

آشنائی با بلورہائے فوتونے یک بعدے

دکتر عبدالرسول قرائتی
(عضو ہیئت علمی دانشگاه پیام نور)
زینب زارع

سرشناسه	:	قرائتی جهرمی، عبدالرسول، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور	:	آشنایی با بلورهای فوتونی یک بعدی / عبدالرسول قرائتی، زینب زارع.
مشخصات نشر	:	شیراز: تخت جمشید، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	:	۵۱۰ ص.: جدول، نمودار.
شابک	:	978-600-283-110-1
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
موضوع	:	بلورهای فوتونی
شناسه افزوده	:	زارع، زینب، ۱۳۶۲ -
رده بندی کنگره	:	۱۳۹۳ ق/۴۱۵ QD۹۲۳
رده بندی دیویی	:	۵۴۸/۸۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۳۵۹۲۰۵۵



آشنایی با بلورهای فوتونی یک بعدی

مؤلفین: عبدالرسول قرائتی، زینب زارع ■ ناشر: تخت جمشید

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۳ ■ شابک: ۱-۱۱۰-۲۸۳-۶۰۰-۹۷۸ ■ شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

طراح جلد: نجمه عباسی ■ چاپ و صحافی: مهر

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان

کلیه حقوق برای نویسنده محفوظ است

مرکز نشر: شیراز، خیابان پیروزی، انتشارات تخت جمشید، تلفن: ۰۷۱۳۲۲۴۵۴۰۱

مرکز بخش: انتشارات فشقایی، تلفن: ۰۷۱۳۲۲۶۲۷۰

Web Site: www.parsnashr.ir

E-mail: nashershiraz@yahoo.com

فهرست مطالب

فصل ۱. بلورهای فوتونی

۲	مقدمه
۴	۳-۱ بلورهای فوتونی در طبیعت
۷	۳-۱ تاریخچه بلورهای فوتونی
۱۱	۴-۱ مفهوم نوار گاف فوتونی
۱۲	۱-۴-۱ بررسی گاف فوتونی به کمک تداخل امواج
۱۵	۵-۱ ساختارهای یک، دو و سه بعدی پایه
۱۸	۶-۱ کاربرد بلورهای فوتونی
۱۸	۱-۶-۱ بلورهای فوتونی به عنوان آینه‌های کم اتلاف
۲۱	۲-۶-۱ فیلترها
۲۳	۳-۶-۱ جفت کننده موجبری
۲۴	۴-۶-۱ خود موازی سازی
۲۶	۵-۶-۱ پدیده‌ی ابر منشوری

فصل ۲. خواص نوری چند لایه‌های تخت

۳۱	۱-۲ مقدمه
۳۳	۲-۲ اپتیک محیط لایه‌های دی‌الکتریک
۳۳	۱-۲-۲ نظریه‌ی ماتریسی اپتیک چندلایه
۳۴	۱-۲-۲-۱ ماتریس انتقال موج
۳۵	۲-۲-۲-۱ ماتریس پراکندگی برای تابش عمودی

