دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته فیزیک (اپتیک و لیزر)

بررسی و شبیه سازی خواص بلور های فوتونی غیرخطی با شبکه مستطیلی

به کوشش

یدالله شهامت

اساتید راهنما

دکتر محمود حسینی فرزاد

دکتر افشین منتخب

اساتید مشاور

دکتر عبدالناصر ذاکری

دکتر محمدمهدی گلشن

دکتر حمید نادگران

بسم الله الرحمن الرحيم

بهنامخدا

اظهارنامه

اینجانبیدالله شهامتدانشجویرشته‌ی فیزیکگرایش اپتیک و لیزر دانشکده‌ی علوماظهارمیکنمکهاینپایاننامهحاصلپژوهشخودمبودهودرجاهاییکهازمنابعدیگراناستفاده کرده‌ام،نشانیدقیقومشخصات کاملآنرانوشته‌ام.همچنیناظهار می کنمکهتحقیقوموضوعپایاننامه‌امتکراریستوتعهدمی نمایمکهبدونمجوزدانشگاهدستاوردهایآنرامنتشرننمودهویادراختیارغیرقرارندهم.کلیهح قوقایناثرمطابقباآییننامهمالکیتفکریومعنویمتعلقبهدانشگاهشیرازاست.

نامونامخانوادگی : یدالله شهامت

تاریخوامضا : ۱۳۹۰/۶/۲۳

به نام خدا

بررسی پارامترهای موثر بر مشخصات پتروفیزیکی مخازن نفت با استفاده از تشدید مغناطیسی هسته‌ای

به کوشش

جواد حسین زاده

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی :

فیزیک هسته ای

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

دکتر زهره کارگر، استادیار بخش فیزیک (رئیس کمیته).....

دکتر نادر قهرمانی، استاد بخش فیزیک.....

دکتر حمید نادگران، استاد بخش فیزیک.....

خرداد ماه ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادرم

سپاسگزاری

اکنون که این رساله به پایان رسیده است بر خود می‌دانم از زحمات استاد گرامی، دکتر حسینی فرزاد که در تمام لحظات پشتیبان و یاریدهنده و امیددهنده من بودند تشکر کنم. از اساتید محترم،آقایان دکتر افشین منتخب، دکتر حمید نادگران، دکتر محمدمهدی گلشن، دکتر عبدالناصر ذاکری که در این رساله بنده حقیر را همکاری نمودند قدردانی می‌کنم. و در آخر از تمام کسانی که بنحوی در انجام این رساله مرا یاری رساندند، سپاسگزارم.

چکیده

بررسی و شبیه سازی خواص بلور های فوتونی غیرخطی با شبکه مستطیلی

به کوشش

یدالله شهامت

در این رساله با استفاده از روش تفاضل محدود در زمان ابتدا به بررسی تأثیر خواص غیر خطی (از نوع کر) بلور فوتونی معکوس دو بعدی با شبکه های مربعی، مستطیلی و مثلثی بر میزان عبور نور از آنها می پردازیم. همچنین با ایجاد نقص دربلور با شبکه مثلثی، باند ممنوعه آن را با بلور کامل(بدون نقص) مقایسه خواهیم کرد. در ادامه میزان عبور نور از موجبرهای بلور فوتونی با شبکه های مربعی و مستطیلی را بررسی کرده ایم. از نتایج مهم بدست آمده در این رساله می توان به موارد زیر اشاره کرد اگر محیط زمینه بلورهای با شبکه مربعی، مستطیلی و مثلثی غیر خطی باشد عمق گاف (میزان عبور) برای هر دو مد TEو TM نسبت به حالتی که محیط زمینه خطیست بیشتر (کمتر) می شود. با ایجاد موجبر در بلور های فوتونی مشاهده می شود که میزان عبور نور از موجبر با محیط زمینه غیرخطی (در هر دو مد TE و TM با شبکه های مربعی و مستطیلی) بیشتر از حالتی است که محیط زمینه خطی است. همچنین این افزایش میزان عبور در موجبر با شبکه مستطیلی بیشتر از موجبر با شبکه مربعی است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۲-۱-بلور فوتونی دو بعدی ۶

