گسیل لیزری در شیشه سرامیک‌های فسفاتی آلائیده به Nd^{+3}

وحید امیرزاده فتوت*، یوسف هاتفی

دانشکده و پژوهشکده علوم پایه، دانشگاه جامع امام حسین (ع)

چکیده: نمونه‌های شیشه -سرامیکی فسفاتی شفاف آلائیده به یون Nd^{+3} ساخته شد. ویژگی‌های فازی و ساختار پودری نمونه‌ها به‌کمک پراش پرتو ایکس مورد بررسی قرار گرفت و اندازه نانوبلورها با بکارگیری معادله شرر حدود ۴۵ نانومتر برآورد شد همچنین طیف‌های برانگیختگی و گسیل نمونه بررسی شد. در نهایت از نمونه شیشه سرامیکی فسفاتی آلائیده به نئودمیوم ساخته شده در داخل، تحت دمش لامپ درخش، گسیل لیزری حاصل شد.

کلمات کلیدی: شیشه فسفاتی- شیشه سرامیک، نانوبلور، گسیل لیزری.

دکتر وحید امیرزاده فتوت، نویسنده اول مقاله، دانشگاه جامع امام حسین (ع)

* v.amirzadeh757@gmail.com

۱- مقدمه

شیشه سرامیک‌های حاوی یون‌های خاکی کمیاب به دلیل پتانسیل کاربردی بالا در وسایل اپتیکی مانند قطعات تبدیل فرکانس و مواد فعال لیزر حالت جامد، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱]. از میان ماتریس‌های مختلف شیشه، شیشه‌های فسفاتی دارای چندین مزیت مانند ضریب هدایت گرمایی بالا، دمای ذوب و نرم شدگی پایین و گذار فرابنفش بالا در مقایسه با شیشه‌های اکسیدی معمولی می‌باشند [۲]. یون‌های نئودیمیوم به دلیل امکان کاربرد آن‌ها به عنوان مراکز فعال در وسیله‌های لیزری، تقویت کننده‌های اپتیکی و تبدیل فرکانس فرابنفش و مرئی، بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند [۳]. شیشه–سرامیک‌های شفاف کلروفسفاتی آلاییده به یون‌های Nd^{3+} حاوی نانوبلور هالیدی به روش ذوب، با موفقیت تهیه شد. نمونه‌های شیشه سرامیکی با بازپخت شیشه‌های اولیه در دمای ۵۹۰°C به مدت ۲ ساعت تهیه شد. بررسی بلوری شدن نمونه‌ها با استفاده از آزمایش پراش اشعه X، (XRD)، تشکیل نانو بلورهای $Ca(ClO)_2$ را نشان می‌دهد. میانگین اندازه نانوبلورهای تشکیل شده با استفاده از رابطه شرر حدود ۴۵ نانومتر به دست آمد. توصیف طیفی با استفاده از طیف‌های جذبی، برانگیختگی و گسیلی مورد مطالعه قرار گرفت. تغییرات در طیف‌های جذبی و گسیلی شیشه سرامیک‌ها در مقایسه با شیشه‌های اولیه به ایجاد محیط جدید در اطراف یون‌های فعال که در نمونه شیشه وجود ندارد، مربوط می‌شود. همچنین طیف‌های جذبی و گسیلی بررسی شده به دام افتادگی تعداد قابل توجهی از یون‌های Nd^{3+} را در نانو بلورها بیان می‌کند. نانو بلورهای قرار گرفته در ماتریس شیشه، یک محیط با انرژی فونونی پایین برای یون‌های Nd^{3+} ایجاد می‌کنند و در نتیجه شدت گذارهای غیر تشعشعی کاهش می‌یابند [۵-۴]. مطالعات طیفی صورت گرفته بر روی نمونه‌های آلاییده شده به یون‌های Nd^{3+} نشان می‌دهد که شیشه–سرامیک‌ها سیستم‌هایی با پتانسیل کاربردی به عنوان مواد لیزری با گسیل در طول موج 1.06 میکرومتر هستند.

