



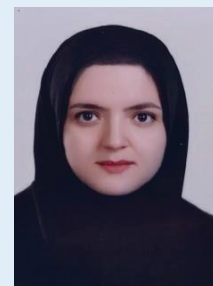
خواص فوتولومینسانس ترکیب $SrAl_2O_4$ سنتز شده با آلایندہ های دیسپرزیم و ایتیریم

فصلنامه
سرامیک ایران

یلدا مرادپور^{۱*}، محمد رضوانی^۲

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی مواد، سرامیک، گروه مهندسی مواد، دانشگاه تبریز

^۲ استاد تمام، گروه مهندسی مواد، دانشگاه تبریز



نویسنده اول و مسئول:

خانم مهندس یلدا مرادپور

دانشگاه تبریز

نوع مقاله: پژوهشی

صفحه‌های: ۶۷ تا ۷۵

شاپا چاپی: ۳۳۵۱-۱۷۳۵

شاپا الکترونیکی: ۳۰۹۷-۲۷۸۳

زبان نشریه: فارسی

دسترس پذیر در نشانی:

www.JICERS.ir

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۹/۰۷

* yaldamoradpour1995@gmail.com

DOR: 20.1001.1.17353351.1402.19.0.6.9

چکیده: فوتولومینسانس پایدار پدیده‌ای است که به موجب آن، با تابش نور با انرژی بالا (معمولاً نور فرابنفش و گاهی پرتوی بتا) به یک ماده معین، باعث برانگیختگی آن شده و بعد از توقف برانگیختگی، نشر نور مرئی از حالت‌های برانگیخته الکترونی ماده برای مدت زمان قابل ارزیابی از ثانیه تا به چندین ساعت، انجام خواهد شد.

در پژوهش حاضر در مرحله اول سنتز ترکیب $SrAl_2O_4$ با درصدهای استوکیومتری به روش واکنش حالت جامد در دماهای ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۱۲۰۰، ۱۳۰۰ و ۱۵۰۰°C بررسی شد. سپس افزودنی‌های Dy_2O_3 و Y_2O_3 با نسبت‌های ۱ تا ۴ درصد وزنی به ترکیب $SrAl_2O_4$ اضافه شد. ساختار بلوری و شبکه میزبان $SrAl_2O_4$ با آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) مشخص شد. شدت نشر عوامل مذکور با اسپکتروفوتومتری فوتولومینسانس (PL) با تابش در طول موج ۲۳۷ nm نشر حاصل شده در محدوده طول موج ۵۴۰-۵۰۰ nm در نمونه دارای افزودنی‌های مختلف بررسی شد. همچنین طیف‌سنجی تبدیل فوریه (FTIR) ترکیب میزبان و نمونه‌های بهینه دارای افزودنی نیز انجام شد. ریزساختار ذرات سنتز شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد. کلمات کلیدی: فوتولومینسانس، آلومینات استرانسیوم، فسفرسانس، میزبان، آلایندہ.

۱- مقدمه

موادی که توانایی جذب انرژی از اشعه ماوراء بنفش یا نور خورشید را دارند و سپس آن را به آرامی پس از تهییج نشر می‌کنند، پس درخشش طولانی یا فسفرهای پایدار نامیده می‌شوند. عناصر خاکی کمیاب دوپ شده با فسفرهای معدنی دوپ شده، نوار انتشار گسترده‌ای از ناحیه آبی تا قرمز را نشان می‌دهند. این ویژگی آن‌ها را جذاب و مناسب برای انواع کاربردهای صنعتی می‌کند [۱]. در میان کاربردهای مختلف تکنولوژیکی مهم، لامپ‌های فلورسنت، صفحه‌های نمایش پلاسما، نمایشگر رنگی، تصویربرداری اشعه ایکس، ارزیابی و سنجش میزان تابش قابل ذکر هستند [۲]. این درخشش طولانی پس از درخشش تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نوع فعال‌کننده، مقدار مواد ناخالص، شرایط سنتز نمونه، ساختار شبکه میزبان قبل از ثبت طیف لومینسانس، طول موج انتشار، شدت آن و مدت زمان است. برای این که بهترین عملکرد را برای کاربرد مورد نظر داشته باشیم، بهینه‌سازی این عوامل ضروری است [۲]. آلومینات استرانسیوم ($SrAl_2O_4$) از جمله فسفرهای معدنی است که به عنوان میزبان برای فعال‌کننده‌های خاکی کمیاب توجه محققان را به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد مانند روشنایی بالا و ماندگاری طولانی به خود جلب کرده است. این فسفرهای



معدنی ساعت‌ها پس از حذف منبع تابش می‌درخشند. علاوه بر این، ثابت شده است که این فسفرها در مقایسه با سایر شبکه‌های میزبان سنتی، از نظر شیمیایی پایدار، عاری از تشعشعات رادیو اکتیو و خطرناک هستند [۳]. فعال‌ساز در پدیده فوتولومینسانس با جذب نور و فعال شدن، الکترون‌های خود را به حالت پرتوان تری منتقل می‌کند و سپس به حالت پایدارتر با ایجاد لومینسانس برمی‌گرداند و شدت نور بیش‌تری ایجاد می‌کند. به عنوان مثال، فلزاتی مانند نیکل، کادمیوم، آلومینیوم و فلزات نادر خاکی از انواع فعال‌کننده‌های مورد استفاده در فوتولومینسانس هستند. در تعریف حساس‌کننده نیز می‌توان گفت این نوع ماده با جذب انرژی از منبع نور، حرکت الکترون‌های فعال‌ساز را شدیدتر می‌کند و حساسیت آن را افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، نیترات یورانیوم و نیترات سرب از انواع حساس‌کننده‌های مورد استفاده در فوتولومینسانس هستند.

