

ناصر پیغمبران، استفان کوچ و آندره میزیروویچ

مقدمه ای بر نورشناخت نیم رسانا

ترجمه

دکتر حمید رضا مهاجری مقدم

دانشیار گروه فیزیک دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر حبیب تجلی

استاد دانشکده فیزیک دانشگاه تبریز

پیغمبریان، ناصر، ۱۳۳۳ -

مقدمه‌ای بر نور شناخت نیم‌رسانا / ناصر پیغمبریان، استفان کوچ، آندره میزیروویچ؛ ترجمه حمیدرضا مهاجری مقدم، حبیب تجلی. - مشهد: به‌نشر (انتشارات آستان قدس رضوی)، ۱۳۷۹
۵۸۶ ص: مصور، جدول، نمودار. - (انتشارات آستان قدس رضوی، به‌نشر: ۱۳۳۱).

ISBN: 978 - 964 - 02 - 1892 - 1

شابک: ۱ - ۱۸۹۲ - ۰۲ - ۹۶۴ - ۹۷۸

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.

Introduction to semiconductor optics.

عنوان اصلی:

کتابنامه.

انیمه هادیا - خواص نوری. الف. کوچ، استفان Koch, Stephan ب. میزیروویچ،
آندره Myszyrowicz, Andre / ج. مهاجری مقدم، حمیدرضا، ۱۳۳۳ - ، مترجم. د. تجلی،
حبیب، ۱۳۳۱ - ، مترجم. ه. به‌نشر (انتشارات آستان قدس رضوی). و. عنوان.
ز. عنوان: مقدمه‌ای بر اپتیک نیم‌رسانا.

۶۲۱ / ۳۸۱۵۵۲

QC ۶۱۱ / ۴ / ۹

۱۳۷۹

م ۷۹ - ۱۲۴۲

کتابخانه ملی ایران



تألیفات

۳۲۱

مقدمه‌ای بر نور شناخت نیم رسانا

ناصر پیغمبریان، استفان کوچ و آندره میزیروویچ

ترجمه دکتر حمیدرضا مهاجری مقدم، دکتر حبیب تجلی

ویراسته دکتر نادر رابط، علی سالیانی

چاپ اول / ۱۳۹۱

۱۰۰۰ نسخه / وزیری

چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی

شابک: ۱ - ۱۸۹۲ - ۰۲ - ۹۶۴ - ۹۷۸

حق چاپ محفوظ است

به‌نشر (انتشارات آستان قدس رضوی)

آدرس دفتر مرکزی: مشهد، بلوار سجاد، خیابان میلاد، ص. پ. ۳۷۵/۴۹۶۹، تلفن ۰۳-۷۶۲۵۰۱۳، نمابر ۷۶۵۲۰۰۶

دفتر تهران: ۸۸۹۶۰۶۲۰، ۸۸۹۶۲۳۰۱، نمابر ۸۸۹۶۵۹۸۲

آدرس اینترنتی: www.behnashr.com پست الکترونیک: publishing@behnashr.com

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

فصل سوم: مفاهیم اساسی پاسخ نوری	۷۳	فصل اول: مقدمه	۱۱
۱-۲ شبکه های مستقیم و معکوس	۲۲	فصل دوم: مفاهیم اساسی در بلورها	۲۲
۲-۲ صفحات و جهات بلوری	۲۸	۲-۳ مدل نوسانگر	۷۴
۳-۲ تقارنهای بلوری	۳۰	۳-۳ تبدیلهای کرامرز-کرونیگ	۷۹
۴-۲ نوارهای انرژی و توابع موج بلوخ	۳۹	۴-۳ روشهای تجربی در به دست آوردن ثابتهای نوری	۸۶
۵-۲ مدل پیوند فشرده برای نوارهای انرژی	۴۴	۵-۳ نوسانهای پلاسما و پلاسمونها	۸۸
۶-۲ جرم مؤثر	۵۲	۶-۳ پلاسمونهای سطحی	۹۳
۷-۲ طبقه بندی مواد جامد	۵۵	۷-۳ تحریک نوری پلاسمونهای سطحی	۹۷
۸-۲ احتمال اشغال و چگالی حالتها	۵۷	۸-۳ مسائل	۱۰۵
۹-۲ الکترونها و حفره ها	۶۶	۹-۳ مراجع	۱۰۸
۱۰-۲ مسائل	۷۰	فصل چهارم: خواص نوری فونونها	۱۰۹
۱۱-۲ مراجع	۷۱	۱-۴ فونهای نوری و صوتی	۱۱۰
			۱۱۱