۱-۳-بلور فوتونی معکوس. ۷

1-۴-نقص در بلور های فوتونی ۷

1-۵ -موجبر ۹

۱-۶-گاف فوتونی ۱۱

۱-۷-دلیل ایجاد گاف دربلور های فوتونی ساده ۱۳

۱-۸-انتشار موج در سیستم ناهمگن یک بعدی ۱۴

۱-۹-بررسی محیط های دو لایه ۱۴

۱-۱۰-محاسبه ضرایب عبور و بازتاب ۱۷

۱-۱۱-معادله پاشندگی در ساختار یک بعدی متناوب ۱۷

۱-۱۲-قضیه ی بلوخ.

فصل دوم: روش عددی FDTD ۱۸

۲-۱-روش FDTD ۲۰

۲-۱-مرز های جاذب ۲۱

۲-۱-منبع موج. ۲۴

۲-۱-فرمول‌بندی اثر کر $P_k(t)$ ۲۵

۲-۱-محاسبه میدان الکتریکی E ۲۶

۲-۱-نحوه ی وارد کردن بی نظمی در شبه سازی ۲۷

۲-۱-محیط غیرخطی ۲۸

۲-۱-اثر کر ۳۱

۲-۱-تئوری اثر اپتیکی کر ۳۲
فصل سوم: شبیه سازی بلور فوتونی معکوس
۳-۱-مشخصات بلور فوتونی استفاده شده ۳۴
۳-۱-نتایج شبیه سازی بلور های فوتونی با شبکه مربعی ۳۲
۳-۱-نتایج شبیه سازی مد TE برای شبکه مربعی و مستطیلی ۳۲
۳-۱-نتایج شبیه سازی بلور های فوتونی با شبکه مثلث ۳۲
۳-۱-اثر نقص در بلور فوتونی با شبکه مثلثی ۳
۳-۱-موجبربلور فوتونی ۲
۳-۱-نقص در موجبر ها ۳۲
فصل چهارم: نتیجه گیری ۳۲
۴-۱-نتیجه گیری ۳۲
۳۲
مراجع ۳۵

فهرست شکل‌ها

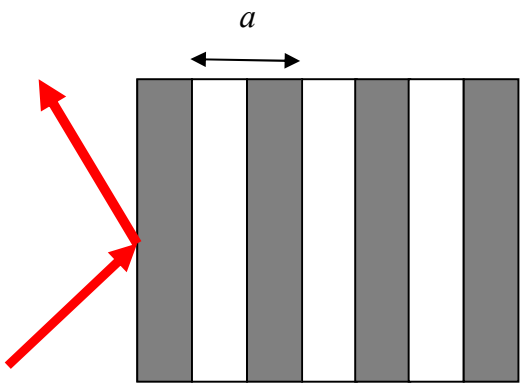
عنوان	صفحه
شکل ۱ - بلور فوتونی یک بعدی	۹
شکل ۲ - مثال هایی از بلور های فوتونی یک بعدی	۱۶
شکل ۳ –بلور های فوتونی دو بعدی با میله های دی الکتریک	۱۹
شکل ۴ –بلور های فوتونی با ساختار مستطیلی	۲۷
شکل ۵ - بلور فوتونی با ساختار مربعی	۲۹
شکل ۶ - بلور فوتونی با ساختار مثلثی	۳۰
شکل ۷ - نمایش تقارن دورانی در بلور دو بعدی	۳۱
شکل ۸ - بلور فوتونی گرافیتی	۳۳
شکل ۹ –بلور فوتونی مثلثی با سوراخ های مثلثی	۳۴
شکل ۱۰ - شبه بلور فوتونی با تقارن دوازده گون	۳۵
شکل ۱۱ - کاواک بلور فوتونی با ضریب کیفیت بالا	۴۳
شکل ۱۲ - نوعی نقص در بلور فوتونی دو بعدی	۴۴
شکل ۱۳ –نوعی نقص خطی در بلور فوتونی دو بعدی	۴۵
شکل ۱۴ - توضیع دامنه میدان الکتریکی در یک مد مخصوص	۴۶
شکل ۱۵ - نوعی فیبر نوری	۴۸
شکل ۱۶- نمودارهای تجمعی برای بدست آوردن مقدار T_2 قطع	۴۹
شکل ۱۷–نمایش توضیع میدان های الکتریکیدر یک کاواک دو بعدی	۵۰
شکل ۱۸– تصویر میکروسکوپی الکترونی از ساختار واقعی مارپیچ در هم بافته	۵۳
شکل ۱۹ –تصویر یک سیستم ناهمگن یک بعدی	۵۷

