فصلنامه‌ی علمی پژوهشی

علم و مهندسی سرامیک

دوره‌ی ۶، شماره‌ی ۲، تابستان ۱۳۹۶

بررسی خواص نوری نانو سرامیک‌های پایه اکسید ایتریوم

سید مهدی رفیعائی[۱*]، محمدرضا شکوهی مهر[۲]

[۱] گروه مهندسی مواد، دانشکده فنی و مهندسی گلپایگان، اصفهان

[۲] گروه مهندسی شیمی و بیولوژی، دانشکده مهندسی، دانشگاه ملی سئول، سئول، کره جنوبی

* rafiaei@gut.ac.ir

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۲۲ خرداد ۱۳۹۶

پذیرش: ۳ دی ۱۳۹۶

کلید واژه:

سنتز احتراقی، خواص نوری، لومینسانس، نانوساختارها، مواد فسفری

چکیده:

در این تحقیق نانو پودر $Y_2O_3:Eu^{3+}$ با اندازه تقریبی ذرات ۵۰ nm به روش سنتز احتراقی فرآوری گردید. سپس به منظور حذف مواد آلی باقی‌مانده و همچنین بهبود شبکه بلوری، این مواد در دماهای ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰°C مورد عملیات حرارتی باز پخت قرار گرفته و سپس اندازه ذرات و شکل نانو ساختارهای سنتز شده با استفاده از میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی و عبوری مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین برای بررسی خواص نوری این مواد یک مشخصه‌یاب خواص فتو لومینسانس به خدمت گرفته شد. در پژوهش صورت گرفته مشخص گردید که نوع حلال مصرفی و همچنین دمای عملیات حرارتی پس از سنتز احتراقی دارای اثرات قابل توجهی بر روی شکل نانو ساختار و خواص لومینسانس این مواد فسفری می‌باشند. همچنین مقادیر استوکیومتری واکنش‌های احتراق مورد نظر بر حسب ظرفیت مواد اکسید کننده و احیا کننده محاسبه گردید.

۱- مقدمه

سنتز و بررسی نانو ذرات نوری توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده‌اند زیرا بسیاری از مطالعات نشان می‌دهند که ویژگی‌های مواد نوری این نانو مواد بسیار متفاوت از مواد مرسوم آنها می‌باشد [۳-۱]. این مواد دارای کاربردهای بسیار متعددی در صفحات نمایش با وضوح و کارایی بالا، تقویت سلول‌های خورشیدی، دیودها، سنسورهای نوری، لیزر و همچنین مواد زیست سازگار باشند. دیود ساطع کننده نور ماوراء بنفش به طور فزاینده‌ای به عنوان یک منبع تحریک برای طراحی نور سفید استفاده می‌شود. حال باید دانست که این مواد فسفری دارای طیف گسترده و بسیار متنوعی هستند و در این میان اکسید ایتریوم به دلیل برخورداری از شبکه بلوری مکعبی و خواص منحصر بفردی که در پدیده عبور نور دارد به شدت مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین بسیاری از محققان خواص نوری اکسید ایتریومی که یون‌های لانتانید به ساختار آن اضافه شده است را مورد مطالعه قرار داده‌اند [۱۰-۴]. زمانی‌که این فسفر توسط یوروپیم دوپ شود و تحت تابش نور ماورای بنفش قرار گیرد نور قرمز رنگ درخشانی از

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]

خود ساطع می‌نماید که برای طیف گسترده‌ای از کاربردها در زمینه‌های صفحات نمایش و لیزر مناسب می‌باشد [۱۳-۱۱]. حال باید دانست که ریز ساختار نانو فسفرها و خواص نوری آن‌ها به پارامترهای بسیاری از جمله شرایط فرآیند سنتز و باز پخت آنها بستگی دارد. روش سنتز احتراقی به دلیل اقتصادی و سریع بودن به میزان زیادی مورد توجه محققان قرار گرفته است [۱۵-۱۴]. علاوه بر این، آب و الکل بدلیل آنکه غیر سمی می‌باشند غالباً به عنوان حلال‌های سازگار با محیط زیست در فرایندهای شیمیایی و صنایع در نظر گرفته می‌شوند. اما مطابق با تحقیقی که قبلا روی این موضوع انجام گرفت مشخص شد که خواص فیزیکی این دو نوع حلال بسیار متفاوت بوده و دارای رفتارهای متفاوتی در طی فرآیند سنتز احتراقی می‌باشند [۱۶]. درپژوهش حاضر نیز Y_2O_3: Eu^{3+} با استفاده از روش سنتز احتراقی و به کمک سوخت اوره با استفاده از حلال‌های متفاوتی فرآوری و سپس در دماهای مختلف تحت عملیات حرارتی باز پخت قرار گرفت. سپس ریز ساختار این ماده اکسیدی با استفاده از مطالعه دقیق واکنش‌های شیمیایی مربوط به سنتز احتراقی و همچنین نتایج مربوط به طیف‌های پراش (توسط اشعه ایکس) و همچنین میکروسکوپ‌های الکترونی مورد ارزیابی و واکاوی قرار گرفت.

