

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه پیام نور

دانشکده علوم پایه

مرکز شیراز

پایان نامه

برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته فیزیک اتمی و مولکولی

گروه علمی فیزیک

عنوان پایان نامه :

خواص مدهای نقص بلور فوتونی نانولایه دی الکتریک-فلز

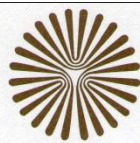
سه تایی در یک بعد

حدیث آذرشب

استاد راهنما :

دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی

بهمن ۱۳۹۰



دانشگاه پیام نور استان فارس
باسمه تعالی

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

تاریخ :
شماره :
پیوست :

صور تجلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد خانم حدیث آذرشب دانشجوی رشته فیزیک گرایش اتمی و مولکولی به شماره دانشجویی ۸۸۰۰۰۳۵۸۳ با عنوان:

" خواص مدهای نقص در بلورهای فوتونی نانو لایه‌های دی الکتربیک - فلز سه تایی در یک بعد "

با حضور هیات داوران در روز شنبه مورخ ۱۳۹۰/۱۱/۱ ساعت ۱۰ صبح در محل ساختمان غدیر دانشگاه پیام نور شیراز برگزار شد و هیأت داوران پس از بررسی، پایان نامه مذکور را شایسته نمره به عدد ۱۹۹ به حروف **نوزده و ۹۰۰** با درجه **عالی** تشخیص داد.

ردیف	نام و نام خانوادگی	هیأت داوران	مرتبۀ دانشگاهی	دانشگاه	امضاء
۱	دکتر عبدالرسول قرائتی جهرمی	راهنما	دانشیار	پیام نور شیراز	
۲	دکتر حمید نادگران	داور	دانشیار	شیراز	
۳	دکتر زهره ابراهیمی	نماینده تحصیلات تکمیلی	استاد یار	پیام نور شیراز	

رئیس اداره تحصیلات تکمیلی



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

اینجانب حدیث آذرشب دانشجوی ورودی سال ۱۳۸۸ مقطع کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش اتمی و مولکولی گواهی می‌نمایم چنانچه در پایان نامه خود از فکر، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته‌ام با نقل قول مستقیم یا غیر مستقیم منع و ماخذ آن را نیز در جای مناسب ذکر کرده‌ام. بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می‌دانم و جوابگوی آن خواهم بود.

دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

نام و نام خانوادگی دانشجو حدیث آذرشب

تاریخ و امضاء

اینجانب حدیث آذرشب دانشجوی ورودی سال ۱۳۸۸ مقطع کارشناسی ارشد رشته فیزیک گرایش اتمی و مولکولی گواهی می‌نمایم 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 حدیث آذرشب

تاریخ و امضاء

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

بهمن ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم.

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده‌اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان.

تشکر و قدردانی

بر خود می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ، تلاش‌های بی‌وقفه و راهنمایی‌های ارزشمند استاد
گرامی **جناب آقای دکتر عبدالرسول قرائتی** کمال تشکر و قدردانی را بنمایم.

همچنین از زحمات **خواهر و برادر** گرامی‌ام و کلیه کسانی که در دوران تحصیل
همواره مشوق و پشتیبان اینجانب بوده‌اند کمال تشکر را دارم.

چکیده

خواص مدهای نقص بلورهای فوتونی نانولایه دی‌الکتریک-فلز سه‌تایی

در یک بعد

به وسیله حدیث آذرشب

در این پایان نامه خواص مدهای نقص در ساختارهای متناوب با سه لایه دی‌الکتریک-فلز-دی-الکتریک در حالت متقارن و نامتقارن بررسی شده است. سپس ویژگی‌های آن با بلور فوتونی دی-الکتریک-فلز-دولایه در یک بعد مقایسه شده است. همچنین بازتاب را بر حسب طول موج بررسی کرده و وابستگی آن را با تغییر تعداد سلول‌های چپ و راست لایه نقص و تغییر زاویه برای امواج TE و TM در دو حالت متقارن و نامتقارن هم برای بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه و هم برای دو لایه در یک بعد بررسی شده و بازتاب بر حسب طول موج برای فلزات مختلف نیز بررسی شده است.