شکل ۲۰ - آرایش تابع گذردهی در یک سیستم ناهمگن ۶۱
شکل ۲۱ - یک سیستم ناهمگن متشکل از دو محیط با ضریب شکست های مختلف ۶۸
شکل ۲۲ - نمایش ساختار متاوب در یک بعد ۶۹
شکل ۲۳–تقریب مشتق در روش FDTD ۷۰
شکل ۲۴ - تقریب مشتق با تفاضل نقاط مجاور در مد TM ۷۱
شکل ۲۵ - تقریب مشتق با تفاضل نقاط مجاور در مد TE ۷۲
شکل ۲۶–نمایش شماتیکی از فرود موج ۷۳
شکل ۲۷–بی نظمی در ساختار بلور معکوس ۷۴
شکل ۲۸–نمایش چیده مان در بلور فوتونی دو بعدی ۷۵
شکل ۲۹ - چیدمان بلور فوتونی در نمایش سه بعدی ۷۶
شکل ۳۰ - چیدمان بلور فوتونی با شبکه مثلثی ۷۷
شکل ۳۱ - میزان عبور نور از محیط بلور فوتونی با شبکه مربعی برای مد TM که حفره های هوا در محیط زمینه دی الکتریک خطی و غیرخطی قرار دارند ۶۵

فصل اول

۱- مقدمه

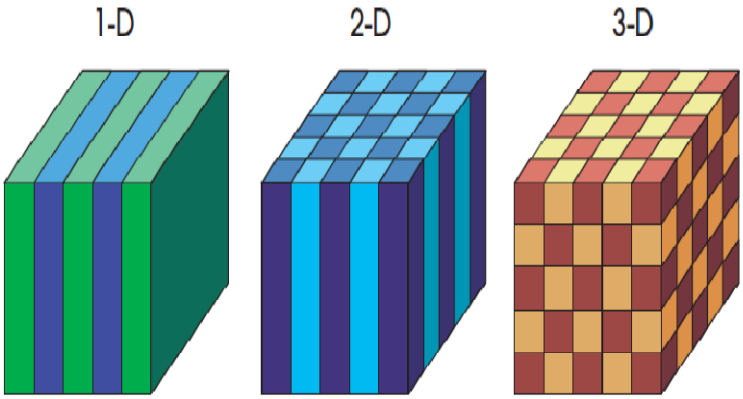
بلورهای فوتونی (PCها) را به طور ساده می توان یک محیط با خواص اپتیکی متناوب تعریف کرد. برای مثال در شکل (۱) یک محیط اپتیکی متناوب نشان داده شده است که در آن قسمت های تیره دارای ثابت گذردهی الکتریکی εو مغناطیسی μ و متفاوت نسبت به قسمت های روشن هستند. این سیستم را می توان به عنوان یک بلورفوتونی ساده یک بعدی در نظر گرفت.



