

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: فیزیک

گروه: حالت جامد

پایان نامه کارشناسی ارشد

اصلاح عملکرد قطعات الکترو لومینسانس

با استفاده از نانومواد

صغری رستمی

استاد راهنما:

دکتر حمید هراتی زاده

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم

و تمامی رہ پویان علم و دانش

تشکر و قدردانی

الهی ادای شکر تو را هیچ زبان نیست و دریای فضل تو را هیچ کران نیست و سر حقیقت تو بر هیچ کس عیان نیست، هدایت کن بر ما رهی که بهتر از آن نیست. (مناجات خواجه عبدالله انصاری)

پدر عزیز که همواره حمایت نمودی و مادر مهربانم که عاشقانه پرورش و تربیت نمودی به خاطر تک تک زحماتتان بر دستان پرمهرتان بوسه می‌زنم.

در طول این مدت راهنمایی‌های ارزشمند استادی گرانقدر همواره چراغ راهم بود که بی تردید بدون راهنمایی‌های ارزنده و حمایت‌های بی‌دریغ ایشان، کار پایان نامه به اتمام نمی‌رسید. هرچند که من حق شاگردی را ادا نکردم اما ایشان حق استادی را به طور تمام و کمال و حتی فراتر از آن ادا نموده‌اند. بر خود لازم می‌دانم پیرامون جمله "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق" خالصانه از استاد راهنمای ارجمندم آقای دکتر حمید هراتی‌زاده تشکر نمایم.

در طی این کار دوستانی عزیز در تیم تحقیقاتی یارییم نمودند، به خاطر کمک‌هایشان متشکرم. همچنین از دوستان خوبم در خوابگاه (خانم‌ها ظهوری، سهامی، منصوری، ناصری، حیدریان و سایر دوستان) که در این مدت همیشه در کنارم بوده‌اند، صمیمانه تشکر می‌کنم و موفقیت و شادی را برایشان آرزو دارم.

چکیده

موضوع تحقیق این پایان نامه "اصلاح عملکرد قطعات الکترولومینسانس با استفاده از نانومواد" می‌باشد که در این خصوص ابتدا نانوسیم‌های ایندیم به روش تزریق داغ تحت خلاء سنتز شده و نتایج آن مؤید سنتز موفقیت‌آمیز نانوسیم‌های ایندیم به صورت آرایه‌ای دو بعدی و نانوسیم‌های آزاد می‌باشد. برای تهیه آرایه‌های دو بعدی نانوسیم‌های ایندیم که در قالب آلومینا سنتز شدند، از حلال‌های شیمیایی مانند هیدروکسید سدیم جهت حذف قالب آلومینایی استفاده شد و برای تهیه نانوسیم‌های آزاد قبل از حذف قالب آلومینایی، حذف مکانیکی لایه اضافی ایندیم انجام شده است.

در بخش بعدی نانوسیم‌های سنتز شده جهت اصلاح عملکرد قطعات الکترولومینسانس بکار گرفته شد. قطعات الکترولومینسانس قطعاتی هستند که بر اساس اعمال میدان الکتریکی به یک ماده فعال (که در این جا سولفیدروی ZnS بدون آلیش و یا با آلیش می‌باشد) تولید نور می‌کنند. قطعات الکترولومینسانس شامل پودرهای الکترولومینسانس و فیلم نازک الکترولومینسانس می‌باشد کاربرد قطعات الکترولومینسانس پودری به دلیل روشنایی کم، به نورهای پس‌زمینه و لامپ‌هایی که نیاز به روشنایی کم دارند؛ محدود می‌شود. اما فیلم‌های نازک الکترولومینسانس در صفحات نمایشگر استفاده می‌شود. در حال حاضر صفحات نمایشگر الکترولومینسانس تجاری تخت بر پایه گسیل نوری ZnS:Mn کار می‌کند. راه‌های مختلفی برای افزایش بازده نوری قطعات الکترولومینسانس وجود دارد، استفاده از نانوسیم فلزی در تماس با لایه فسفر (به عنوان نانو الکتروود) سبب افزایش میدان الکتریکی اعمالی به قطعه شده و بازده نوری قطعه را افزایش می‌دهد. در این پروژه قطعات الکترولومینسانس به کمک فیلم نازک اکسیدروی، سولفیدروی و سولفیدروی آلیش یافته با منگنز تهیه شده است.