- ۳۷..... ۲-۲-۱-۳ روابط بقا برای محیط بدون اتلاف
- ۴۰..... ۲-۲-۱-۴ سیستم‌های دوسویه بدون اتلاف
- ۴۰..... ۲-۲-۱-۵ تابش مایل در محیطهای لایه‌ای
- ۴۲..... ۲-۲-۱-۶ ماتریس انتقال یک تیغه
- ۴۵..... ۲-۲-۲ شبکه‌ی براگ
- ۴۵..... ۲-۲-۱-۱ فنوری ساده شده
- ۴۸..... ۲-۲-۲-۲ فنوری ماتریسی
- ۵۵..... ۲-۲-۳-۳ شبکه‌ی براگ دی‌الکتریک
- ۵۸..... ۲-۲-۴-۴ شبکه‌ی براگ در یک محیط ناهمسان
- ۶۲..... ۲-۲-۳ بازتابش از یک چندلایه‌ای محدود (آینه‌ی دی‌الکتریک)
- ۶۳..... ۲-۲-۴ بازتابش از چندلایه‌ای نیمه-بینهایت (آینه‌ی بلور فوتونی دی‌الکتریک)
- ۶۴..... ۲-۲-۵ هدایت درون یک چندلایه‌ای محدود (موجبر دی‌الکتریک تخت)
- ۶۵..... ۲-۲-۶ هدایت درون یک چندلایه‌ای متناوب بی‌نهایت
- ۶۶..... ۲-۲-۷ حالت‌های نقص در یک چندلایه‌ای متناوب دارای اختلال (موجبرهای بلور فوتونی تخت)
- ۶۸..... ۲-۲-۳ بلورهای فوتونی یک بعدی
- ۶۹..... ۲-۳-۱ مدهای بلاخ
- ۷۴..... ۲-۳-۲ اپتیک ماتریسی محیط‌های متناوب
- ۷۶..... ۲-۳-۳ مسئله‌ی ویژه مقداری و مدهای بلاخ
- ۷۷..... ۲-۳-۴ رابطه‌ی پاشندگی و ساختار نوار فوتونی

فصل ۳. تغییرات پهنای نوار گاف فوتونی

۱-۳	مقدمه	۸۰
۲-۳	محاسبه‌ی پهنای نوار گاف	۸۱
۳-۳	تغییرات پهنای نوار گاف نسبت به تغییرات ضریب شکست لایه‌ی دوم	۸۷
۱-۳-۳	تغییرات پهنای اولین نوار گاف	۸۷
۲-۳-۳	تغییرات پهنای دومین نوار گاف	۸۹
۴-۳	تغییرات پهنای نوار گاف نسبت به تغییرات ضخامت لایه‌ها	۹۰
۱-۴-۳	تغییرات پهنای اولین نوار گاف بهنجار شده نسبت به تغییرات ضخامت لایه‌ها	۹۱
۲-۴-۳	تغییرات پهنای دومین نوار گاف بهنجار شده نسبت به تغییرات ضخامت لایه‌ها	۹۴
۵-۳	تغییرات پهنای نوار گاف در تابش مایل TM	۹۶
۱-۵-۳	شرایط سیستم برای نرسیدن به زاویه‌ی بروستر	۹۷
۲-۵-۳	تغییرات پهنای نوار گاف نسبت به تغییرات ضریب شکست لایه دوم در زوایای مختلف	۱۰۰
۳-۵-۳	تغییرات پهنای نوار گاف نسبت به تغییرات ضخامت لایه دوم در زوایای مختلف	۱۰۲

فصل ۴. مدل سازی موجبرهای بلور فوتونی دو لایه‌ای تحت با خطوط

انتقال

۱-۴	مقدمه	۱۰۵
۲-۴	انتشار موج در یک خط انتقال	۱۰۶
۳-۴	خط انتقال بدون اتلاف قطع شده	۱۰۹
۴-۴	امپدانس در محیط‌های دیالکتریک	۱۱۲
۵-۴	بازتابش و شکست از ساختارهای متناوب نیمه نامحدود	۱۱۴

۱۱۶	۱-۵-۴ بازتابش از یک تیغه‌ی دی‌الکتریک
۱۱۸	۲-۵-۴ بازتابش از یک ساختار دی‌الکتریک متناوب نیمه بینهایت
۱۲۶	۶-۴ تحلیل موجبر بلور فوتونی تخت یک بعدی با پوشش دولایه‌ای متناوب نامحدود
۱۲۶	۱-۶-۴ معادلات مشخصه
۱۳۱	۲-۶-۴ تحلیل میدان‌ها
۱۳۲	۱-۲-۶-۴ مدهای TE
۱۳۶	۲-۲-۶-۴ شرایط مرزی
۱۳۸	۳-۲-۶-۴ مدهای TM
۱۴۱	۴-۲-۶-۴ جواب‌های میدان مربوط به اثر بلور فوتونی
۱۴۳	۳-۶-۴ امیدانس موج
۱۴۷	۴-۶-۴ ویژگی‌های انتشار در موجبرهای بلور فوتونی تخت
۱۴۹	۵-۶-۴ توزیع‌های میدان