شکل (۱) : بلور فوتونی یک بعدی با تناوب a و پاسخ آن به دو طول موج متفاوت

ساختارهای بلورهای فوتونی به گونه ای هستند که مانع از عبور فوتون‌هایی بـا انـرژی خـاص و بالطبع طول موج های خاص از ساختار می شوند. به این محدوده های پیوسته و کران دار در حوزه

ی بسامد که در آنها امکان انتشار موج در ساختار وجود ندارد گاف فوتونی یـا نـوار ممنـوع بسـامد گفته می شود. تئوری اصلی حاکم بر بلور های فوتونی معادلات ماکسول می باشند باحل معـادلات ماکسول در محیط و همچنین اعمال شرایط مرزی بر روی سطوح مرزی، امواج الکترومغناطیسی را در محیط توصیف می کنیم. از نظر ابعاد نیز باید گفت که ساختارهای بلورهای فوتونی در یک، دو و سه بعد طبقه‌بندی می‌شوند شکل (۲). بدیهی است که خواص و کاربردهای بلورهای فوتونی شدیداً به هندسه و تناوبشان بستگی دارد. از جمله مواد موجود در طبیعت که می توان به عنوان بلور های فوتونی نام برد عبارتند از: سنگ جواهر[۱] طبیعی، شامل اکسید سلیسیم [۳-۵].

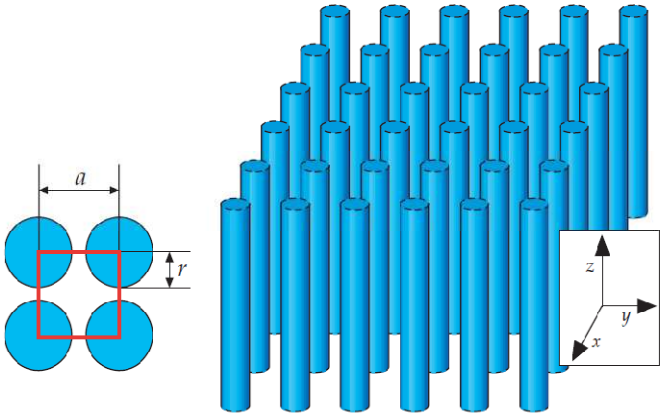


شکل ۲ : مثال های ساده از بلورهای فوتونی یک‌بعدی، دوبعدی؛ سه‌بعدی. رنگ هـای تیـره و روشـن نمـایش دهنده ی مواد با ثابت های دی الکتریک مختلف هستند.

۱-۲ - بلورهای فوتونی دوبعدی

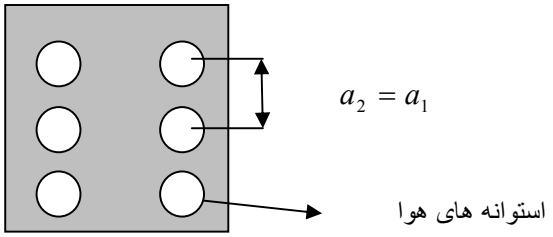
یک بلور فوتونی دو بعدی، یک محیط دی‌الکتریک با الگوی دو بعدی اسـت کـه معمـولاً آرایـه منظمی از میله‌های دی‌الکتریک یا حفره هوا در یک تکه دی الکتریک است. شکل (۳).

۱-Gemstone opal

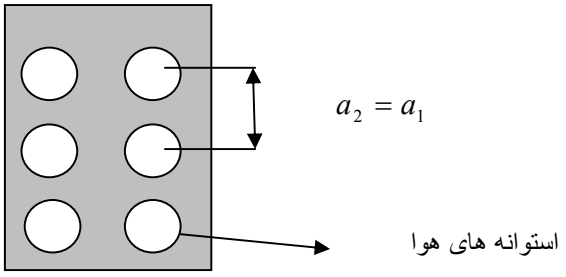


شکل۳ : بلور فوتونی دوبعدی، با شبکه مربعی ازمیله های دی الکتریک

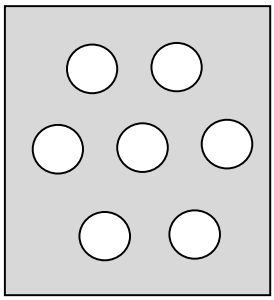
بلور های فوتونی دارای ساختار هایی با شبکه های مستطیلی (شکل(۴)) ساختار هایی با شبکه مربعی (شکل(۵)) و شبکه های مثلثی که در شکل(۶) نمایش داده شده است، هستند.