۲- بخش تجربی، نتایج و تحلیل

الف- ساخت: ترکیب فسفوکلرایدی با درصدهای مولی زیر:

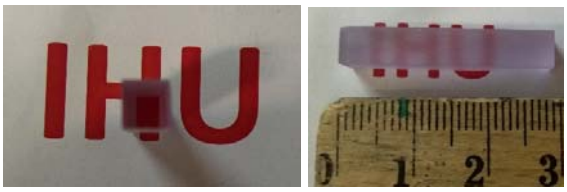
P_2O_5, $CaCl_2$, NaCl, xNd_2O_3

and x =0.5,1,1.5,2

[Downloaded from jicers.ir on 2026-11-07]

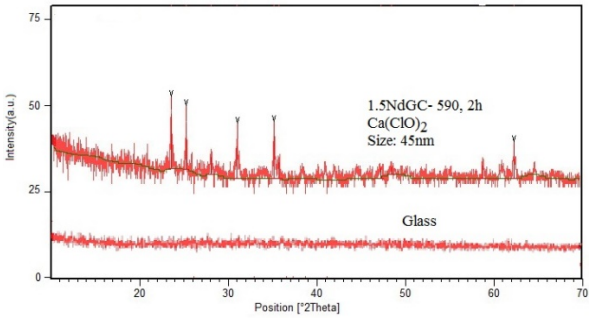
[DOR: 20.1001.1.17353351.1399.3.63.3.2]

برای ساخت نمونه‌های با درصدهای مختلف آلایش بکار گرفته شد. در ساخت این نمونه‌ها به میزان ۵۰ گرم از این ترکیب توزین و مخلوطی همگن تهیه شد. پس از حرارت دهی اولیه، بوته حاوی نمونه به کوره‌ای که در دمای ^{o}C ۱۱۰۰ قرار داشت منتقل شد و در این دما به مدت ۲ ساعت تحت عملیات حرارت دهی قرار گرفت. شکل ۱ یکی از نمونه‌های شیشه سرامیک شفاف ساخته شده به شکل میله‌ای به طول ۲۹ میلیمتر و مقطع ۵ میلی متر مربع و با ۱ در صد آلائیده به نئودمیوم را نشان می‌دهد.

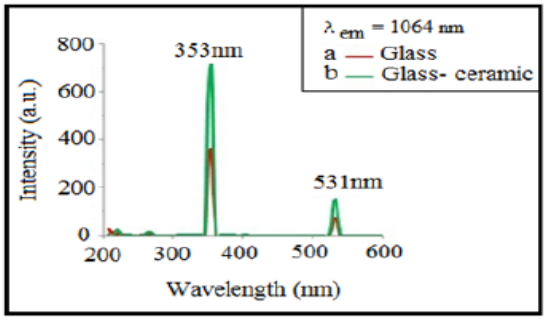


شکل ۱- نمونه شیشه سرامیک شفاف

الگوی پراش XRD نمونه شیشه‌ای و شیشه–سرامیکی مطابق با شکل ۲ بدست آمد.
اندازه این نانوبلورها با بکارگیری معادله شرر حدود ۴۵ نانومتر برآورد شد.
طیف‌های برانگیختگی که در طول موج ۱۰۶۴ نانومتر دیده بانی شده است مطابق شکل ۳ می‌باشد.

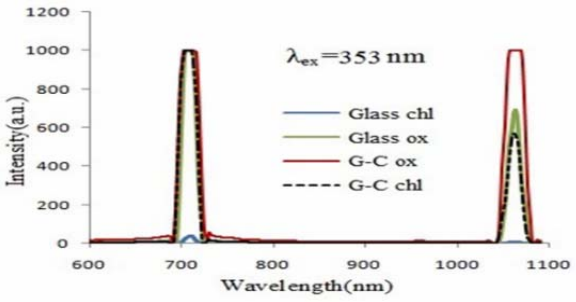


شکل ۲- الگوهای پراش XRD نمونه شیشه‌ای (پایین) و نمونه شیشه–سرامیکی (بالا).

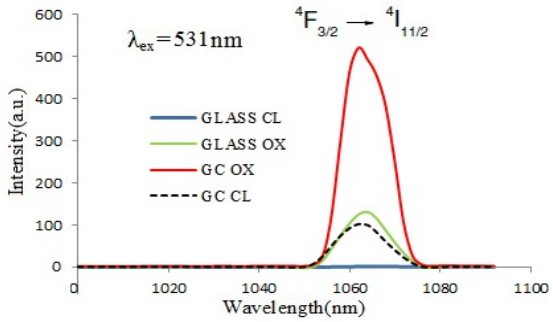


شکل ۳- طیف‌های برانگیختگی نمونه a) شیشه‌ای و b) شیشه سرامیکی

طیف‌های گسیلی نمونه‌های شیشه و شیشه سرامیکی کلرایدی و اکسیدی مطابق با شکل ۴ بدست آمد. نمونه شیشه–سرامیکی اکسیدی شدیدترین گسیل را نشان می‌دهد.
شکل ۵ نتایج تحریک نمونه‌ها در طول موج ۵۳۱nm را نشان می‌دهد، همانطور که مشاهده می‌کنید نمونه شیشه–سرامیکی اکسیدی شدیدترین گسیل را نشان می‌دهد.



