



۳۷۷

انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان

روشن‌های طیف‌سنجی و بررسی خواص نوری نانومواد

مهدی رنجبر

محمدعلی طاهر

مسعود صلواتی نیاسری

سرشناسه: رنجبر، مهدی، ۱۳۶۷ -

عنوان و نام پدیدآور: روش‌های طیف‌سنجی و بررسی خواص نوری نانو مواد/ مهدی رنجبر،

مسعود صلواتی‌نیاسری، محمدعلی طاهر.

مشخصات نشر: کرمان: دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ۳۲۸ص: مصور، جدول، نمودار.

فروست: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان؛ ۳۷۷.

شابک: 978-600-201-053-7

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: مواد نانوساختار -- طیف‌ها

موضوع: مواد نانوساختار -- خواص نوری

شناسه افزوده: طاهر، محمدعلی

شناسه افزوده: صلواتی‌نیاسری، مسعود، ۱۳۴۸ -

شناسه افزوده: دانشگاه شهید باهنر کرمان

رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ن ۹۴۱۸/۹۴ TA۹

رده بندی دیویی: ۶۲۰/۱۱۲۹۵

شماره کتابشناسی ملی: ۳۶۲۳۹۶۵

روش‌های طیف‌سنجی و بررسی خواص نوری نانو مواد

مولفان: مهدی رنجبر، مسعود صلواتی‌نیاسری، محمدعلی طاهر

ناشر: انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۳

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

طراح جلد: زهرا آقاعباسی

لیتوگرافی و چاپ: چاپخانه کرمان ترسیم

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۲۰۱-۰۵۳-۷

ISBN: 978-600-201-053-7

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید باهنر کرمان محفوظ است.

فهرست مطالب

۱۱	پیشگفتار
۱۴	فصل اول: مقدمه‌ای بر خواص نوری و طیف‌سنجی
۱۵	۱-۱. مقدمه: علم نانو و نانوفناوری
۱۷	۲-۱. نانو مواد و کاربرد خواص نوری و طیف‌سنجی
۲۴	۳-۱. منابع
۲۶	فصل دوم: روش‌های طیف‌سنجی برای مطالعه‌ی ویژگی‌های نوری نانومواد
۲۷	۱-۲. مقدمه
۲۸	۲-۲. طیف‌سنجی جذب الکترونی (UV-Vis)
۲۸	۱-۲-۱. اصل عملکرد: قانون بیر
۳۱	۲-۲-۲. دستگاهوری
۳۲	۳-۲-۲. تفسیر طیف‌های جذبی ماوراء بنفش-مرئی
۳۵	۳-۲. طیف‌سنجی فتولومینسانس (PL)
۳۶	۱-۳-۲. اصل عملکرد طیف‌سنجی فتولومینسانس
۳۷	۲-۳-۲. دستگاهوری: اسپکتروفلورومتر
۳۸	۳-۳-۲. تفسیر طیف‌های فتولومینسانس
۴۲	۴-۲. طیف‌سنجی الکترو لومینسانس (EL)
۴۴	۵-۲. طیف‌سنجی مادون قرمز (IR)
۴۵	۱-۵-۲. فرآیند جذب مادون قرمز
۴۷	۲-۵-۲. دستگاهوری طیف‌سنجی مادون قرمز
۴۸	۳-۵-۲. تهیه‌ی نمونه برای طیف‌سنجی مادون قرمز
۵۵	۶-۲. طیف‌سنجی ارتعاشی رامان
۶۴	۷-۲. طیف‌سنجی نانوذرات و مولکول‌های منفرد
۶۵	۸-۲. پراکندگی دینامیکی نور (وابسته به نیروی محرکه)
۷۰	۹-۲. منابع