فیلم‌های نازک به روش تبخیر حرارتی و اسپری سنتز شده‌اند. ساختار و خواص اپتیکی آن‌ها به کمک تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی، پراش اشعه X و طیف عبوری و طیف فتولومینسانس بررسی شده

است. فیلم‌های نازک رشدیافته به روش تبخیرحرارتی طیف عبوری کمتری نسبت به نمونه‌های سنتز شده به روش اسپری از خود نشان دادند. فیلم نازک سولفیدروی آلایش یافته با منگنز خاصیت فتولومینسانس شدیدتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارد.

کلمات کلیدی:

قطعات الکترو لومینسانس، فیلم نازک، سولفیدروی، اکسیدروی، روش پرس داغ تحت خلاء، نانوسیم ایندیم، قالب آلومینا، آرایه نانوسیم، نانوسیم منفرد، طیف فتولومینسانس (PL)

ثبت اختراع و لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- ثبت اختراع "سنتز نانوسیم ایندیم درون قالب آلومینا به روش تزریق داغ تحت

خلاء" به شماره ثبت ۳۸۹۰۵۱۰۳۹.

2-"Indium nanowire array synthesis using hydraulic hot pressure injection" Soghra Rostami, Hamid Haratizadeh, Milad Khakzad submitted to materials science journal.

3-"Synthesizing of indium nanowires by pressure injection method" S. Rostami, Z. Azadvari, H. Haratizadeh, 3th International Congress on Nanoscience and Nanotechnology (ICNN2010) 9-11 November – Shiraz- Iran.

۴- "جداسازی نانوسیم ایندیم سنتز شده درون قالب آلومینا" رستمی، صغری؛ هراتی زاده، حمید. دهمین کنفرانس ماده چگال بهمن ۱۳۸۹- شیراز.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول آشنایی با پدیده لومینسانس
۱	مقدمه
۲	۱-۱ فرآیند جذب
۳	۱-۱-۱ نقش شبکه میزبان
۴	۱-۱-۲ جذب در شبکه میزبان
۵	۲-۱ گسیل تابش از مراکز لومینسانس
۶	۳-۱ گذارهای غیرتابشی
۷	۱-۳-۱ گذارهای غیرتابشی در نیمرساناها
۸	۴-۱ انتقال انرژی
۹	فصل دوم قطعات الکترو لومینسانس بر پایه فیلم‌های نازک
۱۰	۱-۲ معرفی مفاهیم فیزیکی مرتبط با پدیده لومینسانس
۱۱	۲-۲ پدیده الکترو لومینسانس
۱۴	۳-۲ قطعات الکترو لومینسانس بر پایه فیلم نازک
۱۴	۴-۲ ساختار قطعات EL بر پایه فیلم نازک
۱۶	۱-۴-۲ زیرلایه در EL بر پایه فیلم نازک
۱۶	۲-۴-۲ اتصالات در EL بر پایه فیلم نازک
۱۷	۳-۴-۲ ماده فعال در EL بر پایه فیلم نازک
۱۸	۴-۴-۲ آرایش در قطعات EL
۲۰	۵-۴-۲ فیلم ضخیم دی‌الکتریک در ساختار EL
۲۰	۵-۲ دو اثر مهم در کارکرد قطعه ناشی از چیدمان لایه‌ها روی هم
۲۰	۱-۵-۲ جفت‌شدگی اپتیکی
۲۲	۲-۵-۲ استرس و کشش سطحی
۲۲	۶-۲ مکانیزم گسیل نور
۲۴	۷-۲ روش‌های رشد فیلم نازک در قطعات الکترو لومینسانس
۲۴	۱-۷-۲ تبخیر حرارتی در خلاء
۲۵	۲-۷-۲ لایه‌نشانی اتم به اتم
۲۶	۳-۷-۲ روش کند و پاش
۲۷	فصل سوم روش‌های مختلف سنتز نانوسیم درون قالب
۲۸	مقدمه
۲۸	۱-۳ سنتز نانوسیم‌ها درون قالب
۲۹	۱-۱-۳ طراحی روی زیرلایه جامد
۳۰	۲-۱-۳ کانال‌ها در مواد روزنه‌دار
۳۲	۳-۱-۳ ساختارهای مولکولی خودآراسته
۳۳	۴-۱-۳ نانوساختارهای موجود به عنوان قالب
۳۴	۲-۳ سنتز نانوسیم‌ها به کمک قالب به روش تزریق فشار