با ترکیب فعال‌کننده و حساس‌کننده، به دلیل اثر هم‌افزایی بین آن‌ها، فعالیت فوتولومینسانس بهبود می‌یابد. به عنوان مثال، اکسید فسفر به عنوان فعال‌کننده و نیترات یورانیوم به عنوان حساس‌کننده در فوتولومینسانس استفاده می‌شود.

لومینسانس معمولاً از طریق جایگزینی مکان Sr^{2+} در $SrAl_2O_4$ توسط آلاینده‌های عناصر خاکی کمیاب افزایش می‌یابد. سنتز $SrAl_2O_4$ با بهره‌برداری از تکنیک‌های مختلفی انجام شده است که از جمله این روش‌های عبارتند از: سل-ژل، رسوب همزمان و واکنش حالت جامد [۳]. با این حال، در گزارش فعلی، برای سنتز فسفرهای Y^{3+} ، Dy^{3+} ، $SrAl_2O_4$ روش حالت جامد انتخاب و تاثیر افزودن آلاینده‌ها به سیستم میزبان در این روش با آنالیزهای پراش اشعه ایکس (XRD)، اسپکتروفوتومتري فوتولومینسانس (PL)، طیف‌سنجی تبدیل فوریه فروسرخ (FTIR) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد.

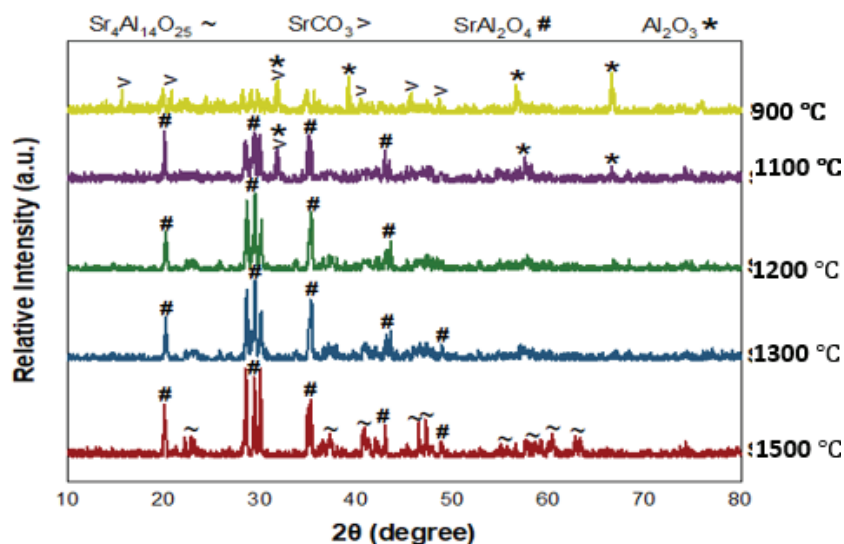
۲- مواد و روش تجربی

برای سنتز میزبان $SrAl_2O_4$ به روش حالت جامد مواد اولیه $SrCO_3$ و Al_2O_3 (با نسبت ۱:۱) بود و از ۵ درصد، H_3BO_3 به عنوان عامل گدازآور [۴] استفاده شد؛ اکسیدهای Y_2O_3 و Dy_2O_3 به عنوان آلاینده در شبکه میزبان به مواد اولیه اضافه شدند که درصدهای آلاینده Dy_2O_3 ۱، ۲ و ۴ درصد وزنی و درصد آلاینده Y_2O_3 ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی استفاده شد. مواد اولیه مخلوط و آلاینده‌ها پس از توزین با دقت ۰/۱ گرم در کاپ جارمیل ریخته شد و با افزودن آب و گوله آلومینایی (با نسبت ۱:۳) به مدت ۱ ساعت مخلوط و آسیاب شدند. بعد از خشک شدن سوسپانسیون در دمای $60^\circ C$ در مدت زمان ۱ ساعت با استفاده از کوره الکتریکی (مدل F64L شرکت آذر کوره) در دماهای ۹۰۰، ۱۱۰۰، ۱۲۰۰، ۱۳۰۰ و $1500^\circ C$ به مدت ۲ ساعت تحت اتمسفر اکسیژن کوره سنتز شد. ساختار بلوری و تشکیل شبکه میزبان $SrAl_2O_4$ با آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) و با استفاده از دستگاه پراش پرتو اشعه ایکس مدل Tongda TD-3700 ساخت کشور چین بررسی شد. آنالیز پراش اشعه ایکس با تابش $Cu(K\alpha)$ با طول موج 1.54 \AA در محدوده $2\theta = 10 - 80^\circ$ انجام گرفت. ساختار شیمیایی و پیوندهای پودرهای حاصل شده، با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی مادون قرمز (FTIR) مدل Tensor ساخته شرکت Bruker کشور آلمان در محدوده $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ انجام گرفت. میزان جذب و نشر فوتولومینسانس (PL) نمونه‌های سنتز شده توسط دستگاه اسپکترومتر مدل Perkin-Elmer سری LS 45 ساخت شرکت کشور چین، اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها بعد از رقیق‌سازی با آب با نسبت ۱ به ۱۰ درون دستگاه قرار داده شده و شدت پیک‌های نشر نمایش داده شد. همچنین مورفولوژی و ریزساختار ذرات سنتز شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل MIRA3FEG-SEM ساخت شرکت Tescan کشور چک بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