شکل (۴) : نمایش هندسه ی پایه بلور فوتونی دو بعدی با ساختار مستطیلی

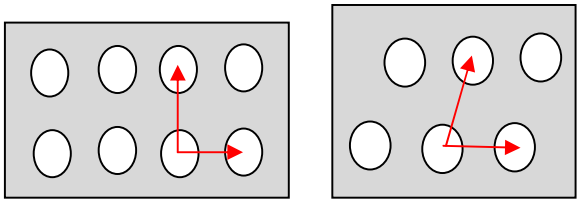


شکل (۵) : نمایش هندسه ی پایه بلور فوتونی دو بعدی با ساختار مربعی



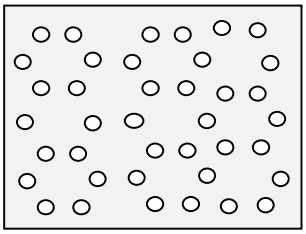
شکل (۶) : نمایش هندسه ی پایه بلور فوتونی دو بعدی با ساختار مثلثی

به سادگی دیده می شود که علاوه بر تقارن انتقالی که همان ویژگی تناوب مکانی است، گونه ای دیگر از تقارن در اثر دوران نیز وجود دارد که بلور فوتونی را بدون تغییر می گذارد. در ساختار مربعی (مثلثی) این زاویه دوران برابر با نود درجه (شصت درجه) است که موجب تقارن دورانی چهارگوش (شش گوش) می گردد و در شکل (۷) نمایش داده شده اند.



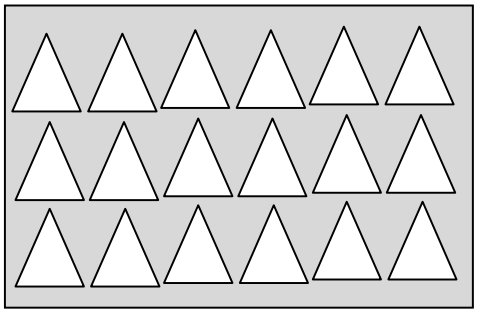
شکل (۷) : نمایش تقارن دورانی و سلول واحد در بلور های دو بعدی

شبکه مشهور دو بعدی دیگری که در واقع از خانواده ی بلور های فوتونی مثلثی شمرده می شود شبکه گرافیت یا لانه زنبوری می باشد که در شکل (۸) نمایش داده شده است



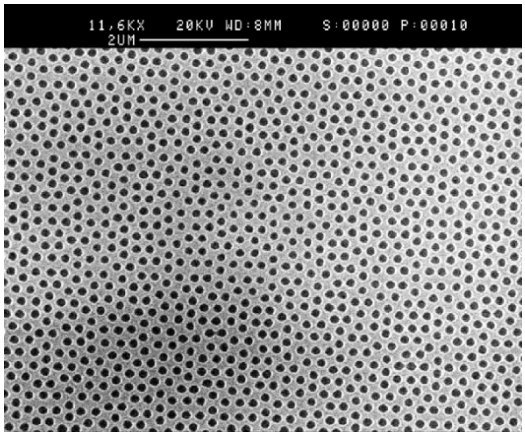
شکل (۸) : بلور های فوتونی گرافیت

اگر شکل سوراخ ها (یا استوانه ها) در بلور های فوتونی گرد نباشد باز هم امکان پذیر است که آنها را از خانواده بلور های فوتونی محسوب کنیم، چرا که خواص بلور های فوتونی را در این نوع ساختار ها هم می توان دید. برای مثال در شکل (۹) بلور فوتونی از گونه ی مربعی با سوراخ های مثلثی [۷] نمایش داده شده است.