۳۵	۱-۲-۳ سنتز نانوسیم بیسموت
۳۶	۲-۲-۳ سنتز نانوسیم قلع
۳۹	۳-۲-۳ سنتز نانوسیم بیسموت - قلع
۴۰	۳-۳ سنتز به روش الکتروشیمیایی
۴۱	۴-۳ سنتز نانوسیمها از فاز بخار
۴۲	۵-۳ کاربرد نانوسیمها
۴۲	۱-۵-۳ کاربردهای الکتریکی
۴۳	۲-۵-۳ کاربردهای ترموالکتریکی
۴۳	۳-۵-۳ کاربردهای اپتیکی
۴۴	۴-۵-۳ قطعات حسگر شیمیایی و بیوشیمیایی
۴۵	فصل چهارم سنتز نانوسیم ایندیم به روش تزریق داغ تحت خلاء
۴۶	مقدمه
۴۷	۱-۴ دستگاه پرس داغ تحت خلاء
۴۸	۱-۱-۴ سیستم خلاء
۴۹	۲-۱-۴ هیتر الکتریکی
۵۰	۳-۱-۴ سیستم کنترلر دما
۵۰	۴-۱-۴ پرس هیدرولیک و قالب پرس
۵۱	۲-۴ مکانیزم عملکرد سیستم
۵۲	۳-۴ موارد کاربرد دستگاه پرس داغ تحت خلاء
۵۳	۴-۴ سنتز نانوسیم ایندیم
۵۵	۵-۴ نتایج تجربی به دست آمده از سنتز نانوسیم ایندیم
۶۰	۶-۴ بهینه‌سازی سیستم پرس با تزریق گاز آرگون و خلاسازی محفظه
۶۱	۷-۴ نحوه تهیه آرایه نانوسیم ایندیم
۶۴	۸-۴ نحوه تهیه نانوسیم آزاد ایندیم
۶۵	۹-۴ بررسی نقش غلظت محلول، دمای جداسازی و اثر لرزش روی نمونه‌ها
۶۶	۱-۹-۴ تاثیر دما، ارتعاش نمونه‌ها و مدت زمان جداسازی
۶۸	۲-۹-۴ بررسی نقش غلظت محلول در فرآیند جداسازی نانوسیم
۷۱	فصل پنجم اصلاح عملکرد قطعات الکترو لومینسانس
۷۲	مقدمه
۷۲	۱-۵ آماده‌سازی نمونه‌ها قبل از لایه‌نشانی ماده فعال
۷۲	۱-۱-۵ آماده‌سازی زیرلایه
۷۳	۲-۱-۵ لایه‌نشانی آلومینیوم به روش تبخیر حرارتی
۷۴	۲-۵ لایه‌نشانی ماده فعال به صورت فیلم نازک
۷۴	۱-۲-۵ لایه‌نشانی فیلم نازک سولفیدروی به روش تبخیر حرارتی
۷۵	۲-۲-۵ لایه‌نشانی اکسیدروی به روش تبخیر حرارتی
۷۶	۳-۲-۵ لایه‌نشانی فیلم نازک سولفیدروی به روش اسپری

