج) نمودار پاشندگی در یک ماده همگن[۴]. ۷
شکل(۲-۳) تشکیل مد نقص در نوار ممنوعه ی فوتونیکی بعد از ایجاد نقص در ساختار[۴]. ۱۰
شکل(۲-۴) نحوه گیر افتادن پرتوها در یک زیر لایه ی همگن دی الکتریکی[۲۲] ۱۶
شکل (۲-۵) تاثیر وجود بلور فوتونیکی به عنوان زیر لایه[۲۲] ۱۷
شکل(۲-۶) تاثیر استفاده از بلور فوتونیکی در بازده خروجی دیود[۲۵] ۱۸
شکل(۲-۷) (الف) یک ساختار دوره‌ای صفحه‌ای که اکثر نور توسط بازتاب داخلی کلی ، در داخل وسیله محبوس شده است. (ب) یک ورقه با ساختار بلور فوتونیکی که برخی از مدهای محبوس وجود دارد. (ج) ساختار ایده‌آل یک ورقه‌ی دو بعدی بلور فوتونیکی[۸]. ۲۰
شکل(۲-۸)ساخت بلور فوتونیکی از روش هولوگرافی[۳۵]. ۲۵
شکل(۲-۹) ساخت بلور فوتونیکی با استفاده از HOE[۳۶] ۲۶
شکل(۳-۱) شرایط ایجاد تشدید پلاسمون سطحی در مرز بین فلز و دی‌الکتریک[۳۹] ۳۱
شکل(۳-۲) بردارهای موج و میدان‌های الکتریکی مربوط به آنها برای تابش ساده در یک لایه‌ی منفرد دی‌الکتریکی[۴۱] ۳۳
شکل(۳-۳) وابستگی ضریب شکست به انرژی فوتون و دما در شیشه‌ی سیلیکایی در دمای ۲۰.۵ درجه سانتی‌گراد[۴۶] ۴۵
شکل(۳-۴) قسمت‌های حقیقی و مجازی گذردهی دی‌الکتریکی ساختار مرکب برای نانوذرات نقره‌ی محدود شده در شیشه‌ی سیلیکایی برای مقادیر f = 0.2 و $\boldsymbol{\epsilon d = 2.56}$ [۴۷] ۴۷
شکل(۳-۵) نمایش ساده‌ی موجبر با ضریب شکست n_2 بین دو محیط با ضریب شکست‌های n_1 و n_3 ..... ۴۷
شکل (۳-۶) رابطه‌ی بین $\boldsymbol{\gamma 2}$ و $\boldsymbol{k2}$ و $\boldsymbol{\beta}$ ۵۳
شکل (۴-۱) منحنی عبور نور از موجبر در حضور تک لایه‌ی سیلیکایی برای بازه‌ی طول موجی ۳۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر ۵۸

شکل(۴-۲) میزان عبور نور از موجبر در حضور لایه‌ی سیلیکایی آغشته شده با نانوذرات طلا بر اساس تغییرات ضریب پر شدگی برای مد TM ۵۹