یافته‌ها نشان می‌دهد که حداقل یک مد نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه و همچنین دولایه در یک بعد هم در حالت متقارن و هم در حالت نامتقارن وجود دارد، و با افزایش ضخامت و ضریب شکست لایه نقص تعداد مدهای نقص نیز افزایش می‌یابد، ولی روند افزایش تعداد مدها در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نسبت به دولایه بیشتر است و همچنین نوار گاف در حالت سه لایه پهن‌تر می‌شود. همچنین وقتی تعداد سلول‌های چپ و راست در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز هم در حالت سه لایه و هم در حالت دولایه با هم برابر باشد مد نقص ارتفاع بیشتری نسبت به حالاتی دارد که تعداد آنها با هم برابر نباشد، که نشان دهنده تشدید کاملتر آن نسبت به حالات دیگر است. همچنین با افزایش زاویه در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز-دی‌الکتریک سه لایه در حالت متقارن و نامتقارن در قطبش TE و TM مد نقص به سمت طول موج‌های کمتر جابجا می‌شود، ولی

روند کاهش طول موج در قطبش TM بیشتر از قطبش TE است. تمامی محاسبات با استفاده از روش ماتریس انتقال و مدل درود در فلزات انجام گرفته است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول مقدمه‌ای بلورهای فوتونی
۱	۱-۱ مقدمه
۴	۲-۱ نحوه تشکیل نوار گاف فوتونی
۴	۳-۱ تاریخچه بلورهای فوتونی
۷	۴-۱ ابزارهای ساخته شده بر اساس بلورهای فوتونی
۷	۱-۴-۱ موجبرها
۸	۲-۴-۱ میکروکاواک‌ها
۹	۳-۴-۱ فیبرهای بلور فوتونی
۱۰	۵-۱ بلورهای فوتونی فلزی
۱۱	۱-۵-۱ مثال‌هایی از کاربردهای بلور فوتونی فلزی
۱۲	۶-۱ نگاه اجمالی بر کل پایان نامه
۱۳	فصل دوم مدل درود و روش‌های محاسبه نوار گاف در بلورهای فوتونی
۱۳	۱-۲ خواص اپتیکی فلزات
۱۵	۲-۲ مدل درود
۱۷	۳-۲ مدل درود در فلزات
۱۸	۴-۲ روش‌های محاسبه نوار گاف شامل نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز یک بعدی
۱۸	۱-۴-۲ ماتریس انتقال موج
۱۹	۲-۴-۲ ماتریس پراکندگی
۲۰	۱-۲-۴-۲ رابطه بین ماتریس پراکندگی و ماتریس انتقال موج
۲۱	۲-۲-۴-۲ سیستم‌های وارون بدون اتلاف

۲۱	۲-۵-۱ روش اول محاسبه بازتاب
۲۵	۲-۵-۲ روش دوم محاسبه بازتاب
۲۹	۲-۵-۳ روش سوم محاسبه بازتاب
۳۴	فصل سوم بررسی خواص مدهای نقص بلور فوتونی دو لایه دی‌الکتریک-فلز
۳۴	۳-۱ مدهای نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن
۳۴	۳-۱-۱ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک
۴۰	۳-۱-۲ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه متقارن در موج TE
۴۳	۳-۱-۳ مدهای نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن در موج TM
۴۴	۳-۱-۴ بررسی تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه
۴۶	۳-۱-۵ بررسی فلزات مختلف روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه متقارن
۴۷	۳-۲ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک
۴۸	۳-۲-۱ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک
۵۲	۳-۲-۲ مد نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن با نقص دی‌الکتریک در موج TE
۵۳	۳-۲-۳ مد نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن با نقص دی‌الکتریک در موج TM
۵۵	۳-۲-۴ بررسی تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن
۵۷	۳-۲-۵ بررسی فلزات مختلف روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن
۵۸	فصل چهارم بررسی خواص مدهای نقص بلور فوتونی سه لایه دی‌الکتریک-فلز
	۴-۱ مدهای نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن
۵۸	۴-۱-۱ مدهای نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک
۶۳	۴-۱-۲ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن در موج TE
۶۵	۴-۱-۳ مدهای نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن در موج TM
۶۷	۴-۱-۴ بررسی تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه
۶۸	۴-۱-۵ بررسی فلزات مختلف روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن
۶۹	۴-۱-۶ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص فلزی
۷۰	۴-۱-۷ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن با لایه نقص فلزی در موج TE