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- سنتز نانو مواد

برای تولید نانو پودر $(Y_{1.92}Eu_{0.08})O_3$ روش سنتز احتراقی مورد استفاده قرار گرفت. مواد اولیه شامل نیترات ایتریم $(Y(NO_3)_3.6H_2O)$، نیترات یوروپیم $(Eu(NO_3)_3.5H_2O)$، و اوره (CH_4N_2O) در بالاترین درجه خلوص ممکن ازشرکت سیگما آلدریچ خریداری شدند. برای سنتز نانو ساختار Y_2O_3: Eu^{3+} مواد اولیه مورد نیاز در آب دیونیزه حل گردیدند و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق و در یک بوته آلومینا هم زده شدند. در یک فرآیند دیگر و به صورت مشابه مقادیر نیترات‌های ایتریم و اروپیم مورد نظر در مخلوط آب و اتانول حل شد. سپس در حالت تلاطم شدید به محلول‌های فوق، به اندازه کافی اوره به عنوان سوخت اضافه شده و در نهایت، بوته حاوی محلول به یک کوره الکتریکی منتقل و در دمای ۴۰۰°C برای حدود ۱۵ دقیقه حرارت داده شد. با انجام مراحل فوق فرآیند تبخیر آغاز و احتراق خود به خود منجر به واکنش‌هایی سریع و سپس تولید پودری غیر متراکم با دانسیته کم در بوته آلومینایی می‌شود. در ادامه به منظور حذف مواد آلی باقی مانده و همچنین رسیدن به یک ساختار بلوری مناسب، محصولات به دست آمده در دماهای ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰°C به مدت ۱ ساعت حرارت داده شد.

۲-۲- آنالیز مواد

ساختار مواد تولید شده توسط پراش اشعه ایکس (XRD Rigaku D/Max-3C) و با طول موج ۰/۱۵۴ nm = λ با آند دوار و منبع تابش مسی مورد بررسی قرار گرفت. شکل نانو ساختارها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (FESEM ،ZEISS SUPRA 55VP, Germany) همچنین میکروسکوپ الکترونی عبوری (Japan، JEOL 3010، TEM) مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت نیز طیف انتشار با استفاده از یک ماشین فتولومینسانس (Japan، PL Horiba Jobin Yvon Fluorolog-) حاصل گردید.

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]

۳- نتایج و بحث

۳-۱- واکنش‌های اکسیداسیون و احیا

در واکنش‌های مربوط به فرآیند سنتز احتراقی، نیترات های ایتریم و یوروپیم و سوخت مورد استفاده به ترتیب دارای نقش‌های اکسید کننده و احیا کننده می‌باشند. برای محاسبات مربوط به درجه اکسید کنندگی و احیاکنندگی این مواد اکسیژن تنها عنصری است که دارای نقش اکسید کننده می‌باشد. اما در مقابل کربن و هیدروژن دارای اثر احیاکنندگی بوده و با علامت منفی در نظر گرفته می‌شوند. لازم به توضیح است که در این محاسبات نیتروژن خنثی بوده و عدد مربوط به آن صفر لحاظ می‌گردد [۱۷]. حال با توجه به توضیحات داده شده میزان ظرفیت اکسید کنندگی نیترات‌ها و احیا کنندگی سوخت را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

$$Y(NO_3)_3: [Y(-3)+3(N(0)+9O(2))] \rightarrow 15$$

$$(CH_4N_2O): [C(-4)+4H(-1)+2N(0)+O(2)] \rightarrow -6$$

حال اگر اعداد محاسبه شده فوق را ساده کنیم قدر مطلق نسبت ظرفیت مواد اکسید کننده به احیا کننده برابر ۵ به ۲ می‌باشد. بنابراین برای رسیدن به ترکیبی استوکیومتری بایستی به ازای دو مول نیترات ایتریم از ۵ مول سوخت اوره استفاده نمود. بصورت جالبی دیده می‌شود که نسبت محاسبه شده بین مقادیر نیترات ایتریم و اوره دقیقا همان عددی است که در موازنه شیمیایی واکنش احتراق بدست می‌آید:

$$2Y(NO_3)_3 + 5CH_4N_2O \rightarrow Y_2O_3 + 5\ CO_2 + 8\ N_2 + 10\ H_2O$$

$$0.96(2)Y(NO_3)_3 + 0.04(2)Eu(NO_3)_3 + 5CH_4N_2O \rightarrow (Y_{0.96}Eu_{0.04})_2O_3 + 5\ CO_2 + 8\ N_2 + 10\ H_2O$$