عنوان **صفحه**

شکل (۴-۳) مقایسه میزان عبور نور از موجبر در حضور لایه‌ی سیلیکایی آغشته شده با نانوذرات طلا و نقره با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پرشدگی ۰.۲ در فرکانس تشدید پلاسمون سطحی ۶۰
جدول (۴-۲) مشخصات نانو ذرات طلا و نقره به کار برده شده ۶۱
شکل(۴-۴) مقایسه‌ی منحنی عبور نور از موجبر در حضور تک لایه‌ی سیلیکایی در دو دمای ۲۰ و ۶۰ درجه سانتی گراد ۶۳
شکل (۴-۵) بررسی منحنی عبور نور از موجبر در حضور تک لایه‌ی سیلیکایی آغشته شده به نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پرشدگی ۰.۲ در دو دمای مختلف.....۶۴
شکل (۴-۶) بررسی میزان عبور نور از موجبر در حضور تک لایه‌ی سیلیکایی آغشته شده به نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر ضریب پرشدگی ۰.۵ در دو دمای مختلف.....۶۵
شکل (۴-۷) منحنی عبور نور از ساختار سه لایه‌ای ۶۷
شکل (۴-۸) منحنی عبور نور از ساختارموجبر در حضور سه لایه آغشته شده به نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پر شدگی ۰.۲.....۶۸
شکل (۴-۹) تاثیر ضریب پر شدگی نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر بر روی منحنی عبور نور از ساختار موجبر در حضور سه لایه.....۶۹
شکل (۴-۱۰) مقایسه تاثیر حضور نانوذرات طلا و نقره با شعاع ۲۵ نانومتر بر منحنی عبور نور از ساختار موجبر با سه لایه ۷۰
شکل (۴-۱۱) بررسی تاثیرتغییر دمای سیلیکا بر روی منحنی عبور نور از ساختار موجبر با حضور سه لایه..... ۷۲
شکل (۴-۱۲) بررسی منحنی عبور نور از ساختار موجبر در حضور سه لایه آغشته شده به نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر ضریب پرشدگی ۰.۲ در سه دمای مختلف..... ۷۳
شکل (۴-۱۳) منحنی عبور نور از بلور فوتونی با ۱۲ تناوب که نوار ممنوعه‌ی فوتونی در بازه‌ی طول موجی ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر قرار گرفته است..... ۷۴
شکل (۴-۱۴) منحنی عبور نور از ساختار بلور فوتونی با ۲۴ لایه که یک نقص به طول ۹۵۰ نانومتر و ضریب شکست ۱.۵ در وسط آن قرار دارد ۷۵
شکل (۴-۱۵) منحنی عبور نور از بلور فوتونی با ۲۴ لایه که یک نقص از جنس سیلیکا و به طول ۹۵۰ نانومتر در وسط آن قرار دارد ۷۶

شکل (۴-۱۶) تاثیر تشدید پلاسمون‌های سطحی بر روی مدهای نقص در ساختار بلور فوتونی ...۷۷

عنوان **صفحه**

شکل (۴-۱۷) مقایسه تاثیر ضریب پر شدگی نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر بر روی منحنی عبور نور از بلور فوتونی.....۷۸
شکل (۴-۱۸) بررسی تاثیر تغییرات دما بر روی منحنی عبور نور از بلور فوتونی در حضور نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پرشدگی ۰.۲ .....۷۹
شکل (۴-۲۰) منحنی عبور نور از ساختار موجبر بلور فوتونی.....۸۱
شکل (۴-۲۱) منحنی عبور نور از موجبر بلور فوتونی در تابش مایل با زاویه‌ی ۰.۰۵ رادیان ۸۱
شکل (۴-۲۲) بررسی تاثیر تغییرات دما بر روی مدهای نقص در تابش مایل نور با زاویه ۰.۰۵ درجه و ضریب پرشدگی ۰.۲ برای نانوذرات طلا ۸۲
شکل (۵-۱) ثابت‌های انتشار حاصل از برخورد منحنی‌های قسمت چپ و راست رابطه‌ی (۳-۵۸) برای موجبر با دهانه‌ی ۱ میکرون و با ضریب شکست مغزی ۱.۳ در طول موج ۵۰۰ نانومتر ۸۷
شکل (۵-۲) تابع برازش شده‌ی ثابت انتشار بر روی نقاط حاصل از حل عددی معادله‌ی مشخصه‌ی موجبر.....۸۷
شکل (۵-3) مقایسه منحنی عبور نور از موجبر تک لایه با دهانه‌ی کوچک در حضور نانوذرات طلا و نقره با ضریب پر شدگی ۰.۲ .....۸۹
شکل (۵-4) مقایسه منحنی عبور نور از ساختار موجبر تک لایه برای موجبر با دهانه‌ی بزرگ (۱) و موجبر با دهانه‌ی کوچک (۲) در حضور نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پرشدگی ۰.۰.۲ ۹۰
شکل (۵-5) مقایسه منحنی عبور نور از ساختار موجبر تک لایه لایه برای موجبر با دهانه‌ی بزرگ (۱) و موجبر با دهانه‌ی کوچک (۲) در حضور نانوذرات نقره با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پرشدگی ۰.۲ .....۹۱
شکل (۵-6) مقایسه منحنی عبور نور از ساختار موجبر سه لایه برای موجبر با دهانه‌ی بزرگ (۱) و موجبر با دهانه‌ی کوچک (۲) در حضور نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پرشدگی ۰.۰.۲ ۹۲
شکل (۵-7) مقایسه منحنی عبور نور از ساختار موجبر سه لایه برای موجبر با دهانه‌ی بزرگ (۱) و موجبر با دهانه‌ی کوچک (۲) در حضور نانوذرات نقره با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پرشدگی ۰.۲ ۹۲
شکل (۵-8) منحنی عبور نور از موجبر بلور فوتونی با دهانه‌ی کوچک ۹۳
شکل (۵-۱۰) منحنی عبور نور از موجبر بلور فوتونی با دهانه‌ی کوچک در حضور نانوذرات طلا ..۹۵