۲۱۴	۶-۶ مسائل	۱۲۱	۲-۴ تحریک نوری فونونها
۲۱۵	۶-۷ مراجع	۱۲۹	۳-۴ پلاریتوهای فونونی
	فصل هفتم: خواص نوری چند نیم‌رسانای حجیم مهم	۱۳۲	۴-۴ پراکندگی نور
۲۱۶		۱۳۹	۵-۴ طیف سنجی هم‌دوس رامان
		۱۴۲	۶-۴ مسائل
		۱۴۳	۷-۴ مراجع
۲۱۶	۱-۷ گالیم-آرسناید (GaAs)		فصل پنجم: خواص نوری خطی
۲۲۳	۲-۷ اکسید مس (Cu_2O)		نیم‌رساناها: زوج‌های الکترون-حفره آزاد
۲۲۷	۳-۷ کلرور مس (CuCl)		
۲۳۰	۴-۷ کادمیم سولفاید- CdS	۱۴۵	
۲۳۱	۵-۷ سیلیسیم (Si) و ژرمانیم (Ge)		۱-۵ نیم‌رساناها با گاف انرژی مستقیم و غیرمستقیم
۲۳۷	۶-۷ مراجع	۱۴۶	
	فصل هشتم: نیم‌رساناهای شبه دویعدی: چاههای کوانتومی و آب‌ر شبکه‌ها	۱۵۱	۲-۵ جذب زوج الکترون-حفره آزاد
۲۳۹		۱۶۳	۳-۵ گذارهای مستقیم
		۱۶۷	۴-۵ گذارهای غیرمستقیم
		۱۷۲	۵-۵ وابستگی گاف انرژی به فشار و دما
	۱-۸ حالت‌های الکترونی برای سدهای بتانسیل ناستاهی	۱۷۴	۶-۵ مسائل
۲۴۲		۱۷۶	۷-۵ مراجع
	۲-۸ حالت‌های الکترونی برای سدهای بتانسیل متاهی		فصل ششم: خواص نوری خطی
۲۵۱			نیم‌رساناها: اکسیتونها
۲۵۹	۳-۸ چگالی حالت‌ها در دو بعد	۱۷۷	
۲۶۵	۴-۸ اکسیتونها در دو بعد		۱-۶ معادله وانیر
۲۶۹	۵-۸ جذب نوری در دو بعد	۱۷۸	
	۶-۸ چاههای کوانتومی چندگانه- GaAs	۱۸۶	۲-۶ جذب اکسیتون
۲۷۴	AlGaAs	۲۰۰	۳-۶ لومینسانس اکسیتون
	۷-۸ ناهمسانگردی در جذب چاههای کوانتومی چندگانه GaAs (MQWs)	۲۰۷	۴-۶ اکسیتونهای مقید
۲۸۱		۲۱۱	۵-۶ پلاریتوهای اکسیتونی