۷۷	۴-۲-۵ لایه‌نشانی فیلم نازک اکسیدروی به روش اسپری
۷۷	۵-۲-۵ لایه‌نشانی فیلم نازک سولفیدروی آلایش یافته با منگنز به روش اسپری
۷۸	۳-۵ آنالیز ساختاری نمونه‌های سنتز شده
۷۹	۱-۳-۵ آنالیز XRD
۸۰	۲-۳-۵ آنالیز FE-SEM
۸۱	۳-۳-۵ آنالیز STM
۸۲	۴-۵ آنالیز اپتیکی نمونه‌ها
۸۲	۱-۴-۵ طیف عبوری
۸۴	۲-۴-۵ طیف فتولومینسانس
۸۷	۵-۵ ساخت قطعه EL به کمک فیلم‌های نازک لایه‌نشانی شده
۸۷	۱-۵-۵ قطعه EL به کمک فیلم نازک سولفیدروی لایه‌نشانی شده به روش تبخیر حرارتی
۸۸	۲-۵-۵ قطعه EL به کمک فیلم نازک اکسیدروی لایه‌نشانی شده به روش تبخیر حرارتی
۸۹	۳-۵-۵ قطعه EL به کمک فیلم نازک سولفیدروی لایه‌نشانی شده به روش اسپری
۹۰	۴-۵-۵ قطعه EL به کمک فیلم نازک اکسیدروی لایه‌نشانی شده به روش اسپری
۹۰	۵-۵-۵ قطعه EL به کمک فیلم نازک سولفیدروی آلایش یافته با منگنز
۹۱	۶-۵ نمونه‌ای از قطعه پودری اصلاح شده با نانوسیم ایندیم
۹۲	۷-۵ نتیجه گیری
۹۴	پیوست
۹۵	۱- ساختار ZnS
۹۵	۲- فیلم نازک ZnS
۹۹	شرح مختصر دستگاه تبخیر حرارتی در خلاء
۱۰۰	شرح کلی روش اسپری
۱۰۱	منابع

۳	۱-۱ نمودار فاصله-انرژی در حالت پایه و برانگیخته
۵	۲-۱ نمودار فاصله-انرژی: گذار جذبی $e \rightarrow g$ گذار گسیلی $g \rightarrow e$
۶	۳-۱ طیف گسیلی و جذبی و انرژی استوکس ایده آل
۸	۴-۱ گذارهای غیرتابشی در یک نیم‌رسانا
۱۰	۱-۲ گذارهای الکترونی ویژه در کارکرد قطعات ACTFEL
۱۳	۲-۲ ساختار یک قطعه الکترولومینسانس با استفاده از فیلم نازک بالای دوگانه عایق
۱۵	۳-۲ سه نوع ساختار قطعات ACTFEL
۲۱	۴-۲ بازتاب درون قطعه الکترولومینسانس
۲۳	۵-۲ نمودار نوار انرژی در قطعات TFEL
۲۴	۶-۲ طرح شماتیک روش تبخیر حرارتی
۲۶	۷-۲ سلول رشد کندوپاش
۲۹	۱-۳ طرح شماتیک تولید نانوساختارهای یک بعدی به وسیله طراحی روی زیرلایه جامد
۳۱	۲-۳ طرح شماتیک تشکیل نانوسیم و نانوتیوپ با پرکردن حفره‌های درون غشا با مواد مورد نظر
۳۲	۳-۳ الف- قالب سنتز شده در اسیدسولفوریک
۳۲	ب- قالب سنتز شده در اسیداکسالیک
۳۳	۴-۳ طرح شماتیک شکل گیری نانوسیم توسط قالب‌های شبه‌ساختار خودآراسته
۳۴	۵-۳ الف- تصویر TEM نانوکابل هم محور Ag/SiO ₂
۳۴	ب- تصویر TEM نانولوله سیلیکا
۳۶	۶-۳ تصویر FE-SEM از نمای بالای قالب آلومینا که توسط نانوسیم‌های بیسموت پر شده است
۳۷	۷-۳ الف- تصویر FE-SEM نانوسیم درون قالب فشار اعمالی ۳۵۰ bar
۳۷	ب- تصویر FE-SEM نانوسیم درون قالب فشار اعمالی ۷۰۰ bar
۳۷	۸-۳ الف- تصویر FE-SEM سطح مقطع نانوسیم قلع به صورت آرایه‌ای پیوسته و چگال
۳۷	ب- تصویر FE-SEM نانوسیم منفرد به طول ۱۰ μm
۳۸	۹-۳ تصویر FE-SEM قالب آلومینا پس از حذف لایه حامل به کمک محلول 0.2% wt NaOH
۳۹	۱۰-۳ تصاویر FE-SEM قالب آلومینا، آرایه نانوسیم و نانوسیم آزاد
۴۱	۱۱-۳ تصویر TEM نانوسیم منفرد نیکل/آهن پس از حذف قالب آلومینا
۴۷	۴-۱ نمای کلی دستگاه پرس
۴۸	۲-۴ پمپ خلاء مورد استفاده در سیستم پرس داغ تحت خلاء
۴۹	۳-۴ سیستم پرس بهینه شده
۴۹	۴-۴ هیتر الکتریکی جهت ایجاد تغییرات دمایی
۵۰	۵-۴ سیستم کنترل دما و اجزا آن
۵۴	۶-۴ مراحل تزریق فشار درون قالب آلومینا
۵۶	۷-۴ تصاویر FE-SEM نمونه‌های سری اول
۵۸	۸-۴ تصاویر FE-SEM نمونه‌های سری A