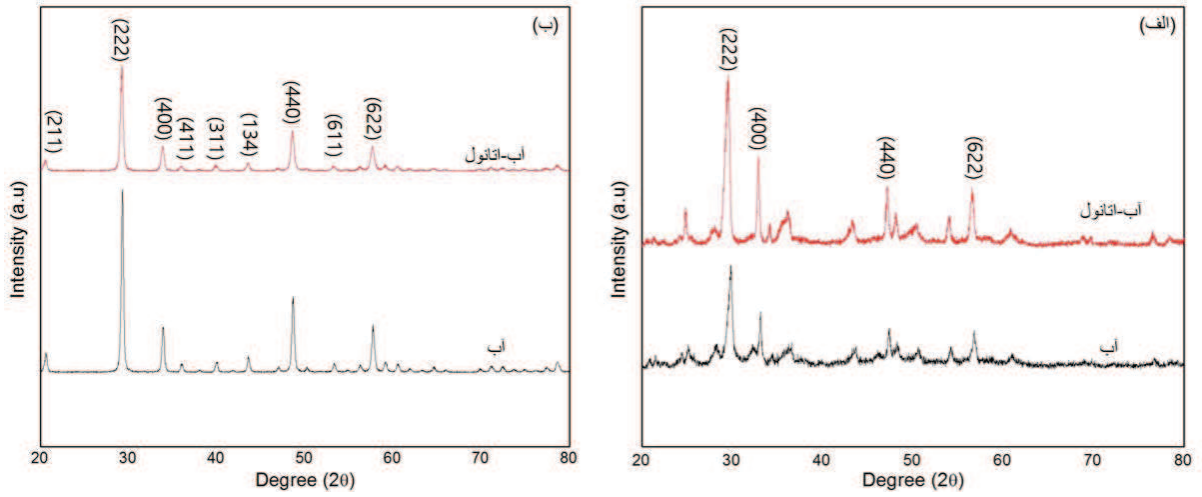
حال همانطور که در قسمت آزمایشگاهی نیز توضیح داده شد طبق واکنش فوق می‌توان یافت که به ازای ۵ گرم نیترات ایتریم، ۲۳/۰ گرم نیترات یوروپیم و حدود ۲/۱ گرم اوره بایستی در واکنش احتراق شرکت داده شوند.

نتایج حاصل از آنالیز XRD نانو پودر $Y_2O_3:Eu^{3+}$ در شکل ۱ (الف و ب) نشان داده شده است. اطلاعات ارائه شده در این طیف نشان می‌دهد که تفرق اصلی مربوط به صفحات (۲۱۱)، (۲۲۲)، (۴۰۰)، (۴۴۰) و (۶۲۲) است. این نتیجه نشان دهنده ساختار بلوری مکعبی (JCPDS: 41-1105) برای مواد با پایه Y_2O_3 می‌باشد. این ماده دارای گروه فضایی (Ia-3) No.206، گروه نقطه‌ای m-3 با ۱۶ فرمول و پارامتر شبکه ۱/۰۶۱ nm است. در طیف تفرق اشعه ایکس مربوط به ماده $Y_2O_3:Eu^{3+}$ واضح است که پیک‌ها نه به شکل تیز بلکه به صورت پهن می‌باشند که این امر نشان دهنده تشکیل موادی با ساختار نانو می‌باشد. افزایش دمای کلسینه باعث بهبود ساختار بلوری و همچنین افزایش شدت پیک برای همه نمونه‌ها می‌گردد. ضمناً بسیار واضح است که در تمام موارد هیچ گونه ناخالصی را نمی‌توان در طیف XRD مشاهده نمود. همچنین، اندازه دانه را می‌توان از معادله شیرر (Scherrer)، $D = 0.9\lambda/\beta\cos\theta$، محاسبه کرد که در این رابطه D متوسط اندازه دانه‌ها، λ طول موج اشعه ایکس، θ و β به ترتیب زاویه تفرق و عرض پیک در نصف ارتفاع حداکثر پیک مشاهده شده می‌باشد. بمنظور بررسی اثر نوع حلال روی ساختار بلوری نانو مواد تولید شده مشخصات پیک (۲۲۲) در طیف‌های XRD در جدول ۱ نشان داده شده است. در این جدول 2θ، d، β، I به ترتیب محل