شکل ۴- طیف‌های گسیلی کلرایدی و اکسیدی با تحریک در طول موج ۳۵۳ نانومتر برای نمونه‌های شیشه‌ای و شیشه سرامیکی



شکل ۵- طیف‌های گسیلی کلرایدی و اکسیدی با تحریک در طول موج ۵۳۱ نانومتر برای نمونه‌های شیشه‌ای و شیشه سرامیکی

[Downloaded from jicers.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1399.3.63.3.2]

ب- اخذ گسیل لیزری از نمونه شیشه سرامیک:

با دمش نوری به کمک ۲ تا لامپ درخش روسی مدل ۷/۸۰A در یک آرایش نوری جفت شدگی نزدیک مطابق با چیدمان لیزری شکل ۶ تحت دمش قرار گرفت.

شکل ۶- چیدمان لیزری

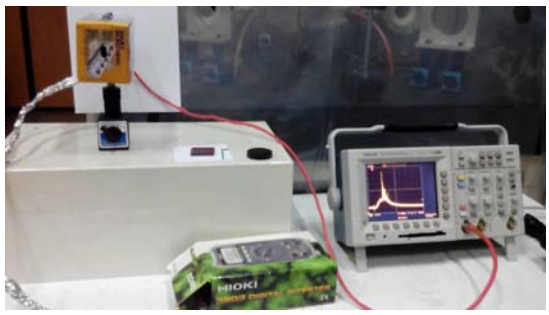
تجهیزات لیزری شامل:

آینه مقعرعقب با شعاع ۳ متری و با ۹۸٪ بازتاب در طول موج ۱۰۶۴ nm -آینه مقعر جلو با شعاع ۳ متری و با ۹۸٪ بازتاب در طول موج ۱۰۶۴ nm – تریگر-دو تا خازن ۱۰۰ میکروفارادی روسی- منبع تغذیه با ولتاژ تا ۱۵۰۰ ولت- دو تا فلاش لامپ روسی- دوربین مرئی کننده IR- حسگرسیلیکون پین دایود و اسیلوسکوپ- کالری متر

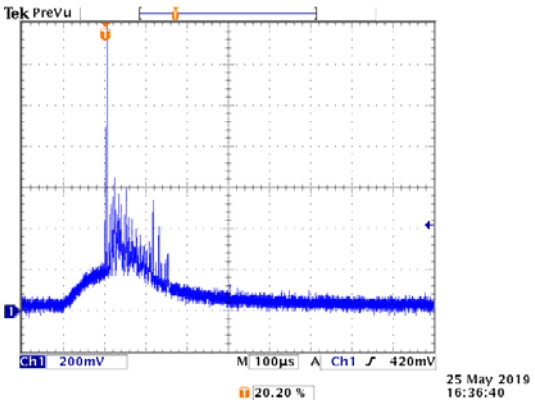
شرح آزمایش:

نمونه در وسط دولامپ توسط زرورق آلومینیومی که دو طرف آن آینه‌های مقعر با شعاع ۳ متری و بازتاب ۹۸٪ در طول موج ۱۰۶۴ nm قرار گرفت، طول کاواک ۳۵ سانتیمتر بوده که نمونه در وسط آن قرار گرفت، با منبع تغذیه از ۹۰۰ تا ۱۲۵۰ ولت به دو سر لامپ، ولتاژ اعمال شده که معادل ۸۰ تا ۱۵۰ ژول بوده است. همچنین برای همراستا کردن از لیزر هلیوم نئون استفاده شد.