با توجه به نتایج پراش اشعه X شکل ۱ در دماهای $900^\circ C$ ، $1100^\circ C$ ، $1200^\circ C$ ، $1300^\circ C$ ، $1500^\circ C$ مشاهده شد که ساختار مونوکلینیک $SrAl_2O_4$ در دمای $1100^\circ C$ تشکیل شد. در دمای مذکور پیک Al_2O_3 نیز وجود داشت. فاز $SrAl_2O_4$ مونوکلینیک به صورت تک فاز در دمای $1200^\circ C$ تشکیل شد. با توجه به مطالعات انجام شده، افزودن اسید بوریک می‌تواند باعث تجزیه $SrCO_3$ می‌شود. فاز $SrAl_2 B_2 O_7$ می‌تواند از طریق واکنش بین Al_2O_3 و SrB_2O_4 در دماهای بالای $1300^\circ C$ تشکیل شود. تشکیل فاز مذکور برای ویژگی فوتولومینسانس مضر است. بررسی نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس نشان داد که فاز $SrAl_2O_4$ در دمای $1200^\circ C$ به صورت

تک فاز تشکیل شده است، بنابراین در ادامه تحقیق دمای 1200°C به عنوان دمای بهینه انتخاب شد. با افزایش دما، فازهای SrAl_2O_4 کاهش یافت و همزمان ترکیب $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$ به عنوان فاز اصلی ظاهر شد. این مسئله نشان داد که فاز $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$ با واکنش بین $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ و SrAl_2O_4 در دمای بالا (1500°C) تشکیل شده است. در نتیجه، برخی فازهای بلوری تشکیل شده می تواند برای پدیده فوتولومینسانس مضر باشد [۵].



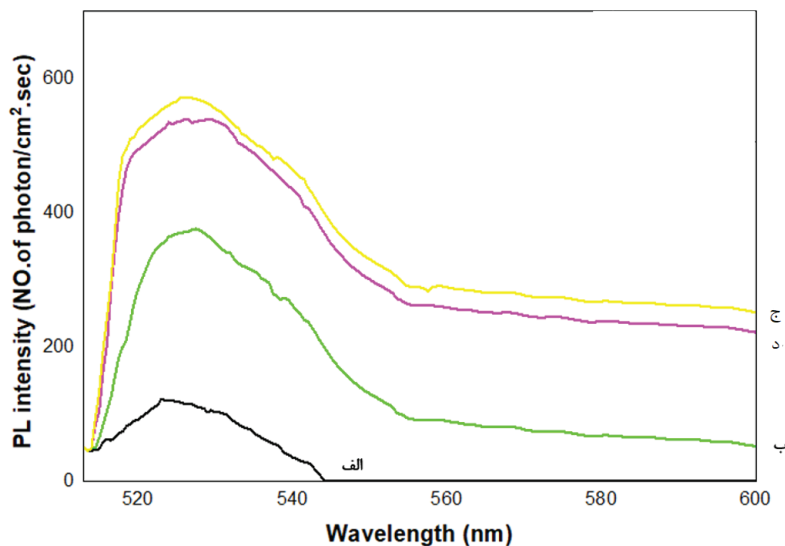
شکل ۱: بررسی فازی XRD پودر SrAl_2O_4 در دماهای 900°C ، 1100°C ، 1200°C ، 1300°C ، 1500°C .

طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌های SrAl_2O_4 سنتز شده با آلایند Dy^{3+} به عنوان فعال ساز، با نسبت‌های مختلف Dy^{3+} (۱، ۲ و ۴ درصد وزنی نسبت به SrAl_2O_4) در شکل ۲ نشان داده شده است. طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌ها با استفاده از حلال آب و در اثر تابش نور برانگیختگی مشخص (237 nm) حاصل شدند. از مقایسه طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌های آلاینس شده با Dy^{3+} مشخص شد که با آلاینس نانوذرات SrAl_2O_4 با Dy^{3+} تغییری در مراکز نشر نانوذرات SrAl_2O_4 ایجاد نمی‌شود. تفاوت آشکار در طیف فوتولومینسانس نمونه‌ها مربوط به تغییر میزان شدت فوتولومینسانس آن‌ها است. با توجه به شکل ۲، در بین نمونه‌های SrAl_2O_4 آلاینس شده با Dy^{3+} ، تا ۲ درصد وزنی، حالت افزایشی در شدت نشر طیف‌ها مشاهده شد. در حالی که در طیف‌های حاوی ۴ درصد وزنی نسبت به طیف‌های قبلی حالت کاهش دیده می‌شود. با توجه به نتایج آنالیز فوتولومینسانس، مقدار بهینه برای آلایند Dy^{3+} در نمونه SrAl_2O_4 ، ۲ درصد وزنی انتخاب شد. با توجه به این که، مراکز نشر ثابت مانده است و تنها شدت فوتولومینسانس تغییر کرده است، می‌توان گفت که در نمونه SrAl_2O_4 آلاینس شده با Dy^{3+} به مقدار ۲ درصد وزنی، Dy^{3+} به عنوان کمک-فعال کننده عمل می‌کند و با به دام انداختن تعداد حامل‌های بار بیش‌تر و افزایش طول عمر آن‌ها در یک تراز خاص، باعث افزایش تعداد فوتون‌های گسیلی از مراکز نشر و در نتیجه افزایش شدت فوتولومینسانس شده است [۶].