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]

پیک، فاصله بین صفحات (۲۲۲)، عرض پیک در نصف ارتفاع و شدت پیک می‌باشند. دیده می‌شود که برای مواد سنتز شده در مجاورت آب و مخلوطی از آب و الکل با افزایش دمای باز پخت مقدار d به ترتیب از حدود ۲/۹۹۰ به ۳/۰۵۱ و ۳/۰۱۸ به ۳/۰۵۵ نانومتر افزایش یافته است که این امر مبین بزرگتر شدن پارامتر شبکه و انبساط شبکه بلوری می‌باشد. همچنین واضح است که با افزایش دمای باز پخت مقدار β و I به ترتیب کاهش و افزایش چشمگیری از خود نشان می‌دهند که این امر نیز دلالت بر افزایش اندازه ذرات و تقویت میزان بلوری شدن مواد فرآوری شده می‌باشد. در نهایت نیز مشاهده می‌گردد که با افزایش دمای باز پخت سایز بلورک‌ها (D) بصورت محسوسی افزایش یافته است.



شکل ۱- دیاگرام‌های XRD نانو ساختارهای $Y_2O_3:Eu^{3+}$ که در حضور آب و مخلوطی از آب و اتانول سنتز شده‌اند: الف) باز پخت شده در دمای ۴۰۰°C ب) باز پخت شده در دمای ۱۰۰۰°C.

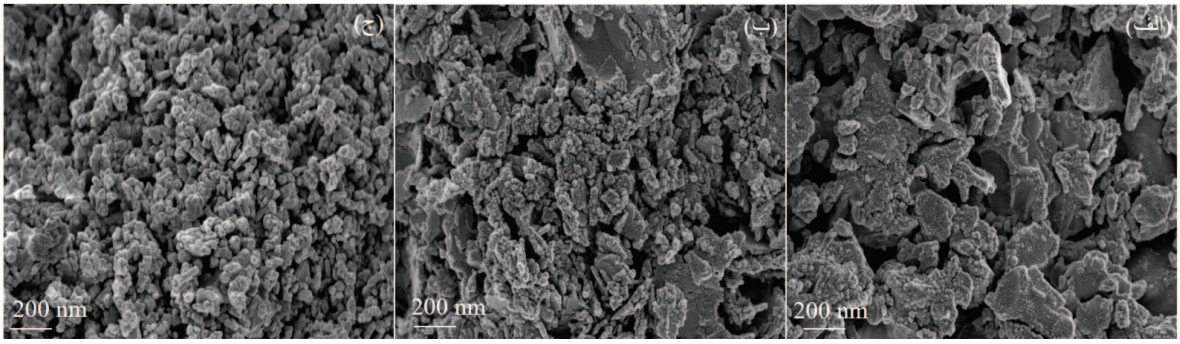
جدول ۱- مشخصات پیک (۲۲۲) در طیف‌های XRD فسفرهای سنتز شده

نمونه	T (°C)	2θ (°)	d (Å)	β (°)	I (a.u)
Y_2O_3/Eu^{3+} - آب	400	29.8772	2.99057	0.011	277.07
Y_2O_3/Eu^{3+} - آب	1000	29.2673	3.05149	0.009	2447.39
Y_2O_3/Eu^{3+} - آب / الکل	400	29.5979	3.01816	0.015	479.35
Y_2O_3/Eu^{3+} - آب / الکل	1000	29.2330	3.05499	0.004	1406.96