۵۹	۹-۴ تصاویر FE-SEM نمونه سری B
۶۱	۱۰-۴ تصاویر FE-SEM نمونه سری C
۶۳	۱۱-۴ تصاویر FE-SEM آرایه دوبعدی نانوسیم ایندیم پس از حذف شیمیایی قالب آلومینا
۶۳	۱۲-۴ آرایه‌ای از نانوسیم‌ها در گستره بسیار زیاد
۶۵	۱۳-۴ تصویر FE-SEM نانوسیم آزاد
۶۷	۱۴-۴ تصویر FE-SEM نمونه‌های مربوط به آزمایش بررسی نقش زمان، دما و ارتعاش
۶۹	۱۵-۴ تصویر FE-SEM نمونه‌های مربوط به آزمایش بررسی نقش غلظت محلول هیدروکسیدسیدیم
۷۹	۱-۵ تصویر XRD نمونه‌های سنتز شده
۸۰	۲-۵ تصویر FE-SEM نمونه‌های فیلم نازک
۸۲	۳-۵ تصویر STM سطح نمونه I2
۸۳	۴-۵ طیف عبوری نمونه‌های فیلم نازک
۸۶	۵-۵ طیف فتولومینسانس نمونه‌های فیلم نازک
۸۹	۶-۵ تصویر قطعه EL ساخته شده به کمک اکسید روی رشد یافته به روش تبخیر حرارتی
۹۰	۷-۵ تصویر قطعه EL ساخته شده به کمک فیلم نازک سولفیدروی به روش اسپری
۹۰	۸-۵ تصویر قطعه EL ساخته شده به کمک اکسید روی رشد یافته به روش تبخیر حرارتی
۹۱	۹-۵ تصویر قطعه EL ساخته شده به کمک سولفیدروی آرایش یافته با منگنز
۹۲	۱۰-۵ تصویر قطعه الکترولومینسانس پودری به همراه نانوسیم ایندیم
۹۶	شکل ۱- طیف ZnS (پیوست)
۹۷	شکل ۲- ساختار قطعه الکترولومینسانس
۹۷	شکل ۳- منحنی U-B فیلم ZnS:Mn
۹۷	شکل ۴- منحنی فرکانس- روشنایی قطعه
۹۸	شکل ۵- بستگی روشنایی به مقدار فعال کننده

لیست جداول

صفحه	جدول
۷	۱-۱ بازده کوانتومی برای برخی مواد فتولومینسانس
۱۸	۱-۲ فسفرهای فیلم نازک الکترولومینسانس
۱۹	۲-۲ یون‌های ناخالصی مهم در قطعات ACTFEL
۵۵	۱-۴ شرایط سنتز نمونه‌های سری اول
۵۷	۲-۴ شرایط سنتز نمونه‌های سری A
۵۸	۳-۴ شرایط سنتز نمونه‌های B
۶۰	۴-۴ شرایط سنتز نمونه‌های سری C
۶۲	۵-۴ شرایط حذف قالب آلومینا و جداسازی نانوسیم ایندیم به صورت آرایه دوبعدی
۷۵	۱-۵ مدت زمان و جریان لایه‌نشانی سولفیدروی
۷۶	۲-۵ مدت زمان و جریان لایه‌نشانی اکسیدروی
۷۸	۳-۵ معرفی لایه‌های نازک لایه‌نشانی شده