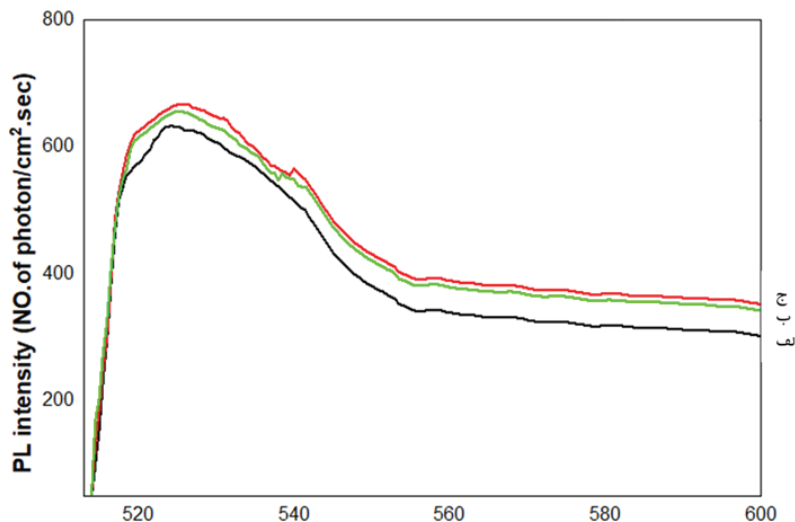
طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌های SrAl_2O_4 سنتز شده با آلایند Dy_2O_3 و Y_2O_3 به عنوان فعال ساز و حساس ساز با نسبت ثابت ۲ درصد وزنی فعال ساز Dy_2O_3 در شکل ۲ و با نسبت‌های مختلف از عامل حساس ساز Y_2O_3 (۰/۵، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی) در شکل ۴ نشان داده شده است. طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌ها مثل حالت قبل با استفاده از حلال آب، تحت طول موج تابشی مشخص (237 nm) حاصل شدند. از مقایسه طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌های آلاینس شده با Dy^{3+} و Y^{3+} مشخص شد که با آلاینس ذرات SrAl_2O_4 با Dy^{3+} و Y^{3+} تغییری در طول موج نشر ذرات SrAl_2O_4 ایجاد نمی‌شود. اما در میزان شدت فوتولومینسانس آن‌ها تفاوت احساس می‌شود. با توجه به شکل ۲ در بین نمونه‌های SrAl_2O_4 آلاینس شده با Dy^{3+} و Y^{3+} ، از ۰/۵ تا ۱/۵ درصد شدت طیف‌های نشری افزایش یافت. با افزایش میزان Y^{3+} تا ۳ درصد وزنی تغییر محسوسی در شدت نسبی نشر، ملاحظه نمی‌شود. با توجه به نتایج آنالیز فوتولومینسانس، مقدار بهینه برای نمونه دارای Y_2O_3 مقدار ۱/۵ درصد وزنی انتخاب شد. در نمونه SrAl_2O_4



حاوی Dy^{3+} و Y^{3+} ماهیت تله‌ها صرفاً تحت تأثیر آرایش با Dy^{3+} نیست. مراکز نشر موجود در طیف فوتولومینسانس می‌توانند مربوط به نقص شبکه ذرات $SrAl_2O_4$ یا مکان‌های خالی کاتیونی و حتی آرایش هم‌زمان Dy^{3+} به همراه Y^{3+} باشند که به عنوان تله‌های حامل‌های بار عمل نموده‌اند [۷].



شکل ۲: طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌های الف) $SrAl_2O_4$ سنتز شده بدون آلاینده. ب) با ۱ درصد Dy_2O_3 . ج) با ۲ درصد Dy_2O_3 و د) با ۴ درصد Dy_2O_3 .