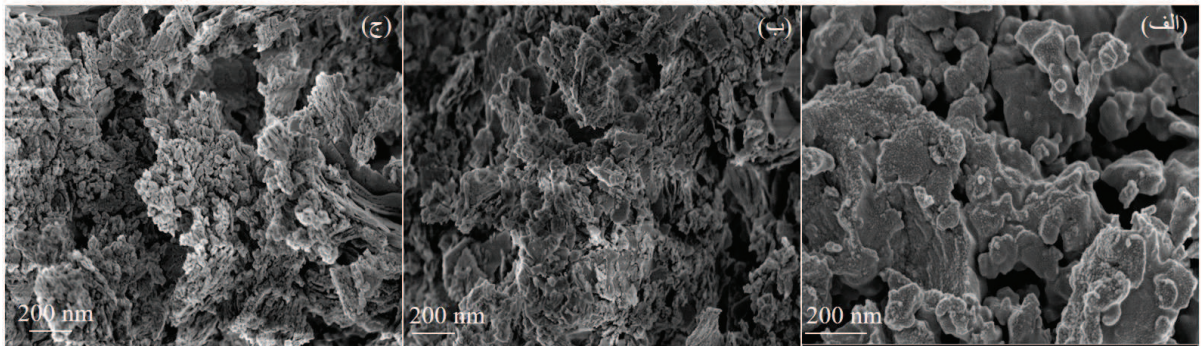
ویسکوزیته آب کمتر از اتانول است در حالی که هدایت حرارتی و ثابت دی الکتریک آن بسیار بالاتر از اتانول می‌باشد. در نتیجه، هنگامی که آب در فرآیند سنتز احتراقی به عنوان حلال استفاده می‌شود، نفوذ و انتشار نرخ یون در محلول سریع‌تر و نهایتاً رشد بلورهای $Y_2O_3:Eu^{3+}$ در مقایسه با مخلوط آب و اتانول تسهیل می‌گردد [۸]. در حالتی که از آب به عنوان حلال استفاده گردد و البته متعاقبا فرآیند عملیات حرارتی در دماهای بالاتر صورت پذیرد، از آنجا که میزان نرخ نفوذ بستگی به درجه

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]

حرارت دارد این مکانیزم منجر به تشکیل ذرات بزرگ‌تر $Y_2O_3:Eu^{3+}$ می‌گردد. مطابق با شکل‌های ۲ و ۳ دیده می‌شود که اگر دمای عملیات حرارتی برابر ۱۰۰۰°C باشد اندازه دانه‌ها بصورت قابل توجهی بزرگتر از زمانی است که دمای عملیات باز پخت برابر ۴۰۰ و ۸۰۰°C است. همچنین، نقطه جوش اتانول پایین‌تر از آب است. بنابراین همانطور که از مقایسه شکل ۲ الف با شکل ۳ الف مشاهده می‌گردد، در مواردی که نانو ذرات در دمای پایین‌تری تحت عملیات حرارتی پخت قرار می‌گیرند، اتانول می‌تواند سریع‌تر تبخیر شود و در نتیجه این امر منجر به تسهیل رشد بلور و اندازه بزرگتر ذرات سنتز شده می‌گردد. مقایسه شکل‌های ۲ب با ۳ب و همچنین ۲ج با ۳ج نشان می‌دهد که اندازه دانه‌های سنتز و کلسینه شده در دماهای بالا در حلال آب بزرگ‌تر از نمونه‌های مشابه در مخلوط حلال‌های آب و اتانول می‌باشد. در ادامه این تحقیق برای مطالعه دقیق‌تر تاثیر نوع حلال استفاده شده بر اندازه ذرات فسفر، میکروسکوپ الکترونی عبوری با وضوح بالا (HRTEM) به خدمت گرفته شد. تصاویر نشان داده شده در شکل‌های ۴-الف و ۴-ب مربوط به موادی است که به ترتیب در حضور آب و یا مخلوط آب و اتانول سنتز و سپس در دمای ۱۰۰۰°C باز پخت گشته‌اند. در این تصاویر که از وضوح بسیار بالایی برخوردار می‌باشند دیده می‌شود که اندازه متوسط ذرات در این دو حلال مذکور به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۷۰ nm می‌باشد. تصاویر HRTEM تایید کرد که استفاده از آب به عنوان حلال، در صورتی‌که فرآیند کلسینه در دمای بالا انجام گردد آ نانوساختارها را بهبود می‌بخشد و ذرات بزرگتری تولید می‌گردند.



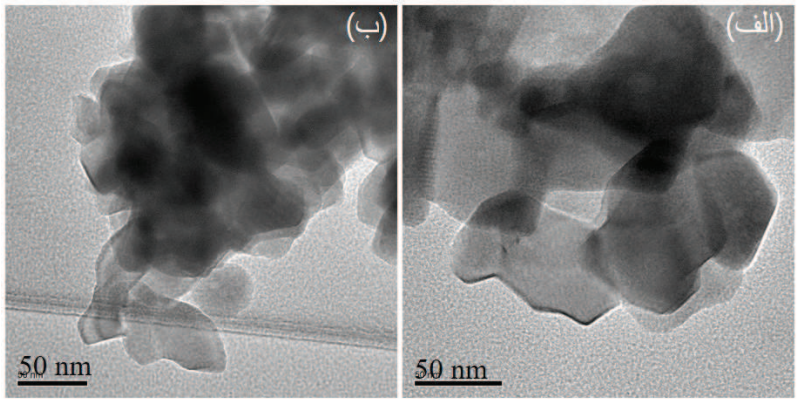
شکل ۲- تصاویر FESEM مربوط به $Y_2O_3:Eu^{3+}$ با حلال آب در دماهای بازپخت (الف) ۴۰۰°C، (ب) ۸۰۰°C و (ج) ۱۰۰۰°C.