شکل (۵-11) مقایسه منحنی عبور نور از موجبر بلور فوتونی تعریف شده در بخش (۴-۴-۱) با دهانه‌ی بزرگ (۱)، و موجبر بلور فوتونی با دهانه‌ی کوچک(۲) ۹۵
شکل (۵-12) بررسی تاثیر تغییر شعاع نانوذرات طلا بر روی ارتفاع مد نقص..... ۹۷

عنوان **صفحه**

شکل (۵-13) منحنی میزان تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییر شعاع نانوذرات طلا ۹۷
شکل (۵-14) مقایسه‌ی موقعیت مد نقص نسبت به تغییر ضریب پرشدگی نانوذرات طلا در ساختار موجبر بلور فوتونی ۹۸
شکل (۵-۱۵) میزان تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییر ضریب پرشدگی نانوذرات طلا ۹۹
شکل (۵-۱۶) میزان جا به جایی مد نقص نسبت به تغییرات ضریب پرشدگی ۱۰۰
شکل (۵-۱۷) شماتیک حسگر مستقیم ضریب پر شدگی و شعاع نانوذرات معلق در سیال..... ۱۰۱
شکل (۵-۱۸) مقایسه‌ی موقعیت مد نقص نسبت به تغییرات دمایی محیط سیلیکایی ۱۰۲
شکل (۵-۱۹) مقایسه‌ی موقعیت مد نقص نسبت به تغییرات دما برای نانوذرات طلا..... ۱۰۳
شکل (۵-۲۰) میزان تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییرات دمای نانوذرات طلا ۱۰۳
شکل (۵-۲۱) مقایسه‌ی موقعیت مد نقص به ازای تغییرات دمای محیط نقص شامل محیط سیلیکایی و نانوذرات طلا ۱۰۵
شکل (۵-۲۲) میزان تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییر دمای محیط نقص ۱۰۶
شکل (۵-۲۳) میزان تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییر دمای محیط نقص برای ضریب پر شدگی ۰.۲ و شعاع ۵۰ نانومتر ۱۰۷
شکل (۵-۲۴) میزان تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییر دمای محیط نقص برای ضریب پر شدگی ۰.۲ و شعاع ۱۵ نانومتر نانوذرات طلا ۱۰۸
شکل (۵-۲۵) منحنی تغییر ارتفاع مد نقص بر حسب تغییرات دما برای ضریب پر شدگی ۰.۳ نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر ۱۰۹
شکل (۵-۲۶) منحنی تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییر دما برای ضریب پر شدگی0.3 و شعاع 30 نانومتر برای نانوذرات طلا..... ۱۱۰
شکل (۵-۲۷) منحنی تغییر ارتفاع مد نقص نسبت به تغییر دما برای ضریب پر شدگی 0.3 و شعاع ۱۵ نانومتر نانوذرات طلا ۱۱۱
شکل (۵-۲۸) مقایسه منحنی عبور نور از ساختار موجبر بلور فوتونی با تابع برازش شده ثابت انتشار، منحنی ۱، و با ثابت انتشار میانگین، منحنی ۲ ..... ۱۱۳

شکل (۵-۲۹) مقایسه‌ی منحنی عبور نور از موجبر بلور فوتونی در حضور نانوذرات طلا با شعاع ۲۵ نانومتر و ضریب پر شدگی ۰.۲ با فرض تابع برازش شده‌ی ثابت انتشار، منحنی ۱، و ثابت انتشار میانگین، منحنی ۲..... ۱۱۴