فصل ۵. مدل سازی موجبرهای بلور فوتونی سه لایه‌ای تخت با خطوط

انتقال

۱۵۶	۱-۵ مقدمه
۱۵۷	۲-۵ بازتابش از یک ساختار دی‌الکتریک متناوب نیمه بینهایت
۱۷۰	۳-۵ تحلیل موجبر بلور فوتونی تخت یک بعدی با پوشش سه لایه‌ای متناوب نامحدود
۱۷۲	۱-۳-۵ تحلیل میدان‌ها
۱۷۳	۱-۱-۳-۵ مدهای TE

۱۷۶	 ۲-۱-۳-۵ شرایط مرزی
۱۸۱	 ۳-۱-۳-۵ مدهای TM
۱۸۷	 ۲-۳-۵ نتایج عددی
۱۸۷	 ۱-۲-۳-۵ امپدانس موج
۱۹۰	 ۲-۲-۳-۵ ویژگی‌های انتشار
۱۹۴	 ۳-۲-۳-۵ توزیع‌های میدان

فصل ۶. مواد چپگرد

۲۰۰	 ۱-۶ مقدمه
۲۰۱	 ۲-۶ تاریخچه مختصری از مواد چپگرد و شکست منفی
۲۰۲	 ۳-۶ تقسیم‌بندی مواد براساس علامتهای ۸ و ۱۱
۲۰۳	 ۱-۳-۶ مواد با گذردهی الکتریکی منفی
۲۰۳	 فلزات و پلاسماها در فرکانس اپتیکی
۲۰۷	 شبکه سیمی در فرکانس‌های پایین
۲۱۲	 ۲-۳-۶ با تراوایی مغناطیسی منفی
۲۱۲	 مشددهای حلقه-شکاف
۲۱۴	 ۴-۶ ساختارهایی با ضریب شکست منفی
۲۱۵	 ۵-۶ انتشار موج در محیط‌های چپگرد
۲۱۸	 ۶-۶ سرعت گروه و سرعت فاز
۲۲۱	 ۷-۶ پدیده‌های اپتیکی پایه در مواد چپگرد
۲۲۱	 ۱-۷-۶ قانون اسنل در محیط‌های چپگرد

۲۲۲	۲-۷-۶ اثر دوپلر معکوس
۲۲۴	۳-۷-۶ جابه‌جایی گوس‌هشن منفی
۲۲۵	۴-۷-۶ معکوس همگرایی و واگرایی در عدسی‌های محدب و مقعر
۲۲۶	۸-۶ کاربرد مواد چپگرد و فرامواد
۲۲۶	۱-۸-۶ عدسی کامل
۲۲۹	تیغه با ضرب شکست منفی به عنوان عدسی کامل

فصل ۷. بررسی انعکاس حاصل از بلور فوتونی یک بعدی سه لایه‌ای با لایه چپگرد

۲۳۳	۱-۷ محاسبه ماتریس انتقال موج
۲۴۳	۲-۷ محاسبه رابطه پاشندگی در بلورهای فوتونی سه لایه‌ای
۲۴۷	۳-۷ بلور فوتونی سه لایه‌ای با لایه چپگرد به عنوان بازتابنده تمام جهتی
۲۴۷	۱-۳-۷ بازتابنده تمام جهتی
۲۵۲	۱-۳-۷-۱ انعکاس تمام جهتی ساختار
۲۵۶	۲-۱-۳-۷ محاسبه فرکانس لیه‌های نوار گاف