شکل ۳- تصاویر FESEM مربوط به $Y_2O_3:Eu^{3+}$ با حلال آب/الکل در دماهای بازپخت (الف) ۴۰۰°C، (ب) ۸۰۰°C و (ج) ۱۰۰۰°C.

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]



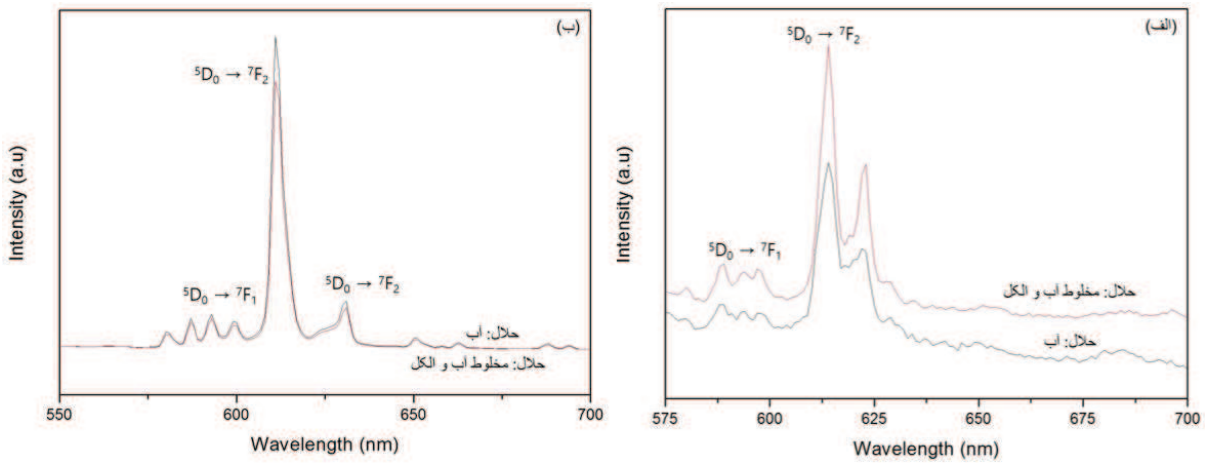
شکل ۴- تصاویر HRTEM مربوط به مواد فسفری $Y_2O_3:Eu^{3+}$ که در حضور حلال‌های (الف) آب و (ب) مخلوطی از آب و اتانول سنتز شده و سپس همه آن‌ها در دمای ۱۰۰۰°C تحت عملیات حرارتی پخت قرار گرفته‌اند.

در شکل ۵ طیف انتشار مربوط به ماده نانوساختار $Y_2O_3:Eu^{3+}$ که در حضور حلال‌ها و همچنین دماهای مختلف فرآوری شده‌اند نشان داده شده است. همانطور که در این شکل نشان داده شده است این ماده چندین پیک انتشار در محدوده ۵۷۵ تا ۷۰۰ nm از خود بروز می‌دهد. قوی‌ترین پیک انتشار در طول موج ۶۱۲nm رخ می‌دهد و متعلق به انتقال دو قطبی الکتریکی $^5D_0-^7F_2$ و پیک‌های نسبتاً ضعیف‌تری که در ۵۷۸، ۵۹۲، ۶۵۲ و ۶۸۸nm دیده می‌شوند به انتشار خطوط $^5D_0-^7F_J(J=0,1,3,4)$ مربوط می‌باشند [۱۹]. هنگامی که یون‌های Eu^{3+} در یک سایت با تقارن پایین قرار گرفته باشد، در طیف انتشار فوتولومینسانس، انتقال دو قطبی الکتریکی $^5D_0-^7F_2$ غالب است و البته دارای شدت بالاتری نسبت به انتقال دو قطبی مغناطیسی ($^5D_0-^7F_1$) می‌باشند. با این حال در بسیاری از اوقات، تقارن یون‌های Eu^{3+} به یک مرکز وارونگی اختصاص ندارد و انتقال دو قطبی الکتریکی به شکل جزیی مجاز می‌باشد [۲۰].