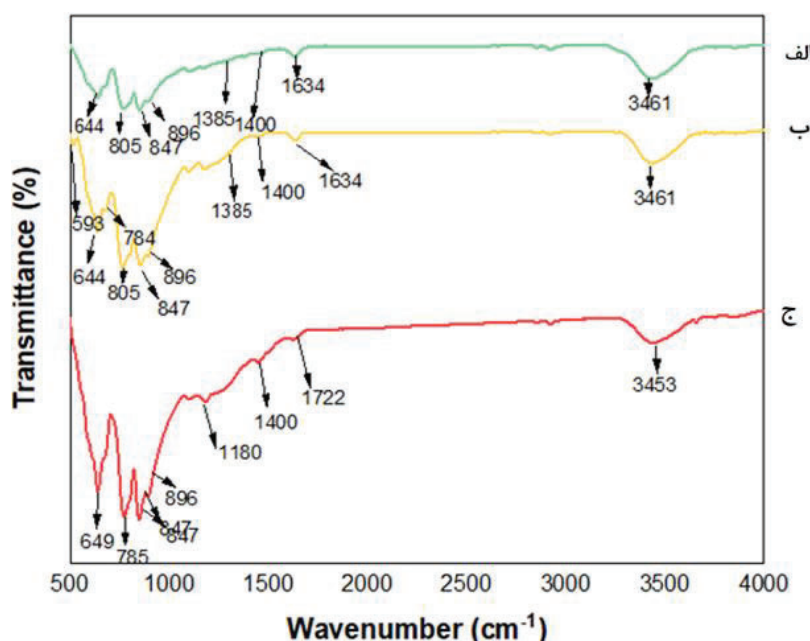
شکل ۳: طیف‌های فوتولومینسانس نمونه‌های $SrAl_2O_4$ همراه با ۲ درصد Dy_2O_3 و الف) ۰/۵ درصد Y_2O_3 . ب) ۱/۵ درصد Y_2O_3 و ج) ۳ درصد Y_2O_3 .

در لاتنانیدهای Dy^{3+} و Y^{3+} انتقال الکترون تحت تأثیر یون‌های احاطه‌کننده یون لاتنانید قرار می‌گیرند. به عبارتی بازدهی لومینسانس یون لاتنانید تقریباً به نوع ترکیب شیمیایی میزبان وابسته است، زیرا انرژی‌های جذب و نشر آن‌ها به قدری ضعیف است که تحت تأثیر میدان‌های الکتریکی خارجی قرار می‌گیرند [۸]. بنابراین، هنگامی که ناخالصی‌ها و عیوب در شبکه میزبان ظاهر شوند؛ بازدهی لومینسانس $SrAl_2O_4$ در آرایش با یون‌های خاکی کمیاب کاهش می‌یابد. تحریک در طول موج ۲۳۷ nm باعث ایجاد نشر در طول موج ۵۹۱ nm شده است. این نشر نشان‌دهنده انتقال الکترون از لایه‌های فرعی تراز d به f با انرژی‌های متفاوت است. تراز 5d بیرونی‌ترین تراز Dy^{3+} است که به شدت در معرض ارتعاشات شبکه قرار دارد. به همین دلیل تقسیم شدن ترازهای انرژی در آن

کاملاً مشهود است [۹].

وجود عامل برانگیختگی فرعی باعث ایجاد ترازهای دام در نزدیکی لایه هدایت عامل برانگیختگی می‌شود. در واقع ظرفیت الکترون‌های برانگیخته شده به شدت افزایش یافته و تعداد بیش‌تری از الکترون‌های لایه ظرفیت می‌توانند برانگیخته شوند. بر اساس نتایج حاصل شده نمونه دارای ۱/۵ درصد آلاینده Y^{3+} بهترین نتیجه را نشان داد. در حالی که با افزایش درصد آلاینده‌ها خاصیت نورتابی کاهش یافته است. دلیل آن می‌تواند ناشی از به وجود آمدن فازهای ثانویه مزاحم، تغییرات ساختار و ارتعاشات شبکه باشد. همچنین با افزایش درصد آلاینده‌ها عیوب شبکه به شدت کاهش می‌یابد. این جای خالی‌ها در شبکه بر روی انرژی ترازهای مختلف اثر گذاشته و سبب جفت شدن حفره‌ها- الکترون‌ها شده و در نهایت تابش را کاهش می‌دهند [۱۰].

برای تعیین ساختار و گروه‌های عاملی موجود در پودرهای سنتز شده، از آنالیز تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) استفاده شد. بر اساس روش سنتز $SrAl_2O_4$ ، طیف IR نمونه بدون آلاینده و نمونه حاوی آلاینده‌های بهینه آنالیز فوتولومینسانس بررسی شد. طیف‌های مربوط به این نمونه‌ها در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴: الف) طیف FTIR پودر سنتز شده $SrAl_2O_4$ بدون افزودنی، ب) پودرهای سنتز شده حاوی ۲ درصد Dy_2O_3 و ج) پودرهای سنتز شده حاوی ۲ درصد Dy_2O_3 و ۱/۵ درصد Y_2O_3 .