مقدمه

پایان نامه حاضر مبتنی بر روش تجربی سنتز نانوسیم ایندیم به روش تزریق فشار داغ تحت خلاء و کاربرد آن در قطعات لومینسانس می‌باشد. طراحی سیستم پرس داغ تحت خلاء توسط تیم تحقیقاتی انجام شد. تمام آزمایشات موجود که شامل سنتز و جداسازی نانوسیم ایندیم و رشد فیلم‌های نازک به عنوان لایه فعال در قطعات لومینسانس در آزمایشگاه تحقیقاتی نانوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود به انجام رسیده است. نمونه‌های ساخته شده به کمک طیف عبوری، FE-FE-SEM و PL مطالعه شده‌اند. تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی در دانشکده فنی دانشگاه تهران انجام شده است و طیف فتولومینسانس فیلم‌های نازک رشدیافته به روش تبخیرحرارتی و اسپری در آزمایشگاه مشترک آنالیز مواد دانشگاه صنعتی شریف تهیه شده است.

این پایان نامه مشتمل بر پنج فصل می‌باشد که در فصل اول برای آشنایی خوانندگان به مفاهیم کلی پدیده لومینسانس می‌پردازیم. در فصل دوم پدیده الکترو لومینسانس و ساختار قطعاتی که براین اساس کار می‌کنند به ویژه فیلم‌های نازک مورد استفاده در قطعات الکترو لومینسانس معرفی می‌شود. فصل سوم به روش‌های رشد نانوسیم درون قالب می‌پردازد که یکی از روش‌های رشد متداول نانوسیم‌ها می‌باشد که ممکن است به اندازه روش‌های شیمیایی، ملموس نباشد. در فصل چهارم سنتز نانوسیم ایندیم درون قالب اکسید آلومینیوم آندی (آلومینا) به روش تزریق داغ تحت خلاء، فرآیند حذف قالب و پارامترهای موثر در حذف قالب به طور کامل بررسی می‌شود. روش تزریق داغ تحت خلاء یک روش ارزان و ساده برای تهیه نانوسیم‌های فلزی و نیمرسانا با دمای ذوب پایین می‌باشد که در این بخش از پایان نامه با توجه به اهمیت روش‌های سنتز مقرون به صرفه از نظر اقتصادی، به توصیف کامل سیستم پرس داغ تحت خلاء می‌پردازیم.

در فصل پنجم ساخت قطعه لومینسانس به کمک فیلم نازک اکسیدروی، سولفیدروی و سولفیدروی آلایش یافته با منگنز که به روش‌های تبخیرحرارتی و اسپری رشدیافته‌اند، را تشریح نموده و ساختار برخی نمونه‌های رشد یافته توسط PL, FE-FE-SEM, XRD و طیف عبوری مطالعه می‌شود.

نتایج حاصل از این تحقیق به صورت دو مقاله کنفرانسی در سومین کنفرانس بین المللی علوم و فناوری نانو (ICNN2010) دانشگاه شیراز و دهمین کنفرانس ماده چگال (CMC10) در دانشگاه شیراز ارائه شده است. با توجه به نو بودن روش سنتز نانوسیم ایندیم درون قالب آلومینا به روش تزریق داغ تحت خلاء، یک اختراع در این زمینه نیز به ثبت رسیده است. نتایج حاصل از سنتز و جداسازی نانوسیم ایندیم به صورت یک مقاله ISI نیز برای ژورنال ارسال شده است و مقاله علمی پژوهشی دیگری برای چاپ در نشریه ISC در دست تهیه می باشد.

تابستان ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

صغری رستمی

فصل اول

آشنایی با دیدگاه لومینسانس

مقدمه

به پدیده تبدیل انرژی به تابش در مواد، لومینسانس گفته می‌شود. به ماده‌ای که خاصیت لومینسانس دارد، ماده فعال گفته می‌شود و شامل شبکه میزبان^۱ است که با مقدار کمی ناخالصی آرایش داده می‌شود. علاوه بر شبکه میزبان، سیستم لومینسانس شامل مراکز لومینسانس نیز می‌باشد که مراکز لومینسانس فعال کننده^۲ نامیده می‌شود. تابش فرودی توسط فعال کننده جذب می‌شود و آنرا به حالت برانگیخته می‌برد، وقتی الکترون از نوار رسانش به نوار ظرفیت برگردد، یک تابش گسیل می‌کند که می‌تواند به صورت تابش نوری یا غیر نوری باشد. تابش غیرنوری بازده لومینسانس را کاهش می‌دهد. در بسیاری از مواد لومینسانس، تابش فرودی توسط فعال کننده جذب نمی‌شود، در این مورد می‌توان با افزودن یون واسطه به شبکه میزبان مشکل را برطرف کرد، یون‌های واسطه تابش فرودی را جذب کرده و به فعال کننده انتقال می‌دهد. این یون‌ها جذب کننده^۳ نامیده می‌شود [۱].