- ۷۱ ۸-۱-۴ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن با لایه نقص فلزی در موج TM
- ۷۳ ۹-۱-۴ تغییر مکان لایه نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن با لایه نقص فلز
- ۷۵ ۲-۴ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک
- ۷۶ ۱-۲-۴ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک
- ۸۰ ۲-۲-۴ مد نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن با نقص دی‌الکتریک در موج TE
- ۸۱ ۳-۲-۴ مد نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن با نقص دی‌الکتریک در موج TM
- ۸۳ ۴-۲-۴ بررسی تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن
- ۸۵ ۵-۲-۴ بررسی فلزات مختلف روی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن
- ۸۶ ۶-۲-۴ بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص فلزی
- ۸۷ ۷-۲-۴ مد نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز با لایه نقص فلزی در موج TE
- ۸۹ ۸-۲-۴ مد نقص در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز با لایه نقص فلزی در موج TM

۹۲

فصل پنجم نتیجه‌گیری

۹۲

۱-۵ نتیجه‌گیری و بحث

۹۳

۲-۵ پیشنهادات

۹۴

منابع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ ساختار بلور فوتونی تناوبی در یک بعد، دو بعد و سه بعد. ۳
- شکل ۲-۱ ساختارهای نوار فوتونی برای سه بلور فوتونی چند لایه متفاوت. ۶
- شکل ۳-۱ توزیع میدان الکتریکی در موجبر بلور فوتونی خمیده تیز. ۸
- شکل ۴-۱ الف) طرح نانو کاواک با مد نقطه‌ای در تیغه بلور فوتونی دو بعدی. ب) ساختار کاواک طراحی شده با جایگزینی دو حفره هوا در دو لبه ایجاد شده تا عامل کیفیت بالایی حاصل شود. پ) ساختار کاواک طراحی شده که با تنظیم مناسب شش حفره هوا نزدیک دو لبه ایجاد شده تا عامل کیفیت بالاتری تولید شود. ۹
- شکل ۵-۱ الف) فیبرهای بلور فوتونی. الف) فیبر براگ که از بلور فوتونی یک بعدی در آن استفاده شده است. ب) فیبر بلور فوتونی که از بلور فوتونی دو بعدی در آن استفاده شده است. ۱۰
- شکل ۶-۱ کاربردهای بلور فوتونی. ۱۱
- شکل ۱-۲ طرح بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه‌لایه در یک بعد. ۱۷
- شکل ۲-۲ ساختار بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن سه لایه دارای نقص در یک بعد. ۲۳
- شکل ۳-۲ ساختار بلور فوتونی سه‌لایه دی‌الکتریک-فلز نامتقارن دارای نقص در یک بعد. ۲۴
- شکل ۴-۲ طرح یک لایه از بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه در یک بعد ۳۱
- شکل ۱-۳ ساختار بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن دو لایه دارای نقص در یک بعد ۳۵

شکل ۳-۲ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن با لایه نقص دی-الکتریک

۳۵

شکل ۳-۳ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای تعداد تناوب‌های مختلف.

۳۷

شکل ۳-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای تغییر ضریب شکست‌های مختلف.

۳۸

شکل ۳-۵ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک در ضخامت‌های مختلف.

۴۰

شکل ۳-۶ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن در یک بعد با لایه نقص دی‌الکتریک در موج TE در زوایای مختلف تابشی.