۳۲۴	۱۰-۲ اثر استارک مستقیم (DC)	۲۸۳	۸-۸ چاههای کوانتومی نوع I و نوع II
	۱۰-۳ اثرهای میدان الکتریکی در دو بعد:		۸-۹ ابر شبکه های نیم رسانا و نوارهای
	اثرهای محصور کوانتومی فرانز-کلدیش و	۲۸۵	کوچک
۳۳۰	محصور کوانتومی استارک		۸-۱۰ ابر شبکه های نیم رسانا با ناخالصی
۳۳۵	۱۰-۴ مسأله	۲۹۰	(ساختمان (n-i-p-i))
۳۳۶	۱۰-۵ مراجع	۲۹۲	۸-۱۱ مسائل
	فصل یازدهم: طیف سنجی جذب دو	۲۹۳	۸-۱۲ مراجع
۳۳۷	فوتونی		فصل نهم: نیم رساناهای شبه یک بعدی
	۱۱-۱ قواعد انتخاب در طیف بینی دو		و صفر بعدی: سیمهای کوانتومی و نقاط
	فوتونی	۲۹۵	(خالهای) کوانتومی
۳۳۷	۱۱-۲ مثالهایی از طیفهای جذب دو فوتونی		۹-۱ چگالی حالتها در نیم رساناهای یک
۳۴۶	در نیم رساناهای حجیم یا کپه ای	۲۹۶	بعدی
۳۴۸	۱۱-۳ ساختارهای چاه کوانتومی		۹-۲ جذب اپتیکی (نوری) در سیمهای
۳۵۳	۱۱-۴ نقاط کوانتومی	۲۹۹	کوانتومی
۳۵۶	۱۱-۵ مسائل		۹-۳ چگالی حالتها در نیم رساناهای صفر
۳۵۷	۱۱-۶ مراجع	۳۰۵	بعدی (با بعد تقریباً صفر)
	فصل دوازدهم: دو اکسیدها، مایع	۳۰۷	۹-۴ جذب نوری در نقاط کوانتومی
۳۵۸	الکترون - حفره و پلاسما	۳۱۲	۹-۵ نقاط کوانتومی نیم رسانا در شیشه
	۱۲-۱ دو اکسیدها یا ملکولهای اکسیدونی	۳۱۷	۹-۶ مسأله
۳۶۱	۱۲-۲ جذب دو فوتونی دو اکسیدون	۳۱۷	۹-۷ مراجع
۳۶۳	۱۲-۳ لیانی (لومینسانس) دو اکسیدون		فصل دهم: خواص نوری - الکتریکی
۳۶۶	۱۲-۴ بهره و لیزر زایی دو اکسیدون	۳۱۸	نیم رساناها
	۱۲-۵ چگالش بوز - اینشتین در دو		۱۰-۱ اثر فرانز - کلدیش (Franz)
۳۶۸	اکسیدونها	۳۱۹	(Keldysh)

۴۲۹	فصل چهاردهم: روشهای اندازه‌گیری غیرخطیهای اپتیکی (نوری)	۳۷۳	۶-۱۲ مایع الکترون - حفره
۴۲۹	۱-۱۴ طیف سنجی دمشی - کاوشی	۳۸۰	۷-۱۲ لیانی (لومینسانس) مایع الکترون - حفره
۴۳۳	۲-۱۴ یک مثال از خواص غیرخطیهای نیم‌رسانای کپه‌ای	۳۸۲	۸-۱۲ ترمودینامیک مایع الکترون - حفره
۴۳۴	۳-۱۴ یک مثال از خواص غیرخطیهای چاه کوانتومی	۳۸۳	۹-۱۲ پلاسمای الکترون - حفره
۴۳۵	۴-۱۴ یک مثال از خواص غیرخطیهای نقاط کوانتومی	۳۸۷	۱۰-۱۲ مسائل
۴۳۸	۵-۱۴ یک مثال از خواص غیرخطیهای گذرا	۳۸۸	۱۱-۱۲ مراجع
۴۴۰	۶-۱۴ تداخل سنجی غیرخطی		فصل سیزدهم: غیرخطیهای (نوری) نیم‌رساناها
۴۴۲	۷-۱۴ روش واپیچش باریکه	۳۹۰	
۴۴۶	۸-۱۴ آمیزش چهار موج	۳۹۱	۱-۱۳ طبقه‌بندی غیرخطیهای نوری
۴۵۶	۹-۱۴ ترویج فاز نوری	۳۹۳	۲-۱۳ اثر پرده پلاسما
۴۶۲	۱۰-۱۲ مسائل	۴۰۱	۳-۱۳ یونش اکستیتون
۴۶۲	۱۱-۱۴ مراجع	۴۰۶	۴-۱۳ پر کردن نوارهای انرژی
		۴۰۹	۵-۱۳ باز بهنجارش گاف نوار
		۴۱۲	۶-۱۳ غیرخطیهای گرمایی
			۷-۱۳ نظریه غیرخطیها: معادلات بلوخ نیم‌رسانا
۴۶۵	فصل پانزدهم: طیف سنجی فمتوثانیه	۴۱۵	
۴۶۵	۱-۱۵ تولید تپهای فمتوثانیه‌ای		۸-۱۳ غیرخطیهای اپتیکی در چاههای کوانتومی و نقاط کوانتومی
۴۷۰	۲-۱۵ اندازه‌گیری طول دوام تپ	۴۱۸	
۴۷۴	۳-۱۵ طیف سنجی دمشی - کاوشی فمتو ثانیه‌ای		۹-۱۳ غیرخطیهای گذرا، اثراتشارک اپتیکی
۴۷۷	۴-۱۵ معادلات بلوخ نیم‌رسانا	۴۱۹	
	۵-۱۵ سوراخ سوزی طیفی و رنگ باختگی اکستیتون	۴۲۲	۱۰-۱۳ صورت بندی ۳۰
۴۷۹			۱۱-۱۳ غیرخطی شدگی جذب دو فوتون برای حد اپتیکی
		۴۲۴	۱۲-۱۳ مسائل
		۴۲۷	۱۳-۱۳ مراجع