با انرژی‌های مختلف می‌توان پدیده لومینسانس را ایجاد نمود. بسته به نوع انرژی مورد استفاده، پدیده‌های لومینسانس متفاوت داریم که به آنها در زیر اشاره می‌شود.

فتولومینسانس: برانگیختگی توسط تابش الکترومغناطیسی.

کاتدولومینسانس: برانگیختگی توسط یک پرتو الکترونی پرا انرژی.

الکترومولومینسانس: برانگیختگی توسط میدان الکتریکی.

لومینسانس شیمیایی: برانگیختگی توسط انرژی حاصل از واکنش‌های شیمیایی.

ترمولومینسانس: برانگیختگی توسط انرژی گرمایی.

اکوستولومینسانس: برانگیختگی توسط ارتعاشات صوتی.

برای تجزیه و تحلیل پدیده لومینسانس، طیف گسیلی و طیف برانگیختگی بررسی می‌شود.

¹ Host lattice

² Activator

³ Sensitizer

فرآیندهای فیزیکی مهمی در مواد لومینسانس نقش دارند. این فرآیندها شامل: جذب (در یون‌های فعال‌کننده، جذب‌کننده‌ها یا شبکه میزبان)، گسیل (از فعال‌کننده‌ها)، برگشت به حالت پایه (به صورت تابشی یا غیرتابشی) و انتقال انرژی می‌باشد. به طور خلاصه در ادامه فصل به برخی نکات مهم این پدیده‌ها اشاره می‌شود.

۱-۱ فرآیند جذب

به کمک نمودار انرژی بر حسب فاصله فلز-لیگاند R ، می‌توان فرآیند جذب را بررسی کرد. پارامتر R در مدت زمان نوسان تغییر می‌کند. با فرض این که منحنی برای حالت پایه اتم سهمی شکل با می‌نیمم در R_0 باشد و با در نظر گرفتن حرکت به طور نوسانی؛ نیروی بازگرداننده با جابه جایی متناسب است.

$$F = -k(R - R_0) \quad 1-1$$

انرژی پتانسیل بفرم زیر به فاصله بستگی دارد:

$$E = 1/2k(R - R_0)^2 \quad 2-1$$

R_0 مینیمم منحنی، همان فاصله تعادلی در حالت پایه است.

حل کوانتومی این مسئله به ترازهای انرژی برای نوسانگر منجر می‌شود.

$$E_n = (n + 1/2) h\nu \quad 3-1$$

که ν فرکانس نوسان می‌باشد. با بیشترین احتمال، سیستم در R_0 یعنی پایین‌ترین سطح نوسان می‌باشد. برای مقادیر بیشتر n موقعیت سهمی تغییر می‌کند.

به دلیل تفاوت پیوندهای شیمیایی در حالت برانگیخته با حالت پایه، در حالت برانگیخته نمودار $E-R$

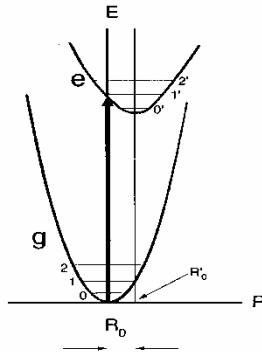
یک سهمی با مقادیر متفاوت R'_0 ، K' می‌باشد [۱].

گذار جذب اپتیکی از پایین‌ترین تراز نوسانی ($n=0$) شروع می‌شود، بنابراین بیشترین احتمال گذار

در R_0 واقع می‌شود. به احتمال کمتری گذار از مقادیر بزرگتر یا کوچکتر از R_0 نیز می‌تواند شروع

شود، در این صورت یک نوار جذبی پهن در طیف جذبی مشاهده می‌شود [۱].