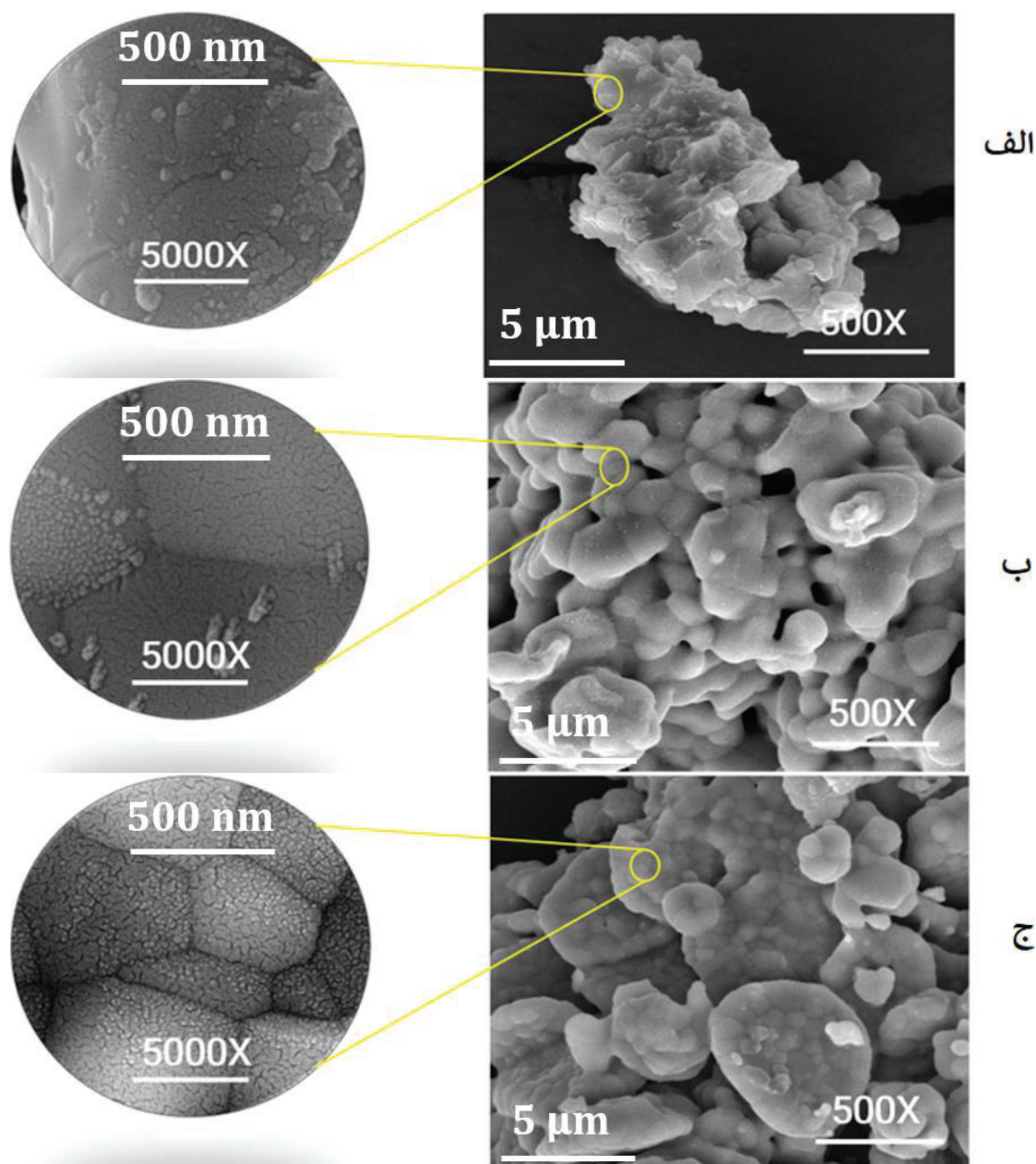
در طیف‌های نشان داده شده در شکل ۴، پیک پهن واقع در حوالی عدد موج 3460 cm^{-1} و پیک‌های ضعیف در محدوده 1600 cm^{-1} تا 1800 cm^{-1} مربوط به گروه هیدروکسیل است که ارتعاشات کششی و خمشی گروه هیدروکسیل را نشان می‌دهد. وجود گروه هیدروکسیل در نانو ذرات $SrAl_2O_4$ مربوط به مولکول‌های آب و جذب رطوبت از محیط است. پیک ضعیف موجود در حوالی 1385 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی گروه N-O مربوط به گروه‌های نیتراتی مواد اولیه he_3yu است. پیوند متقارن O-Al-O در قله‌ی 847 cm^{-1} دیده می‌شود. قله‌های کششی نامتقارن در 785 cm^{-1} و 649 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات Sr-O است. طیف FTIR مربوط به SAO_{12} سنتز شده با طیف‌های مرجع مطابقت دارد. قله‌های واقع در ناحیه 400 cm^{-1} تا 1000 cm^{-1} به مدهای ارتعاشی فعال مادون قرمز نانو ذرات $SrAl_2O_4$ اختصاص دارند. نتایج حاصل در توافق با نتایج طیف‌سنجی FTIR به دست آمده در مرجع هستند [۱۱].

در طیف مربوط به شکل الف-۴، پیک حوالی 1400 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی پیوند B-O است و پیک‌های حوالی 1180 cm^{-1} و 720 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی مثلی در BO_3 است و می‌توان نتیجه گرفت که B^{3+} می‌تواند جایگزین Al^{3+} شود [۱۱].

در طیف مربوط به نمونه دارای آلاینده، اندکی جابجایی در عدد موج پودر SrAl_2O_4 و کاهش درصد عبور دیده می‌شود. جابجایی در عدد موج به ورود Dy^{3+} در شبکه آلومینات استرانسیوم و در نتیجه تغییر نیروهای برهم‌کنش بین اتم‌های ذرات SrAl_2O_4 نسبت داده می‌شود [۱۲].