۴۲

شکل ۳-۷ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن در یک بعد با لایه نقص دی‌الکتریک در موج TM در زوایای مختلف تابشی.

۴۴

شکل ۳-۸ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک با ساختار $(A/(n_1 n_2)^s D(n_2 n_1)^t / A)$ (الف) $s=1, t=9$ (ب) $s=2, t=8$ (پ) $s=3, t=7$ (ت) $s=4, t=6$ (ث) $s=5, t=5$.

۴۵

شکل ۳-۹ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای فلزات مختلف الف) مس (Cu)، ب) نقره (Ag) و پ) آلومینیوم (Al).

۴۶

شکل ۳-۱۰ ساختار بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن دو لایه دارای نقص در یک بعد.

۴۷

شکل ۳-۱۱ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک.

۴۷

شکل ۳-۱۲ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن با لایه
نقص دی‌الکتریک با ضخامت ۱۸۰ نانومتری و با تعداد تناوب‌های مختلف. ۴۸

شکل ۳-۱۳ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن با لایه نقص
دی‌الکتریک با ضخامت ۱۸۰ نانومتری برای ضریب شکست‌های مختلف. ۴۹

شکل ۳-۱۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن با لایه نقص
دی‌الکتریک برای ضخامت‌های مختلف. ۵۱

شکل ۳-۱۵ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن با لایه
نقص دی‌الکتریک برای زوایای مختلف در موج TE . ۵۲

شکل ۳-۱۶ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن با لایه نقص
دی‌الکتریک برای زوایای مختلف در موج TM . ۵۴

شکل ۳-۱۷ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه‌لایه نامتقارن با لایه نقص
دی‌الکتریک با ساختار $(A/(n_1 n_2)^s D(n_1 n_2)^t / A)$ (الف) $(s=1, t=9)$ (ب) $(s=2, t=8)$ (پ)
 $(s=3, t=7)$ (ت) $(s=4, t=6)$ (ث) $(s=5, t=5)$. ۵۶

شکل ۳-۱۸ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن در یک بعد
با لایه نقص دی‌الکتریک برای فلزات مختلف (الف) مس (Cu)، (ب) نقره (Ag) و (پ) آلومینیوم
(Al). ۵۷

شکل ۴-۱ بازتاب وابسته به طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن سه‌لایه در یک بعد با
لایه نقص دی‌الکتریک. ۵۹

شکل ۴-۲ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص
دی‌الکتریک برای تعداد تناوب‌های مختلف. ۶۰

شکل ۳-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای تغییر ضریب شکست‌های مختلف. ۶۱

شکل ۴-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک در ضخامت‌های مختلف. ۶۲

شکل ۵-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک در زوایای مختلف تابشی در موج TE . ۶۴

شکل ۶-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک در زوایای مختلف تابشی در موج TM . ۶۶

شکل ۷-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک با ساختار $(A/(n_1n_2n_3)^s D(n_3n_2n_1)^t / A)$ (الف) $s=1, t=9$ (ب) $s=2, t=8$ (پ) $s=3, t=7$ (ت) $s=4, t=6$ (ث) $s=5, t=5$. ۶۸

شکل ۸-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای فلزات مختلف (الف) مس (Cu)، (ب) نقره (Ag) و (پ) آلومینیوم (Al). ۶۹

شکل ۹-۴ بازتاب وابسته به طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز متقارن سه لایه با لایه نقص فلزی. ۶۹

شکل ۱۰-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص فلزی برای موج TE در زوایای مختلف تابشی. ۷۰

شکل ۱۱-۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص فلزی برای موج TM در زوایای مختلف تابشی. ۷۲

شکل ۴-۱۲ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن در یک بعد با لایه نقص فلزی با ساختار $(A/(n_1n_2n_3)^s D(n_3n_2n_1)^t / A)$ (الف) $s=1, t=9$ (ب) $s=2, t=8$ (پ) $s=3, t=7$ (ت) $s=4, t=6$ (ث) $s=5, t=5$. ۷۴