فصل سوم: میکروسکوپ‌های روبشی، الکترونی و طیف‌سنجی اشعه‌ی X	۷۶
۱-۳. مقدمه	۷۷
۲-۳. طبقه‌بندی روش‌های تعیین مشخصات مواد بر اساس نحوه عملکرد	۷۹
۱-۲-۳. روش‌های میکروسکوپی	۷۹
۱-۱-۲-۳. تکنیک میکروسکوپی روبشی (SPM)	۷۹
۲-۱-۲-۳. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)	۸۰
۳-۱-۲-۳. میکروسکوپ روبشی تونلی (STM)	۸۵
۲-۲-۳. میکروسکوپ‌های الکترونی	۹۰
۱-۲-۲-۳. میکروسکوپ الکترونی روبشی	۹۰
۲-۲-۲-۳. میکروسکوپ الکترونی عبوری	۹۹
۳-۲-۲-۳. میکروسکوپ الکترون محیطی	۱۰۵
۳-۲. اشعه‌ی X و تکنیک‌های وابسته به آن	۱۰۸
۱-۳-۳. طیف‌سنجی پراش اشعه‌ی X (XRD)	۱۰۹
۲-۳-۳. طیف‌سنجی فوتوالکترون اشعه‌ی X (XPS)	۱۱۸
۳-۳-۳. ماهواره‌های Shake-up	۱۲۴
۴-۳-۳. آنالیزعنصری EDX	۱۳۰
۵-۳-۳. طیف‌سنجی جذب اشعه‌ی X ساختار ظریف (XAFS) و (SAXS)	۱۳۷
۶-۳-۳. طیف‌سنجی الکترون اوزه	۱۴۱
۴-۳. منابع	۱۴۴
فصل چهارم: روش‌های دیگر در بررسی خواص نوری و اسپکتروسکوپی نانومواد	۱۴۸
۱-۴. مقدمه	۱۴۹
۲-۴. الکتروشیمی و فوتوالکتروشیمی	۱۵۰
۳-۴. رزونانس مغناطیس هسته (NMR)	۱۵۰
۴-۴. رزونانس اسپین الکترون (ESR)	۱۵۳
۵-۴. طیف‌سنجی نوری غیرخطی: تولید و تبدیل نوسانگر هماهنگ	۱۵۷
۱-۵-۴. روش‌های SHG و SFG	۱۵۷
۲-۵-۴. تبدیل لومینسانس (LUC)	۱۵۹
۶-۴. مغناطیس پذیری نانو مواد	۱۶۱
۷-۴. طیف‌سنجی موزبائر نانو ساختارهای Lamno3	۱۶۹
۸-۴. منابع	۱۷۶

فصل پنجم: خواص نوری نانو مواد نیمه رسانا	۱۸۰
۱-۵. مقدمه	۱۸۱
۲-۵. مفاهیم بنیادی نانو مواد نیمه رسانا	۱۸۱
۱-۲-۵. ساختار کریستالی فوتون‌ها	۱۸۲
۲-۲-۵. ساختار الکترونی نانومواد	۱۸۶
۳-۲-۵. برهم کنش الکترون - فوتون‌ها	۱۸۶
۳-۵. خواص نوری نانومواد نیمه رسانا	۱۸۸
۱-۳-۵. جذب: انتقال نوار شکاف مستقیم و غیر مستقیم	۱۸۸
۲-۳-۵. لومینسانس و پراکندگی رامان	۱۹۴
۳-۳-۵. لومینسانس شیمیایی و الکترو لومینسانس	۱۹۸
۴-۵. خواص نوری نانو ساختارهای تجمع یافته	۱۹۹
۵-۵. وابستگی خواص نوری نانوذرات به شکل و اندازه	۲۰۳
۶-۵. نیمه رسانای ناخالص شده	۲۰۴
۷-۵. خواص نوری غیر خطی	۲۰۷
۱-۷-۵. اشباع جذب و تولید همسانگر	۲۰۷
۲-۷-۵. لومینسانس تبدیل بالا (LUC)	۲۰۸
۸-۵. خواص نوری ذرات منفرد	۲۱۰
۹-۵. منابع	۲۱۱
فصل ششم: خواص نوری نانومواد اکسید فلزی	۲۱۸
۱-۶. مقدمه	۲۱۹
۲-۶. جذب نور	۲۲۰
۳-۶. حساس کردن نانومواد اکسید فلزی	۲۲۹
۴-۶. خواص نوری غیر خطی LUC	۲۳۲
۵-۶. منابع	۲۳۳
فصل هفتم: خواص نوری نانومواد فلزی	۲۳۶
۱-۷. مقدمه	۲۳۷
۲-۷. جذب قوی و عدم نشر نور	۲۳۸
۳-۷. رزونانس پلاسمون سطح (SPR)	۲۳۹
۱-۳-۷. عوامل موثر بر رزونانس پلاسمون سطح	۲۴۳