با توجه به طیف‌های FTIR دو نمونه Dy_2O_3 و Y_2O_3 ، در شکل ج-۴ نسبت به ب-۴، اضافه کردن آلاینده‌های فعال‌ساز و حساس‌ساز پیوندهای ضعیف شده در SrAl_2O_4 قوی شده [۱۳] و در نتیجه با اضافه کردن دو آلاینده شدت پیک‌ها نسبت به یک آلاینده بیش‌تر از حالت‌های بدون آلاینده می‌شود [۱۴].

شکل ۵-الف تصاویر SEM ذرات SrAl_2O_4 سنتز شده در بزرگنمایی‌های مختلف را نشان می‌دهد که ذرات پودر تقریباً شبه‌کروی و آگلومره هستند و اندازه ذرات زیر $1 \mu\text{m}$ است.



شکل ۵: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM): (الف) نمونه SrAl_2O_4 بدون آلاینده، (ب) نمونه SrAl_2O_4 با $2\% \text{Dy}_2\text{O}_3$ (ج) نمونه



SrAl₂O₄ با ۲٪ Dy₂O₃ و ۱/۵٪ Y₂O₃.

نتایج شکل ۵-ب نشان داد، که با افزودن آلایندہ Dy₂O₃ به ترکیب SrAl₂O₄، اندازه ذرات نسبت به ذرات بدون افزودنی بزرگتر شده است و اندازه ذرات در حدود ۱-۳ μm است. در شکل ۵-ج تصاویر ذرات پودری SrAl₂O₄ آلایندہ شده با Dy₂O₃ با نسبت وزنی ۲ درصد و Y₂O₃ با نسبت‌های وزنی ۱/۵ درصد نشان داده شده است. با افزودن میزان آلایندہ Y₂O₃، ابعاد ذرات مجدد ریزتر شده و اندازه بلورها تا ۰/۵ μm کاهش یافته است.

به بیان دیگر، با ورود Dy³⁺ و Y³⁺ به شبکه SrAl₂O₄، پتانسیل شبکه میزبان و نیروهای برهم‌کنش اتم‌ها در شبکه تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۱۳]. در نتیجه، با تغییر نیروهای برهم‌کنش عوامل مختلفی از جمله ثابت‌های شبکه و اندازه ذرات نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرند [۱۵].

۴- نتیجه‌گیری

نتایج سنتز پودرهای بلوری SrAl₂O₄ توسط روش حالت جامد با افزودنی اسید بوریک نشان داد با اضافه کردن ۵٪ اسید بوریک، این افزودنی نقش گداز‌آور داشته و دمای تشکیل فاز اسپینل SrAl₂O₄ حدود ۱۲۰۰°C در ۲ ساعت است. همچنین در دماهای بالای ۱۳۰۰°C فاز SrAl₁₂O₁₉ تشکیل شد که برای خواص فوتولومینسانسی مضر است. با انجام آنالیز طیف‌سنجی FTIR پیوندهای بین عناصر تشکیل دهنده ذرات SrAl₂O₄ تایید شد و طول موج‌های زیر ۱۰۰۰ cm⁻¹ معمولاً مربوط به حالت‌های ارتعاش مادون قرمز ذاتی آلومینات استرانسیوم هستند. آنالیز فوتولومینسانس از نمونه‌های دارای آلایندہ‌های Dy₂O₃ با نسبت وزنی ۱ تا ۴ درصد و با Y₂O₃ نسبت وزنی ۰/۵ تا ۳ درصد به عمل آمد و نشان داد که با افزایش میزان آلایندہ شدت نشر فوتولومینسانس افزایش یافته و بعد از رسیدن به مقدار بهینه کاهش می‌یابد که با توجه به منابع مشابه نتایج قابل قبول بوده است. در آنالیز فوتولومینسانس جذب تقریباً در طول موج ۲۷۳ nm و نشر در بازه طول موج‌های ۵۰۰-۶۰۰ nm رخ داد. نتایج FESEM نشان داد افزودن آلایندہ‌های Dy₂O₃ و Y₂O₃ باعث تغییر رشد ذرات SrAl₂O₄ شده و اندازه ذرات آلایندہ شده با Dy₂O₃ نسبت به ذرات بدون آلیش بزرگتر شده است اما با افزودن Y₂O₃ ذرات مجدد شروع به رشد کردند. به بیان دیگر، با ورود Dy³⁺ و Y³⁺ به شبکه SrAl₂O₄، پتانسیل شبکه میزبان و نیروهای برهم‌کنش اتم‌ها در شبکه تحت تأثیر قرار می‌گیرند.