۱۵-۶ اثر استارک اپتیکی	۴۸۳	۱۷-۲ پتانسیل شیمیایی برای نیم رساناهای	۴۸۳
۱۵-۷ نوسانهای همدوس	۴۸۵	آلایش یافته	۵۲۶
۱۵-۸ پژواک فوتون	۴۸۹	۱۷-۳ اتصالهای p-n و پیشقدردهی	۵۳۰
۱۵-۹ مسائل	۴۹۱	۱۷-۴ لیزر نیم رسانا	۵۳۴
۱۵-۱۰ مراجع	۴۹۲	۱۷-۵ معادله های آهنگ	۵۳۹
فصل شانزدهم: ابزار غیر خطی		۱۷-۶ مسائل	۵۴۴
تمام اپتیکی	۴۹۳	۱۷-۷ مراجع	۵۴۴
۱۶-۱ دو پایداری اپتیکی	۴۹۳	فصل هجدهم: وسایل اپتوالکترونیک	۵۴۶
۱۶-۲ دریچه های منطق اپتیکی غیر خطی	۵۰۱	۱۸-۱ وسایل الکترو-اپتیک خودکار	
۱۶-۳ بهره و زنجیرگی در سنجه های		دو پایایی	۵۴۶
غیر خطی	۵۰۴	۱۸-۲ مدوله سازهای چاه کوانتومی	۵۴۹
۱۶-۴ مدوله سازهای فابری-پرو		۱۸-۳ آشکارسازها	۵۵۳
نامتقارن	۵۰۹	۱۸-۴ آشکارسازهای تونل زنی جذبی بین-	
۱۶-۵ وسایل موجبر تمام نوری	۵۱۲	زیر نوری	۵۶۰
۱۶-۶ تأثیرهای متقابل در وسیله های کاملاً		۱۸-۵ تکثیر کننده های فوتونی فرا شبکه ای	۵۶۲
نوری	۵۱۷	۱۸-۶ مسائل	۵۶۶
۱۶-۷ مسائل	۵۱۹	۱۸-۷ مراجع	۵۶۸
۱۶-۸ مراجع	۵۱۹	ضمیمه تبدیل واحدها	
فصل هفدهم: لیزر نیم رسانا	۵۲۱	مجموعه و جدول علامتها	
		فهرست	
۱۷-۱ آلایش	۵۲۲		