۲۴۳	۱-۳-۷. اثر اندازه و سطح
۲۴۳	۲-۱-۳-۷. اثر شکل و زیرلایه‌ها
۲۴۵	۳-۱-۳-۷. برهم کنش بین ذرات در SPR
۲۴۵	۴-۷. پراکندگی رامان افزایش سطح (SERS) و عوامل موثر بر آن
۲۴۶	۱-۴-۷. فاصله‌ی بین مولکول‌ها و زیرلایه‌ها
۲۴۷	۲-۴-۷. وابستگی SERS به موقعیت و جهت نانو ذرات
۲۴۹	۵-۷. منابع
۲۵۲	فصل هشتم: خواص نوری نانوکامپوزیت‌ها
۲۵۳	۱-۸. مقدمه
۲۵۵	۲-۸. نانوکامپوزیت‌های معدنی
۲۵۵	۱-۲-۸. کامپوزیت‌های نیمه رسانا- نارساناو نیمه رسانا- نیمه رسانا
۲۵۷	۲-۲-۸. کامپوزیت‌های فلز- نارسانا
۲۵۹	۳-۲-۸. کامپوزیت‌های فلز- نیمه رسانا
۲۶۱	۳-۸. نانوکامپوزیت‌های آلی (پلیمر)- معدنی
۲۶۱	۱-۳-۸. پلیمرهای غیریپوسته
۲۶۲	۲-۳-۸. پلیمرهای پیوسته
۲۶۴	۴-۸. نانو ترکیبات معدنی- زیستی
۲۶۶	۵-۸. منابع
۲۷۰	فصل نهم: دینامیک‌های حامل بار در نانومواد
۲۷۱	۱-۹. مقدمه
۲۷۱	۲-۹. تکنیک‌های آزمایشگاهی برای بررسی دینامیکی نانومواد
۲۷۳	۳-۹. آسایش دینامیکی الکترون و فنون در نانومواد فلزی
۲۷۵	۴-۹. آسایش الکترونی ناشی از برهمکنش الکترون- فنون
۲۷۸	۵-۹. دینامیک‌های حامل بار در نانومواد نیمه رسانا
۲۷۹	۱-۵-۹. بدام افتادن حامل‌های بار
۲۸۱	۲-۵-۹. حامل‌های بار در نانومواد نیمه‌رسانای ناخالص شده
۲۸۲	۶-۹. حامل‌های بار دینامیکی در اکسید فلزات و نانومواد نارسانا
۲۸۵	۷-۹. منابع

فصل دهم: کاربردهای خواص نوری نانومواد.....	۲۹۰
۱-۱۰. مقدمه.....	۲۹۱
۲-۱۰. تبدیل انرژی خورشید.....	۲۹۲
۱-۲-۱۰. سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک (PV).....	۲۹۲
۲-۲-۱۰. سلول‌های خورشیدی بر پایه TiO_2	۲۹۷
۳-۲-۱۰. سلول‌های فوتوالکتروشیمیایی (PEC).....	۲۹۸
۳-۱۰. لیزرها.....	۳۰۲
۴-۱۰. دیودهای نشر نور (LEDs).....	۳۰۴
۵-۱۰. نورافکنی حالت جامد ACPEL.....	۳۰۶
۶-۱۰. آشکارها و صافی‌های نوری.....	۳۰۸
۷-۱۰. شناسایی مواد از طریق طیفه سنج‌های نوری SPR و SERS.....	۳۰۹
۸-۱۰. منابع.....	۳۱۱
واژه نامه فارسی - انگلیسی.....	۳۱۷
واژه نامه انگلیسی - فارسی.....	۳۲۳