منابع

- [1]. Z. Li et al., "Mechanism of long afterglow in SrAl₂O₄: Eu phosphors," *Ceram Int*, vol. 47, no. 23, pp. 32947–32953, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.ceramint.2021.08.193.
- [2]. V. Vitola, D. Millers, I. Bite, K. Smits, and A. Spustaka, "Recent progress in understanding the persistent luminescence in SrAl₂O₄: Eu, Dy".
- [3]. R. Neema, M. Saleem, P. K. Sharma, and M. Mittal, "Structural and photoluminescent studies of SrAl₂O₄: Dy³⁺, Ce³⁺ phosphors," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Apr. 2019. doi: 10.1063/1.5098743.
- [4]. Y. Wang, X. Song, and S. Zhang, "Effect of B₂O₃ on long-last phosphorescence of SrAl₂O₄: Eu²⁺, Dy³⁺," *Materials Science Forum*, vol. 610–613, pp. 403–407, 2009, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.610-613.403.
- [5]. R. Neema, M. Saleem, P. K. Sharma, and M. Mittal, "Rare-earth Ion (Eu³⁺ and Dy³⁺) substituted SrAl₂O₄ phosphor: A study of structural and luminescence properties," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Sep. 2021. doi: 10.1063/5.0061418.
- [6]. A. Moheb, S. A. Khorramie, S. M. Dehagi, and S. A. Khorramie, "Effect of Solvents on the Synthesis of SrAl₂O₄ Nanoparticles by Reverse Micelle Process," 2020.
- [7]. S. A. Pardhi, G. B. Nair, R. Sharma, and S. J. Dhoble, "Investigation of thermoluminescence and electron-vibrational interaction parameters in SrAl₂O₄: Eu²⁺, Dy³⁺ phosphors," *J Lumin*, vol. 187, pp. 492–498, 2017, doi: 10.1016/j.jlumin.2017.03.028.
- [8]. L. Yang, Q. Liu, H. Zheng, S. Zhou, and W. Zhang, "The decay model of Eu²⁺ and Eu²⁺, Dy³⁺ substituted SrAl₂O₄ prepared by high temperature solid phase method," *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, vol. 124, no. August 2018, pp. 151–156, 2019, doi: 10.1016/j.jpcs.2018.09.022.
- [9]. E. A. Canaza-Mamani et al., "TL and EPR characteristics of SrAl₂O₄ phosphor prepared by solid-state reaction method," *J Lumin*, vol. 245, 2022, doi: 10.1016/j.jlumin.2021.118585.



- [10]. N. Pathak, B. Sanyal, S. K. Gupta, and R. M. Kadam, "MgAl₂O₄ both as short and long persistent phosphor material: Role of antisite defect centers in determining the decay kinetics," *Solid State Sci*, vol. 88, pp. 13–19, 2019, doi: 10.1016/j.solidstatesciences.2018.12.001.
- [11]. Z. CHEN, Y. ZHU, M. GE, Effect of red emitting fluorescent pigment on fluorescent color of SrAl₂O₄: Eu²⁺, Dy³⁺ phosphors, *J. Rare Earths*. 35 (2017) 247–253. [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(17\)60907-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(17)60907-4).
- [12]. S. Singh, V. Tanwar, A.P. Simantilleke, D. Singh, Structural and photoluminescent investigations of SrAl₂O₄: Eu²⁺, RE³⁺ improved nanophosphors for solar cells, *Nano-Structures and Nano-Objects*. 21 (2020) 100427. <https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2020.100427>.
- [13]. V. Chernov et al., "Thermoluminescence and infrared stimulated luminescence in long persistent monoclinic SrAl₂O₄: Eu²⁺, Dy³⁺ and SrAl₂O₄: Eu²⁺, Nd³⁺ phosphors," *Opt Mater (Amst)*, vol. 92, no. April, pp. 46–52, 2019, doi: 10.1016/j.optmat.2019.04.015.
- [14]. J.S. Kim, Y.N. Kwon, K.S. Sohn, Dynamic visualization of crack propagation and bridging stress using the mechano-luminescence of SrAl₂O₄: (Eu, Dy, Nd), *Acta Mater*. 51 (2003) 6437–6442. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2003.08.013>.
- [15]. S. Gültekin, S. Yıldırım, O. Yılmaz, İ. Ç. Keskin, M. İ. Katı, and E. Çelik, "Structural and optical properties of SrAl₂O₄: Eu²⁺/Dy³⁺ phosphors synthesized by flame spray pyrolysis technique," *J Lumin*, vol. 206, pp. 59–69, 2019, doi: 10.1016/j.jlumin.2018.10.011.



Photoluminescence Properties of SrAl_2O_4 Compound Synthesized with Dysprosium and Yttrium Impurities

Yalda Moradpour^{1*}, Mohammad Rezavani²

¹ Master of Materials Science and Engineering, Materials Engineering Department, Tabriz

² University Full professor, Materials Engineering Department, Tabriz University

* yaldamoradpour1995@gmail.com

Abstract: Stable photoluminescence is a phenomenon that is excited by irradiating high-energy light (usually ultraviolet light and sometimes beta rays) to a given substance. After the excitation stops, visible light is emitted from the excited electron states. The material will be done for a time that can be evaluated from seconds to several hours.

In the present research, in the first stage, the synthesis of SrAl_2O_4 with stoichiometric percentages was investigated by solid-state reaction method at temperatures of 900, 1100, 1300, and 1500°C. Then, Dy_2O_3 and Y_2O_3 additives were added to the SrAl_2O_4 mixture with ratios of 1 to 4% by weight. The crystal structure and network of the SrAl_2O_4 host were determined by X-ray diffraction (XRD) analysis. The emission intensity of the mentioned factors was investigated by photoluminescence spectrophotometry (PL) with radiation at the wavelength of 237 nm, and the emission obtained in the wavelength range of 500-540 nm in the sample with different additives. Also, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) of the host composition and optimized samples with additives were also performed. The microstructure of the synthesized particles was examined using a scanning electron microscope (SEM).

Keywords: Photoluminescence, Strontium aluminate, Phosphorescence, Host, Additive.