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول (۴-۱) میزان عبور نور از ساختار تک لایه‌ی سیلیکایی در حضور نانوذرات طلا برای ضرایب پر شدگی مختلف ۵۹
جدول (۴-۲) مشخصات نانو ذرات طلا و نقره به کار برده شده..... ۶۱
جدول (۴-۳) بررسی و مقایسه عبور نور در ساختار تک لایه‌ی سیلیکایی در حضور نانو ذرات نقره و طلا ۶۱
جدول (۴-۴) ثابت‌های مدل سلمیر وابسته به دما برای شیشه‌ی سیلیکایی[۴۶] ۶۲
جدول (۴-۵) میزان عبور نور از تک لایه‌ی سیلیکایی آغشته به نانوذرات طلا با ضریب پر شدگی ۰.۲ ..... ۶۵
جدول (۴-۶) میزان عبور نور از تک لایه‌ی سیلیکایی آغشته به نانوذرات طلا با ضریب پر شدگی ۰.۵ ..... ۶۵
جدول (۴-۷) تاثیر ضریب پرشدگی نانوذرات طلا بر میزان عبور نور از ساختار سه لایه‌ای ۶۹
۰.۲۱۷۲ ..... ۶۹
جدول (۴-۸) بررسی و مقایسه عبور نور در ساختار سه لایه‌ای در حضور نانو ذرات نقره و طلا.... ۷۱
جدول (۴-۹) میزان عبور نور از ساختار سه لایه‌ای آغشته به نانوذرات طلا با ضریب پر شدگی ۰.۲ ..... ۷۳
جدول (۴-۱۰) تاثیر تغییرات دما بر روی مکان مدهای نقص ساختار بلور فوتونی ۷۹
T=٦٠ ..... ۷۹
جدول (۴-۱۱) میزان تغیر ارتفاع و مکان مدهای نقص بر اثر تغییرات دما ۸۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

یک دسته از ادوات اپتیکی که با بلورهای فوتونی قابل ترکیب شدن هستند تارهای نوری (موجبرها) هستند که به چنین ساختارهایی تار بلور فوتونی می گویند.موضوع بلورهای فوتونیکی از مباحث علمی است که در سال‌های اخیر کاربردهای بسیار وسیع آن در حوزه‌ی پژوهش‌های بنیادی و همچنین در فناوری مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرار گرفته است. بلورهای فوتونیکی ترکیبی از دی الکتریک دوره‌ای یا ساختارهای فلز- دی‌الکتریک دوره‌ای می‌باشند که به منظور تحت تاثیر قرار دادن انتشار امواج الکترومغناطیسی عمل می‌کنند. در چند سال گذشته راسل و همکارانش با شناخت و تحقیق در مورد تارهای بلور فوتونی در این زمینه پیشگام شدند. این دسته از تارها در ابعاد میکرو به تازگی برای بوجود آوردن موجبرهایی با خواص انتشاری جدید نسبت به تارهای معمولی استفاده شده اند[۱].

بلورهای فوتونیکی بر اساس تنوع ابعادشان دسته بندی می شوند. همان طوری که در پاراگراف قبل اشاره شد، وجود ساختاری با ضریب شکست دوره‌ای، موجب ایجاد ساختار نواری می شود. موادی که ثابت دی الکتریکی دوره ایشان به صورت فضایی در یک جهت تغییر می کند، بلور فوتونیکی یک بعدی هستند[۲]. از انواع دیگر بلورهای فوتونیکی می توان به بلورهای فوتونیکی دو بعدی و سه بعدی اشاره کرد که به ترتیب ثابت دی الکتریکی‌شان در دو یا سه جهت مستقل تغییر می کند[۳].

در سال های اخیر تارهای بلور فوتونی که یک نقص بر آنها اعمال شده است اهمیت زیادی را بخاطر خواص منحصر به فردشان بدست آورده اند که این خواص در تارهای معمولی دیده نمی شود. اگر در محیط نقص از نانوذرات فلزی استفاده شود، در مرز بین فلز و دی‌الکتریک می‌توان پدیده‌ی تشدید پلاسمون سطحی را مشاهده کرد که با توجه به خواص ترمواپتیکی محیط دی‌الکتریکی و نانوذرات فلزی فرکانس تشدید را می‌توان تحت تاثیر تغییرات دما قرار داد و از این خاصیت به عنوان اساس کار یک حسگر دمایی استفاده کرد.