شکل ۱-۱ دو نوع سهمی را در حالت پایه و برانگیخته نشان می‌دهد. سهمی g مربوط به حالت پایه و سهمی e مرتبط با حالت برانگیخته است. اگر $\Delta R'$ (اختلاف بین مینیمم‌های حالت پایه و حالت برانگیخته) برابر صفر باشد، سهمی دوم دقیقاً بالای سهمی اول قرار می‌گیرد و پهنای نوار گذار اپتیکی کم می‌شود در نتیجه نوار جذب به یک خط نازک تبدیل می‌شود [۱].



شکل ۱-۱ نمودار فاصله-انرژی در حالت پایه و برانگیخته [۱].

پهنای یک نوار جذب اطلاعاتی درباره اختلاف ΔR و در نتیجه اختلاف پیوند شیمیایی بین حالت پایه و حالت برانگیخته می‌دهد. نوار جذب پهن در طیف جذبی نشان‌دهنده اختلاف زیادی بین R_0 و R'_0 می‌باشد در دماهای بالاتر، حالت ذاتی ممکن است در $n > 0$ باشد در نتیجه نوار جذبی پهن شود [۱].

۱-۱-۱ نقش شبکه میزبان

مراکز لومینسانس در شبکه میزبان قرار دارد بنابراین ویژگی‌های اپتیکی مراکز لومینسانس تحت تاثیر شبکه میزبان می‌باشد. با توجه به این که مراکز لومینسانس به شبکه میزبان پیوند می‌یابد، قدرت پیوند کوالانسی ایجاد شده بین مراکز لومینسانس و شبکه میزبان روی ویژگی‌های طیفی در شبکه میزبان تاثیر می‌گذارد و می‌تواند باعث انتقال بار از مراکز لومینسانس به شبکه میزبان یا برعکس شود. از طرفی هر شبکه میزبان بسته به ساختار آن دارای میدان‌های قطبشی متفاوت (پیزوالکتریک) می‌باشد. میدان قطبشی سبب شکافتگی ترازهای اتمی مراکز لومینسانس می‌شود و بسته به قدرت میدان

قطبشی، شکافتگی ترازها متفاوت است و در نتیجه رنگ گسیلی از مراکز لومینسانس متفاوت است. برای مثال Cr_2O_3 سبز است اما $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$ قرمز است این تفاوت رنگ به دلیل گذارهای اپتیکی متفاوت در نتیجه میدان‌های قطبشی متفاوت می‌باشد [۱].

۲-۱-۱ جذب در شبکه میزبان

همیشه جذب در مراکز لومینسانس رخ نمی‌دهد شبکه میزبان نیز می‌تواند تابش فرودی را جذب کند. گذارهای اپتیکی جذب در شبکه میزبان به دو دسته تقسیم می‌شود.

۱. گذارهایی که در حامل‌های بار آزاد (الکترون‌ها و حفره‌ها) و حامل‌های مقید رخ می‌دهد.

۲. گذارهای اکسیتونی و گذارهای وابسته به آلاینده‌های بخشنده و پذیرنده.

توسط سنجش‌های اپتیکی می‌توان این دو دسته جذب را از هم تمیز داد.

برای مثال جذب در شبکه سولفیدروی در حامل‌های بار آزاد رخ می‌دهد. وقتی یک فوتون با انرژی بیشتر از انرژی گاف به سولفیدروی تابیده شود، توسط شبکه جذب شده و یک الکترون در نوار رسانش و یک حفره در نوار ظرفیت به وجود می‌آید. ممکن است الکترون در ترازهای کم عمق نزدیک نوار رسانش (که توسط یون‌های روی اشغال می‌شود) و حفره در ترازهای کم عمق نزدیک نوار ظرفیت (که توسط یون‌های سولفور اشغال می‌شود) به دام بیفتد.

اما هر شبکه میزبان، نمی‌تواند الکترون و حفره آزاد بر اساس برانگیختگی اپتیکی به وجود آورد. در این شبکه‌ها جذب در اکسیتون‌ها یا آلاینده‌های بخشنده و پذیرنده صورت می‌گیرد. برای مثال تابش فرابنفش در CaWO_4 در گروه WO_4^{2-} جذب می‌شود. در حالت برانگیخته گروه تنگستات، حفره (روی اکسیژن) و الکترون (روی تنگستن) به سمت هم جذب می‌شود. برهم‌کنش بین الکترون و حفره سبب تشکیل اکسیتون می‌شود [۱].