فصل ۸. بلورهای فوتونی دو لایه‌ای با نقص

۲۶۴	۱-۸ مقدمه
۲۶۴	۲-۸ روش ماتریس انتقال برای بلور فوتونی یک بعدی دولایه‌ای
۲۶۷	۱-۲-۸ ساختار پشته‌ای موج یک چهارم
۲۶۸	۳-۸ آشکارسازی مدهای عبوری در بلورهای فوتونی با نقص
۲۷۰	۱-۳-۸ نتایج عددی و بحث

- ۸-۴-۲ تاثیر تغییر ضریب شکست لایه نقص بر مدهای نقص ۲۷۷
- ۸-۴-۳ تاثیر تغییر لایه‌های تناوب بر مد نقص ۲۷۷
- ۸-۴-۴ تاثیر تغییر ضخامت لایه نقص بر مدهای نقص ۲۷۸
- ۸-۵ ماتریس انتقال برای بلور فوتونی یک بعدی دو لایه‌ای نامتقارن با نقص ۲۸۱
- ۸-۵-۱ بررسی مدهای نقص با تغییر زاویه تابش برای قطبش TE ۲۸۳
- ۸-۵-۲ تاثیر تغییر ضریب شکست لایه نقص بر مدهای نقص ۲۸۶
- ۸-۵-۳ تاثیر تغییر لایه‌های تناوب بر مد نقص ۲۸۷
- ۸-۵-۴ تاثیر تغییر ضخامت لایه نقص بر مدهای نقص ۲۸۸

فصل ۹. بلورهای فوتونی سه لایه‌ای با لایه نقص

- ۹-۳-۱ نتایج عددی و بحث ۳۰۱
- ۹-۳-۲ بررسی مدهای نقص با تغییرات زاویه تابش برای قطبش TE ۳۰۲
- ۹-۳-۴ تاثیر تغییر ضریب شکست لایه نقص بر مدهای نقص ۳۰۹
- ۹-۳-۵ تغییرات پهنای طول موج نقص بر حسب تعداد لایه‌ها ۳۱۰
- ۹-۳-۶ تاثیر تغییرات ضخامت لایه نقص بر مدهای نقص ۳۱۲
- ۹-۳-۷ جابه‌جایی لایه نقص در بلور فوتونی سه لایه‌ای متقارن با نقص ۳۱۴
- ۹-۴ ماتریس انتقال بلور فوتونی یک بعدی سه لایه‌ای نامتقارن با نقص ۳۱۷
- ۹-۴-۱ نتایج عددی و بحث ۳۱۹
- ۹-۴-۳ بررسی مدهای نقص با تغییرات زاویه تابش برای قطبش TM ۳۲۱
- ۹-۴-۴ تاثیر تغییرات ضریب شکست لایه نقص بر مد نقص ۳۲۴
- ۹-۴-۵ تغییرات پهنای طول موج نقص بر حسب تعداد لایه‌ها ۳۲۵

- ۳۲۶ ۹-۴-۶ تاثیر تغییرات ضخامت لایه نقص بر مد نقص
- ۳۳۱ ۹-۵-۵ مقایسه بلور فوتونی دو لایه‌ای و سه لایه‌ای نامتقارن با نقص
- ۳۳۲ ۹-۵-۱ تغییرات زاویه فرودی
- ۳۳۶ ۹-۵-۲ تغییرات ضریب شکست لایه نقص
- ۳۴۰ ۹-۵-۳ تغییرات ضخامت لایه نقص
- ۳۴۵ ۹-۶-۶ مقایسه بلور فوتونی دو لایه‌ای و سه لایه‌ای متقارن با نقص
- ۳۴۶ ۹-۶-۱ تغییرات زاویه فرودی در قطبش TE
- ۳۵۰ ۹-۶-۲ تغییرات ضریب شکست لایه نقص
- ۳۵۴ ۹-۶-۳ تغییرات ضخامت لایه نقص