شکل ۴-۱۳ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با تعداد تناوب $N=5$ (الف) لایه نقص دی‌الکتریک با ضخامت ۱۲۰ نانومتر، (ب) لایه نقص فلزی با ضخامت ۱۰ نانومتر. ۷۵

شکل ۴-۱۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک. ۷۶

شکل ۴-۱۵ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک با تعداد تناوب‌های مختلف. ۷۷

شکل ۴-۱۶ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای ضریب شکست‌های مختلف. ۷۹

شکل ۴-۱۷ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای ضخامت‌های مختلف. ۸۱

شکل ۴-۱۸ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای زوایای مختلف در موج TE . ۸۲

شکل ۴-۱۹ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای زوایای مختلف در موج TM . ۸۴

شکل ۴-۲۰ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن در یک بعد با لایه نقص دی‌الکتریک با ساختار $(A/(n_1n_2n_3)^s D(n_1n_2n_3)^t / A)$ (الف) $s=1, t=9$ (ب) $s=2, t=8$ (پ) $s=3, t=7$ (ت) $s=4, t=6$ (ث) $s=5, t=5$. ۸۵

شکل ۴-۲۱ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن در یک بعد با لایه نقص دی‌الکتریک الف) مس (Cu)، ب) نقره (Ag) و پ) آلومینیوم (Al)

۸۵

شکل ۴-۲۲ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص فلزی با ضخامت ۱۰ نانومتر در یک بعد و با $N=5$.

۸۶

شکل ۴-۲۳ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص فلزی با تعداد تناوب‌های مختلف.

۸۷

شکل ۴-۲۴ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص فلزی برای زوایای مختلف در موج TE .

۸۸

شکل ۴-۲۵ بازتاب بر حسب طول موج در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی‌الکتریک برای زوایای مختلف در موج TM .

۹۰

شکل ۴-۲۶ بررسی مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با تعداد تناوب $N=5$ الف) با لایه نقص دی‌الکتریک با ضخامت $d=180nm$ ب) با لایه نقص فلزی با ضخامت $d=10nm$.

۹۱

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۳ تعداد مدهای نقص و مکان آن در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریکی برای ضریب شکست‌های مختلف. ۳۹

جدول ۲-۳ تعداد مدهای نقص و مکان آن برای ضخامت‌های مختلف لایه نقص دی‌الکتریک. ۴۱

جدول ۳-۳ مکان مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه متقارن در زوایای مختلف در موج TE ۴۲

جدول ۴-۳ مکان مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک - فلز دولایه متقارن در زوایای مختلف در موج TM ۴۴

جدول ۵-۳ تعداد مدهای نقص و مکان آن برای ضریب شکست‌های مختلف لایه نقص دی-الکتریکی در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن دولایه. ۵۰

جدول ۶-۳ تعداد مدهای نقص و مکان آن برای ضخامت‌های مختلف لایه نقص دی‌الکتریکی در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن. ۵۱

جدول ۷-۳ مکان مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دولایه نامتقارن در زوایای مختلف در موج TE ۵۳

جدول ۸-۳ مکان مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک - فلز دولایه نامتقارن در زوایای مختلف در موج TM ۵۵

جدول ۱-۴ تعداد مدهای نقص و مکان آن در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص دی‌الکتریکی برای ضریب شکست‌های مختلف. ۶۱