مطابق با شکل ۵ الف زمانی‌که این محصولات در حضور مخلوط آب و اتانول تولید و در ادامه در دمای پایین‌تری تحت عملیات باز پخت قرار گرفته‌اند دارای شدت لومینسانس بالاتری نسبت به مواد مشابه سنتز شده در آب می‌باشند. نکته قابل توجه آن است که در صورت استفاده از آب به عنوان حلال، مقدار بسیار عظیمی از هیدروکسیدها را می‌توان در ماده سنتز شده یافت نمود و البته پخت در دماهای پایین به اندازه کافی برای از بین بردن همه آنها کافی نیست. بعبارت دیگر عامل O-H به عنوان یک کوئنچ کننده خواص لومینسانس شناخته می‌شود و زمانی‌که از آب به عنوان حلال استفاده گردد و سپس دماهای پایین جهت بازپخت این مواد انتخاب شوند می‌توان انتظار خواص لومینسانس ضعیفی را داشت [۶]. اما نانوساختارهای $Y_2O_3:Eu^{3+}$ که در حضور مخلوطی از آب و اتانول سنتز و در دمای ۱۰۰۰°C باز پخت شده‌اند نشان دهنده شدت کمتری از انتشار نسبت به مورد مشابهی است که تنها با استفاده از آب سنتز شده‌اند (شکل ۵ ب). جالب است بدانیم در کار تحقیقاتی دیگری که $Y_2O_3: Eu^{3+}$ به روش solvo-thermal سنتز شد، رفتار مشابهی گزارش شده است [۱۸].

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]



شکل ۵- طیف انتشار نانو مواد Y_2O_3: Eu^{3+} که الف) در دمای ۴۰۰°C و ب) در دمای ۱۰۰۰°C مورد عملیات حرارتی کلسینه شدن قرار گرفته‌اند. (تحریک تحت طول موج ۲۵۰ نانومتر).

۴- نتیجه‌گیری

واکنش بین مواد اولیه از دو طریق موازنه شیمیایی و همچنین ظرفیت اکسید کنندگی نیترات‌ها و ظرفیت احیا کنندگی سوخت بررسی گردید. بصورت جالبی دیده می‌شود که نسبت محاسبه شده بین مقادیر نیترات ایتریم و اوره دقیقا همان عددی است که در موازنه شیمیایی واکنش احتراق بدست می‌آید. نانوذرات مواد Y_2O_3:Eu^{3+} با اندازه‌هایی در محدوده تقریبی ۵۰ nm و به روش احتراقی در حضور آب و یا مخلوطی از آب و اتانول سنتز شدند. نتایج حاصله به خوبی نشان داد که اندازه و شکل ذرات و همچنین خواص لومینسانسی این مواد به شدت تحت تاثیر حلال استفاده شده قرار دارند. نتایج این مطالعه نشان داد که در نانوساختارهای Y_2O_3:Eu^{3+} که در حضور مخلوطی از آب و اتانول سنتز و در دمای ۱۰۰۰°C باز پخت شده‌اند شدت کمتری از انتشار نسبت به حالت مشابهی که تنها آب مورد استفاده قرار گرفته حاصل می‌گردد.

مراجع

[1] F. Z. Zhou, S. Pan, T. Zhang, "Preparation and luminescent properties of cubic Eu^{3+}:Y_2O_3 nanocrystals and comparison to bulk Eu^{3+}:Y_2O_3", *J. Lumin*, vol. 124, pp. 213–216, 2007.

[2] T. Igarashi, M. Ihara, T. Kusunoki, K. Ohno, T. Isobe, and M. Senna, "Relationship between optical properties and crystallinity of nanometer Y_2O_3: Eu phosphor", Appl Phys Lett, vol. 76, pp. 1549-1551, 2000.

[3] H. Song, B. Chen, H. Peng, J. Zhang, "Light-induced change of charge transfer band in nanocrystalline Y_2O_3: Eu^{3+}", Appl Phys Lett, vol. 81, 1776-1778, 2002.

[4] F. Vetrone1, J. C. Boyer1, J. A. Capobianco1, A. Speghini, M. Bettinelli, "A spectroscopic investigation of trivalent lanthanide doped Y_2O_3 nanocrystals", Nanotechnol, vol. 15, pp. 75–81, 2004.