پیشگفتار

در سال‌های اخیر نانوفناوری به یکی از مهم‌ترین زمینه‌های پیشرفت در علوم مختلف از جمله علم فیزیک، شیمی، مهندسی و زیست‌شناسی تبدیل شده است. امروزه می‌توان به وضوح موفقیت‌های ناشی از استفاده‌ی مواد در مقیاس نانو در صنایع و تکنولوژی‌های مختلف را مشاهده کرد. خواص منحصر به فرد نانومواد، استفاده از این ترکیبات را بطور وسیعی گسترش داده است. بررسی جنبه‌های گوناگون ویژگی‌های مربوط به خواص سطح برای استفاده از نانو مواد در کاربردهای مختلف یک اصل اساسی و مهم می‌باشد. این کتاب را از لحاظ محتوا می‌توان به سه قسمت تقسیم کرده، در قسمت اول انواع روش‌های طیف سنجی و میکروسکوپی مختلف برای شناسایی و تشخیص ویژگی‌هایی از قبیل اندازه، شکل و توزیع نانو مواد تهیه شده با روش‌های مختلف بررسی شده است. قسمت دوم شامل بررسی خواص نوری نانومواد، برهمکنش‌های الکترون-حفره و فرآیندهای آسایش الکترون و فنون در نانومواد نیمه رسانا و نشر نور می‌باشد. در نهایت در قسمت پایانی بعضی از استفاده‌های مهم خواص نوری برهمکنش الکترون-حفره نانو مواد نیمه‌رسانا برای تکنولوژی‌های مهم و نوین از جمله تبدیل انرژی خورشیدی در پیل‌های خورشیدی، هیدرولیز برای تولید سوخت هیدروژن و استفاده‌های دیگر از قبیل نشر نور در LED ها و غیره عنوان شده است.

بررسی خواص نوری نانومواد یکی از مهم‌ترین پارامترها در تحقیقات نوین از جمله تکنولوژی سلول‌های خورشیدی به عنوان یکی از منابع تجدید پذیر و دوستدار محیط زیست می‌باشد. در این کتاب سعی کردیم با استفاده از تصاویر و نمودارهای مختلف از تحقیقات آزمایشگاهی صورت گرفته توسط محققین کشورمان و محققان خارجی مفاهیم طیف سنجی و خواص نوری نانو مواد و نانو ذرات و ترکیب‌های مختلف را مورد بحث قرار دهیم. این کتاب شامل ۱۰ فصل می‌باشد:

فصل ۱- به بررسی مقدمه‌ای بر خواص نوری و طیف سنجی نانو مواد می‌پردازد.

فصل ۲- انواع تکنیک‌های طیف سنجی برای مطالعه‌ی ویژگی‌های نوری نانومواد را تشریح

می‌کند. در این فصل تکنیک‌ها طیف سنجی شامل جذب الکترونی ماوراء بنفش مرئی، جذب

مادون قرمز، نشر فتولومینسانس، پراکندگی رامان، پراکندگی نور وابسته به نیروی محرکه، تکنیک‌های زمان مقرر از قبیل جذب عبوری و لومینسانس زمان مقرر می‌باشند که بطور گسترده و تخصصی برای مطالعه‌ی ویژگی‌های نوری مواد مختلف از جمله نانومواد استفاده می‌شوند مورد مطالعه قرار گرفته است.

فصل ۳- این فصل بیان می‌کند که با استفاده از روش‌های میکروسکوپی و اشعه X چگونه می‌توان به خواصی از قبیل اندازه، شکل و ویژگی‌های سطح و نوع فاز تشکیل شده در نانو ذرات پی برد.