تاکنون خواص متفاوتی از تارهای بلور فوتونی از قبیل:گستره ی وسیع فرکانسی در عملکرد تک مدی، ناحیه مدی وسیع، پراش(پراکندگی) قابل تنظیم و خاصیت دو شکستی بالا گزارش شده است. تارهای بلور فوتونی با خاصیت دو شکستی زیاد می توانند در موارد گوناگونی از قبیل ارتباطات نوری یا حسگرهای تار نوری استفاده شوند[۵].

در اغلب پژوهش‌هایی که در مورد موجبرها و کاربردهای آنها انجام می‌شود، دهانه‌ی موجبر با ابعاد بزرگ در نظر گرفته می‌شود. در اینگونه موجبرها تعداد مدهایی که مجاز به انتشار می‌باشند بسیار زیاد است از آن رو ثابت انتشار مدها به صورت پیوسته در نظر گرفته می‌شوند. از این رو مدهای نقص ساختار به دلیل بر هم نهی پهن می‌باشند که تشخیص جا به جایی آنها دشوار است و قابلیت آشکارسازی آنها به صورت جداگانه وجود ندارد. در این راستا با کوچک کردن دهانه‌ی موجبر تعداد مدهای مجاز بسیار محدود شده و مدهای نقص به علت نداشتن بر هم نهی پهنای کمی دارند و تیز می‌باشند، بنابراین آشکارسازی آنها راحت تر می‌باشد. در فصل چهارم این پایان نامه موجبر با دهانه بزرگ و در فصل پنجم موجبر با دهانه‌ی کوچک به صورت جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس در فصل پنجم به مقایسه‌ی آن‌ها پرداخته می‌شود.

در فصل دوم به معرفی بلورهای فوتونیکی، ویژگی، کاربرد و روش ساخت آن‌ها پرداخته و تاریخچه‌ی مختصری از آن بیان می‌شود.

در فصل سوم به چگونگی حل مسئله با استفاده از روش ماتریسی و معرفی مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش از جمله مدل درود، سلمیر و ماکسول-گارنت پرداخته شده است.

در فصل چهارم و پنجم نتایج تحلیلی به دست آمده برای موجبرهایی با دهانه‌ی بزرگ و کوچک در حالت‌های مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند.

قابل ذکر است که در این پژوهش از نرم افزار متمتیکا و متلب جهت انجام محاسبات کمک گرفته شده است.

فصل دوم

معرفی و تاریخچه

۲-۱- مقدمه

قرن‌هاست پژوهشگران به دنبال راهی برای کنترل ویژگی‌های مواد هستند. پیشرفت ها در متالوژی، سرامیک، پلاستیک، دانشمندان را قادر به کنترل ویژگی های فیزیکی مواد کرده است. همچنین پیشرفت‌ها در فیزیک نیمه رساناها آنها را قادر به کنترل ویژگی‌های رسانندگی مواد کرده است.

یک بلور نیمه رسانا با آرایش دوره ای از اتم‌ها یا مولکول‌ها، پتانسیلی دوره ای برای انتشار یک الکترون در داخل آن را ایجاد می کند. این پتانسیل دوره ای در یک بلور نیمه رسانا به وسیله ی تعریف نوار انرژی ممنوعه ی الکترونی به روی رفتار الکترون، به واسطه ی پراش براگی شکل از اتم‌ها تاثیر می گذارد. بنابراین الکترون‌ها برای انتشار در جهات معلوم، ممنوعیت پیدا می کنند. حال اگر پتانسیل به اندازه‌ی کافی قوی باشد، این ممنوعیت به تمامی جهت‌ها گسترش می یابد و یک نوار ممنوعه ی کامل را تولید می‌کند.

در دهه‌ی اخیر پیشرفت در بلورهای فوتونیکی دانشمندان را قادر به کنترل ویژگی های اپتیکی مواد کرده است. بلورهای فوتونیکی ترکیبی از دی الکتریک دوره ای یا ساختارهای فلز- دی‌الکتریک دوره‌ای می باشند که به منظور تحت تاثیر قرار دادن انتشار امواج الکترومغناطیسی به همان شکلی که نیم رساناها به روی انتشار الکترون‌ها اثر می