فصل ۱۰. مدل درود و محاسبه بازتاب در بلورهای فوتونی شامل فلزات

- ۳۶۱ ۱۰-۱-۱ خواص اپتیکی فلزات
- ۳۶۴ ۱۰-۲-۱ مدل درود
- ۳۶۷ ۱۰-۳-۱ مدل درود در فلزات
- ۳۶۸ ۱۰-۴-۱ محاسبه بازتاب حاصل از یک بلور فوتونی یک بعدی با لایه فلزی

فصل ۱۱. بررسی خواص مدهای نقص بلور فوتونی دو لایه‌ای دی‌الکتریک

فلز در یک بعد

- ۳۷۷ ۱۱-۱-۱ محاسبه بازتاب در بلور فوتونی دو لایه دی‌الکتریک-فلز شامل نقص
- ۳۷۹ ۱۱-۲-۱ مدهای نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن
- ۳۷۹ ۱۱-۲-۲ مدهای نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن با لایه نقص از جنس دی‌الکتریک در تابش عمود
- ۳۸۵ ۱۱-۲-۲ مد نقص بلور فوتونی دی‌الکتریک-فلز دو لایه متقارن در موج TE

۳۸۸	۳-۲-۱۱	مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه متقارن در موج TM
۳۹۰	۴-۲-۱۱	تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه
۳۹۱	۵-۲-۱۱	تاثیر فلزات مختلف بر مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه متقارن
۳۹۳	۳-۱۱	مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دولایه نامتقارن با لایه نقص دی الکتریکی
	۱-۳-۱۱	مد نقص در بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن با لایه نقص دی الکتریک در تابش عمود
۳۹۴		
۴۰۰	۲-۳-۱۱	مد نقص در بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن در موج TE
	۳-۳-۱۱	مد نقص در بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن با لایه نقص دی الکتریک در موج TM
۴۰۲		
	۴-۳-۱۱	تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن
۴۰۴		
	۵-۳-۱۱	تاثیر فلزات مختلف بر مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز دو لایه نامتقارن
۴۰۶		
۴۰۹	۱-۱۲	مقدمه
	۲-۱۲	مدهای نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه متقارن
۴۱۰		
	۱-۲-۱۲	مدهای نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص از جنس دی الکتریک در تابش عمود
۴۱۰		
	۲-۲-۱۲	مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه متقارن در موج TE
۴۱۶		
	۳-۲-۱۲	بررسی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه متقارن در موج TM
۴۱۸		
	۴-۲-۱۲	تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه
۴۲۱		
	۵-۲-۱۲	فلزات مختلف روی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه متقارن
۴۲۳		
	۶-۲-۱۲	بررسی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص فلزی
۴۲۴		

۱۲-۲-۷ بررسی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه متقارن با لایه نقص فلزی در موج

TE ۴۶۵

۱۲-۲-۹ بررسی تغییر مکان لایه نقص روی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک - فلز با لایه نقص

فلزی سه لایه ۴۳۰

۱۲-۳-۱ بررسی مد نقص در بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص

دی الکتریک در تابش عمود ۴۳۵

۱۲-۳-۲ مد نقص در بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی الکتریک در

موج TE ۴۴۱

۱۲-۳-۳ مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی الکتریک در

موج TM ۴۴۳

۱۲-۳-۴ تغییر مکان لایه نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن ۴۴۵

۱۲-۳-۵ بررسی فلزات مختلف روی مد نقص بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه ۴۴۸

۱۲-۳-۶ بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص فلزی ۴۴۹

۱۲-۳-۷ خواص مد نقص در بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص فلزی در

موج TE ۴۵۱

۱۲-۳-۸ مد نقص در بلور فوتونی دی الکتریک-فلز سه لایه نامتقارن با لایه نقص دی الکتریک در

موج TM ۴۵۴

فهرست منابع ۴۵۸