جدول ۲-۴ تعداد مدهای نقص و مکان آن برای ضخامت‌های مختلف لایه نقص دی‌الکتریک. ۶۳

- جدول ۳-۴ مکان مد نقص بلور فوتونی سه لایه با لایه نقص دی‌الکتریک با تغییر زاویه تابشی در موج TE. ۶۵
- جدول ۴-۴ مکان مد نقص بلور فوتونی سه لایه با تغییر زاویه تابشی در موج TM ۶۶
- جدول ۵-۴ مکان مد نقص بلور فوتونی سه لایه با لایه نقص فلزی با تغییر زاویه تابشی در موج TE. ۷۱
- جدول ۶-۴ مکان مد نقص بلور فوتونی سه لایه با لایه نقص فلزی با تغییر زاویه تابشی در موج TM. ۷۲
- جدول ۷-۴ تعداد مدهای نقص و مکان آن برای ضریب شکست‌های مختلف لایه نقص دی‌الکتریکی در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن. ۷۸
- جدول ۸-۴ تعداد مدهای نقص و مکان آن برای ضخامت‌های مختلف لایه نقص دی‌الکتریکی در بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز نامتقارن در یک بعد. ۷۹
- جدول ۹-۴ مکان مد نقص دی‌الکتریک با تغییر زاویه تابشی در موج TE در حالت نامتقارن ۸۲
- جدول ۱۰-۴ مکان مد نقص دی‌الکتریک با تغییر زاویه تابشی در موج TM در حالت نامتقارن ۸۳
- جدول ۱۱-۴ مکان مد نقص فلزی با تغییر زاویه تابشی در موج TE در حالت نامتقارن ۸۸
- جدول ۱۲-۴ مکان مد نقص فلزی با تغییر زاویه تابشی در موج TM در حالت متقارن ۹۰

فصل اول

مقدمه‌ای بر بلورهای فوتونی

۱-۱ مقدمه

با گسترش دانش ارتباطات و نیاز جامعه بشری، نیاز به ابزارهای نوری با کیفیت و سرعت عمل بالاتر بیشتر شده است. خواص اپتیکی مواد همیشه با کارکردی که ما انتظارش را داریم همخوانی ندارد. این به دلیل کاربرد گسترده خواص الکترونیکی موجود است. علت اصلی کاربرد زیاد خواص الکترونیکی، برهم‌کنش الکترون‌ها با ساختار تناوبی مواد است [۱]. این نظریه منجر شد که یابلا نویچ نظریه جدیدی در مورد نور پیشنهاد کند [۲]. او پیشنهاد داد که همانطور که در نیمه رسانا در نوار ممنوعه انرژی هیچ الکترونی نمی‌تواند دارای چنین انرژی‌ای است بنابراین می‌توان یک دی‌الکتریک تناوبی ساخت که در محدوده ممنوعه فرکانسی هیچ فوتونی در بلور منتشر نشود. این نظریه مفهوم بلور فوتونی را ایجاد کرد که در آن ثابت دی‌الکتریک با ثابت شبکه‌ای که قابل مقایسه با طول موج مورد نظر است مدوله می‌شود. ساختار بلور فوتونی به دلیل داشتن سلول‌های تناوبی، بلور نامیده شده و به این علت که این مواد بر خواص انتشار فوتون تاثیر دارند فوتونی نامیده می‌شوند.

یک نظریه تحلیلی بر رفتار امواج الکترومغناطیسی در ساختارهای دی‌الکتریک تناوبی در بلورهای طبیعی وجود دارد. بلورهای فوتونی با استفاده از جواب معادلات ماکسول در محیط تناوبی تحلیل می‌شوند ولی ساختار الکترونی بلورهای طبیعی با استفاده از معادله شرودینگر است. اما این یک تحلیل کامل نیست. مهم‌ترین اختلاف بین ساختارهای نوار الکترونی و فوتونی این است که الکترون‌ها جرم زیادی دارند در حالی که فوتون‌ها جرمی ندارند. بنابراین رابطه پاشندگی که رابطه بین بردار موج و فرکانس است در الکترون‌های بلور، سهموی است در حالی که در حالت فوتونی خطی است. تفاوت جزئی دیگری بین ساختارهای نوار الکترونی و فوتونی نیز وجود دارد. بردارهای انتقال برای بلور فوتونی بزرگتر از بردار انتقال سیستم‌های الکترونی است و فضای وارون فوتونیک، منطقه بریلوئن کوچکتری نسبت به الکترون دارد. الکترون‌ها اسپین $1/2$ دارند اما بعضاً این اسپین نادیده