شکل (۹) : تصویر مربوط به بلور فوتونی دو بعدی مثلثی با سوراخ های مثلثی

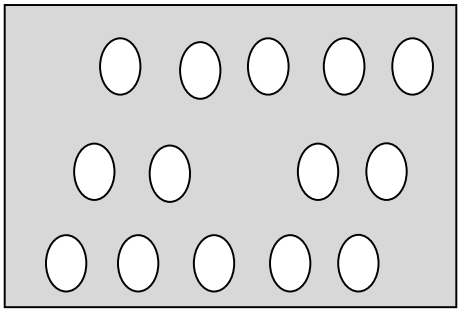
تقارن دورانی در بلور فوتونی دو بعدی تا این جا به دو حالت چهار گوش و شش گوش تقسیم شده است[۸]. نمونه هایی از بلور های فوتونی با هندسه های پنج گون و دوازده گون نیز وجود دارد [۹]در شکل (۱۰) یک نمونه شبه بلور فوتونی دوازده گون دیده می شود[۱۰].



شکل (۱۰) : شبه بلور فوتونی با تقارن دورانی دوازده گون

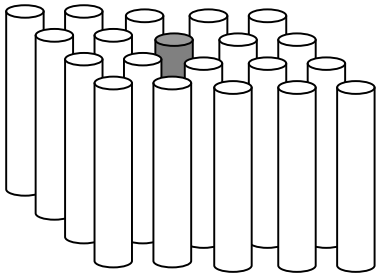
۱-۳ - نقص در بلورهای فوتونی

نقص ها در شبکه بلور فوتونی را می توان به نقص نقطه ای، خطـی و یـا صـفحه ای تقسـیم بندی کرد. نقص نقطه ای می تواند به صورت یک کاواک عمل نماید



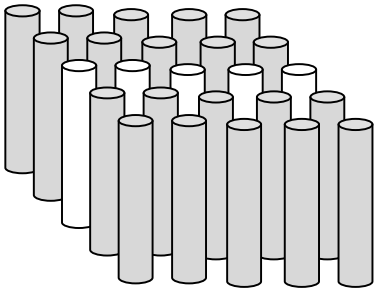
شکل (۱۱) : کاواک بلور فوتونی با ضریب کیفیت بالا

در حالت کلی نقص نقطه‌ای می‌تواند نوعی ناخالصی باشد که در شبکه جای می گیرد، تغییر شعاع یا شکست تقارن انتقالی در بلور و یا تغییر در جنس بعضی از استوانه ها منجر به ایجاد نقص نقطه‌ای در بلور فوتونی می‌گردد[۱۲]. در شکل (۱۲) با تغییر جنس یکی از استوانه ها نقصی نقطه ای را در بلور ایجاد کرده ایم.



شکل (۱۲) : نوعی نقص در بلور فوتونی دو بعدی که با تغییر جنس یکی از استوانه ها ایجاد شده است

نقص خطی گونه ای دیگر از نقص است که در آن یک ردیف از استوانه ها را به گونه ای تغییر می دهیم. در شکل (۱۳) با جایگذاری یک ردیف از استوانه های هوا به جای استوانه های دی الکتریک نقصی خطی در بلور فوتونی ایجاد شده است.



شکل (۱۳) : نوعی نقص خطی در بلور فوتونی دو بعدی

۱- ۵- موجبر

با استفاده از نقص های خطی می توانیم نور را از یک نقطه به نقطه دیگر هدایت کنیم. روش کار بدین صورت است که نوری با طول موج واقع شده در محدوده ی گاف بلور فوتونی در موجبر منتشر می شود و این به گونه ای است که نور به قسمت های دیگر بلور نفوذ نمی کند. از جمله وسایلی که از چنین قابلیت هایی برخوردارند، آینه ها و موجبر های فلزی هستند.. موجبر های بلور فوتونی از آن جهت که بر پایه بازتاب کلی داخلی کار نمی کنند، می توانند محدود کردن نور را حتی در اطراف گوشه هایی با زاویه ی تند نیز انجام دهند[۱۳].منبع اصلی اتلاف می تواند فقط بازتاب نور از دهانه ی ورودی موجبر باشد. در شکل (۱۴) توزیع دامنه میدان الکتریکی در یک موجبر مستقیم را نمایش می دهد و همانطور که می بینیم نور فقط درون موجبر انتشار می یابد و نفوذ کمی از دیواره های موجبر دارد.