[5] S. Som and S. K. Sharma, "Eu^{3+}/Tb^{3+}-codoped Y_2O_3 nanophosphors: Rietveld refinement, bandgap and photoluminescence optimization", J. Phys. D: Appl. Phys. Vol. 45, pp. 415102-415112, 2012.

[6] T. S. Atabaev, Y. H. Hwang and H. K. Kim, "Color-tunable properties of Eu^{3+}-

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]

and Dy^{3+}-codoped Y_2O_3 phosphor particles", Nanoscale Research Letters volume 7 issue 1, pp. 556-562, 2012.

[7] G. Wakefield, E. Holland, P. J. Dobson, J. L. Hutchison, "Luminescence Properties of Nanocrystalline Y_2O_3:Eu," Adv Mater, Vol. 13, pp. 1557–1560, 2001.

[8] P. P. Sukul, M. K. Mahata, K. Kumar, "NIR optimized dual mode photoluminescence in Nd doped Y_2O_3 Ceramic phosphor", Journal of Luminescence, Vol. 185, pp. 92–98 2017.

[9] J. A. Capobianco, F. Vetrone, T. D'Alesio, G. Tessari, A. Speghini, M. Bettinelli, "Optical spectroscopy of nanocrystalline cubic Y_2O_3: Er^{3+}. Obtained by combustion synthesis", Phys Chem, vol. 2, pp. 3203-3207, 2000.

[10] J. A. Capobianco, F. Vetrone, J. C. Boyer, "Enhancement of Red Emission (4F9/2→4I15/2) via Upconversion in Bulk and Nanocrystalline Cubic Y_2O_3:Er^{3+}", Phys Chem, B, vol. 106, pp. 1181–1187, 2002.

[11] T. S. Chan, C. C. Kang, R. S. Liu, L. Chen, X. N. Liu, J. J. Ding, J. Bao, and C. Gao, "Combinatorial Study of the Optimization of Y_2O_3:Bi, Eu Red Phosphors", Journal of Combinatorial Chemistry., Vol. 9, No. 3, pp. 343–346 , 2007.

[12] J. A. Nelson, E. L. Brant, and M. J. Wagner, "Nanocrystalline Y_2O_3:Eu Phosphors Prepared by Alkalide Reduction", Chem. Mater., Vol. 15, No. 3, pp. 688–693 , 2003.

[13] G. Jia, M. Yang, Y. Song, H. You and H. Zhang, "General and Facile Method To Prepare Uniform Y2O3:Eu Hollow Microspheres", Cryst. Growth Des, Vol. 9, No. 1, pp. 301–307, 2009.

[14] N. Vu, T. K. Anh, G. C. Yi, W. Strek, "Photoluminescence and cathodoluminescence properties of Y_2O_3:Eu nanophosphors prepared by combustion synthesis", J. Lumin. 122-123, pp. 776-779 , 2007.

[15] S. Som, S. K. Sharma, T. Shripathi, "Influences of Doping and Annealing on the Structural and Photoluminescence Properties of Y_2O_3 Nanophosphors", Journal of. Fluores., Vol. 23, pp. 439–450, 2013.

[16] S. M. Rafiaei, A. Kim, M. Shokouhimehr, "Effect of Solvent on Nanostructure and Luminescence properties of combustion synthesized Eu3+ Doped Yttria", Nanoscience and Nanotechnology Letters, Vol. 6, No. 8, pp. 692-696, 2014.

[17] L. E. Shea, J. Mckittrick, O. A. Lopez, E. Sluzky, "Synthesis of Red-Emitting, Small Particle Size Luminescent Oxides Using an Optimized Combustion Process", Journal of the American Ceramic Society, Vol. 79, No. 12, pp. 3257 – 3265, 1996.

[18] S. Yin, M. Shinozaki, T. Sato, "Synthesis and characterization of wire-like and near-spherical Eu_2O_3-doped Y_2O_3 phosphors by solvothermal reaction" J. Lumin, vol. 126, pp. 427–433, 2007.

[19] A. P. Jadhav, A.U. Pawar, U. Palc and Y. S. Kang, "Red emitting Y_2O_3:Eu^{3+} nanophosphors with >80% down conversion efficiency", J. Mater. Chem. C vol. 2, issue 3, pp. 496-500, 2014.

[20] H. S. Yoo, H. S. Jang, W. B. Im, J. H. Kang, "Particle size control of a monodisperse spherical Y_2O_3:Eu^{3+} phosphor and its photoluminescence properties", journal of Materials Research, Vol. 22, pp. 2017-2024, 2007.

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1396.6.2.7.6]