پیش‌گفتار

کتاب حاضر کتابی در سطح مقدماتی در زمینه سریعاً متحول الکترونیک نورشناختی حالت جامد است. مراد از تدوین این کتاب فراهم آوردن یک متن مرجع برای تدریس جلوه‌های گوناگون پدیده‌های نورشناختی و الکترونیک نورشناختی و وسایل وابسته با آنها - هم به دانشجویان کارشناسی و هم به دانشجویان دوره کارشناسی ارشد - است. سعی بر این بوده است که ضمن ارائه بنیادی‌ترین اصول، از توصیف برترین کاربردها نیز کوتاهی نشود. به این خاطر، در نظر گرفته‌ایم که این کتاب نه تنها برای فیزیک‌ورزان، بلکه برای مهندسان برق و رایانه و استادان علوم مواد شناختی و نورشناختی نیز مفید واقع شود. با وجود این که بخش اعظم کتاب وقف خواص نور - الکترونیکی نیم‌رساناها شده، خواص فلزات و نارساها هم ناگفته نمانده است.

بعضی از فصلهای مقدماتی کتاب و پدیده‌های اساسی نورشناخت جامدها را مورد بحث قرار می‌دهند. فصلهای پیشرفته‌تر، جدیدترین پیشرفت‌ها در این زمینه را در کانون توجه خود قرار داده‌اند و از این رهگذر برای کسانی که قصد ورود به این مبحث را دارند، می‌توانند سودمند باشند. تمام کتاب را می‌توان در طول دو نیمسال تحصیلی، تدریس کرد؛ اما برای دوره‌های یک ترمی توصیه می‌کنیم که بخشهایی از فصلهای یک تا چهار، هشت، ده، سیزده، چهارده و شانزده تا هجده تدریس شوند.

به خاطر تدریس موشکافانه و انتقادآمیز چاپهای قبلی این کتاب از سوی جی. کوجویان^۱، ج. مدل^۲، د. فرئولیش^۳، ج. پ. فوئینگ^۴، جی. پایه^۵، ام. جکسن^۶؛ از نامبردگان و از دانشجویان کلاس «آشنایی با نورشناخت حالت جامد» در مرکز علوم نورشناختی دانشگاه آریزونا؛ از ج. سوکولف^۷ به خاطر نوشتن بخش مربوط به مبحث «گروه نقطه‌ای پراکندگی رامان» در فصل چهار؛ و از گیس^۸ و اچ. هاوگ^۹ به خاطر تشویقها و راهنماییشان صمیمانه سپاسگزاریم.

از لیندا شادلر^{۱۰} به خاطر شکیبایی اش در آماده ساختن این کتاب و توانایی وی در رعایت تجدید نظرها و تغییرات متعدد مان تشکرها را فراموش و ویژه به جای می‌آوریم. مساعدتهای وی در اتمام این برنامه بسیار ارجمند بود؛ از جی. ابوت^{۱۱} نیز به خاطر اتمام کارهای هنری تشکر می‌کنیم. دست‌نویست دوربین - آماده، با استفاده از واژه پردازنده فنی سیستمهای اسکرویل پی. اس. تی. ام^{۱۲} تولید شده است.

از حمایتهای مالی تحقیقات که از طرف بنیاد دانش ملی - قسمت فن‌آوری امواج نور و الکترونیک، کوانتومی امواج و باریکه‌ها - اداره پژوهشی ارتش، اداره پژوهش علمی نیروی هوایی، آزمایشگاه‌های رم، تدبیرهای دفاعی سوق الجیشی، تعاونی مدارهای اپتیکی دانشگاه آریزونا، ناتو و ندو (ژاپن) به عمل آمده‌اند، بسیار قدر دانیم. بدون یاری و مساعدت این سازمانها، اتمام و تکمیل این اثر مقدور نمی‌بود.

1- G. Kojoian.

2- G. Model.

3- D. Frohlich.

4- J. P. Foing.

5- J. Paye.

6- M. Jackson.

7- J. Sokoloff.

8- H. M. Gibbs.

9- H. Haug.

10- Linda Schadler.

11- J. Abbott.

12- Scroll Systems P. S. T. M. Technical Word Processor.