فصل ۴- این فصل به بررسی روش‌های دیگری از قبیل رزونانس مغناطیس هسته و الکترون و روش‌های طیف سنجی نوری غیرخطی در بررسی خواص نوری و اسپکتروسکوپی نانومواد می‌پردازد.

فصل ۵- این فصل یک دید کلی از نیمه رساناها و بر همکنش‌های الکترونی ترازهای الکترونی در نانو مواد ارائه می‌دهد. بررسی انواع نوار شکاف در نیمه رساناهای مختلف و همچنین نیمه رساناهای ناخالص شده از جمله مباحث مطرح شده در این فصل می‌باشند.

در فصل‌های ۶ و ۷ و ۸ بررسی خواص نوری و ویژگی‌های انتقال الکترونی در نانو مواد مختلف را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

نیمه‌رساناهای اکسیدفلزی با انرژی نوار شکاف کوچک در ناحیه‌ی مرئی یا ماوراء بنفش نزدیک جذب دارند، در حالی که اکسیدهای فلزی رسانا در این نواحی جذب ندارند و تنها در ناحیه‌ی ماوراء بنفش و طول موج‌های کوتاه‌تر جذب دارند. همچنین با استفاده از دو روش مهم رزونانس پلاسمون سطح (SPR) و پراکندگی رامان افزایش سطح (SERS) که از جمله مهم‌ترین روش‌ها برای بررسی خواص نوری نانو ساختارهای فلزی می‌باشند که در این فصول مورد مطالعه قرار گرفته است. معرفی و بررسی خواص نوری ترکیب‌های نانو ساختار، شامل نانوترکیباتی که از بیش از یک جزء آلی، معدنی و زیستی که خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوتی نسبت به اجزاء سازنده دارند در فصل ۸ بررسی شده است.

فصل ۹: به بررسی رفتار دینامیکی نانومواد و هم‌چنین فرآیندهای آسایش الکترون و فنون‌ها بمنظور استخراج عملکرد و کاربرد ویژه نانومواد می‌پردازد.

فصل ۱۰: مهم‌ترین کاربردهای خواص نوری نانو مواد که در سال‌های اخیر شناسایی یا مورد توجه وسیع قرار گرفته‌اند بررسی می‌شود. در این فصل کاربرد خواص نوری در سلول‌های خورشیدی بعنوان یک سوخت پاک و زیست تخریب پذیر در دیودهای نشر نور که اخیراً مورد توجه زیاد دانشمندان و محققان قرار گرفته‌اند بحث و بررسی می‌شود.

در این کتاب سعی شده است مثال‌ها و نمونه‌هایی آورده شود که در تکنولوژی‌های جدید از

قبیل تکنولوژی ساخت و تهیه پیل‌های خورشیدی و دیودهای نشر نور پر کاربرد می‌باشند. خدا را شاکریم که به ما توفیق تألیف این اثر را داد. این اثر مانند هر اثر خلق شده توسط بشر خالی از عیب نیست لذا از تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز خواهشمندیم که با ارایه پیشنهادات و نظرات خود ما را در تصحیح اشتباهاتمان یاری کنند. در آخر از خانواده‌های عزیزمان که در این مدت سنگ صبور و مشوق ما بودند تشکر ویژه داریم. از سرکار خانم فاطمه خادم نعمت‌اللهی که ما را در تهیه‌ی این اثر یاری کردند سپاسگزاریم، همچنین تشکر ویژه از جناب آقای مهندس هادی رنجبر و جناب آقای دکتر محمد ثابت که راهنمایی‌های خود را از ما دریغ نکردند به عمل می‌آوریم و از درگاه خداوند منان توفیق روزافزون را برای ایشان خواستاریم.

مهدی رنجبر

مسعود صلواتی نیاسری محمدعلی طاهر

www.ketab.ir