پس از اینکه ولتاژ منبع تغذیه به ۹۰۰ ولت رسید با سوئیچ کردن تریگر، نمونه توسط ۲ تا لامپ درخش دمش شده و با زدن ۱ پالس، در فاصله ۴ متری توسط حسگر سیلیکون پین دایود و اسیلوسکوپ، لیز به صورت میخه‌های لیزری مشاهده شد و با افزایش ولتاژ تا ۱۵۰۰ ولت، شدت و مقدار انرژی افزایش یافت. (شکل ۷)



الف



ب

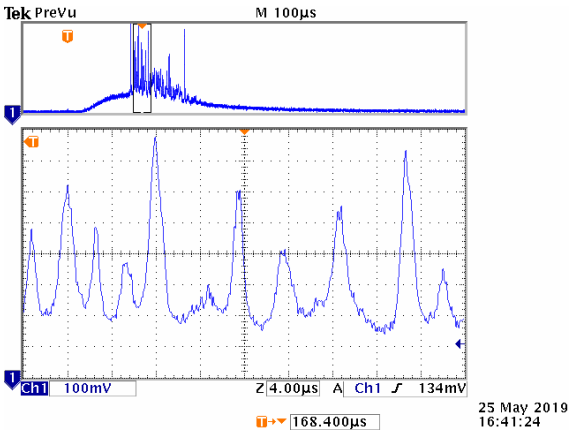
شکل ۷- الف) حسگر پین دایود و اسیلوسکوپ، ب) میخه‌های لیزری مشاهده شده با اسیلوسکوپ

پس از باز کردن قسمتی از میخه‌های لیزری، چندین پهنای پالس زمانی لیزری کمتر از ۳ میکروثانیه دیده شد. (شکل ۸)

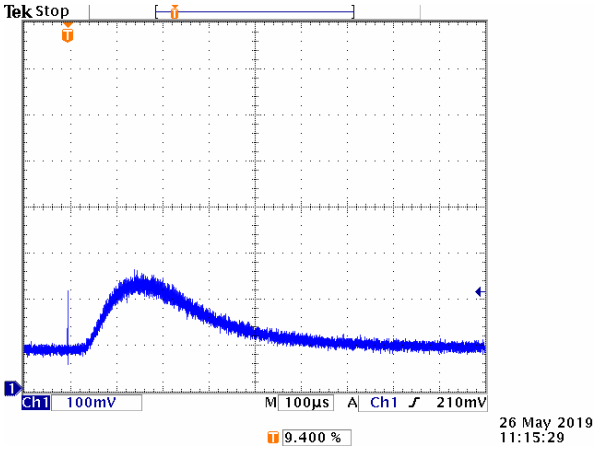
جهت اطمینان از گسیل لیزری، پس از مسدود کردن آینه عقب، فقط پهنای پالس لامپ دیده شد. (شکل ۹)

همچنین نور لیزر IR توسط دوربین مرئی کننده در فاصله ۴ متری با قطر پرتو ۳ سانتیمتری مشاهده شد و نیز توسط کالری متر، انرژی لیزر در مرتبه ۷۱۲ میکروژول بدست آمد.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.17353351.1399.3.63.3.2]



شکل ۸- پهنای پالس‌های زمانی لیزری کمتر از ۳ میکروثانیه



شکل ۹- پهنای پالس زمانی لامپ پس از مسدود کردن آینه عقب

۳- نتیجه‌گیری

- شیشه سرامیک فسفاتی شفاف آلائیده به Nd^{+3} ساخته شد.
- اندازه نانوبلورها در حدود ۴۵ نانومتر بدست آمد.
- طیف‌های گسیلی نمونه‌های شیشه و شیشه سرامیکی مورد بررسی قرار گرفت.
- پهنای پالس زمانی لیزری کمتر از ۳ میکروثانیه بدست آمد.
- نور لیزر IR توسط دوربین مرئی کننده در فاصله ۴ متری با قطر پرتو ۳ سانتیمتری مشاهده شد.
- توسط کالری متر، انرژی لیزر در طول موج ۱۰۶۴ نانومتر در مرتبه ۷۱۲ میکروژول بدست آمد.

سپاسگزاری

از جناب آقای دکتر فرهبد و آقای ترکاشوند از سازمان انرژی اتمی برای گرفتن گسیل لیزری از نمونه‌های ساخته شده تقدیر و تشکر می‌کنیم.

مراجع

[1] P.A. Tick, N.F. Borrelli, L.M. Reaney, “The relationship between structure and transparency in glass-ceramic materials”, Opt. Mater, 15 (2000) 81.

[2] G .N. Hemantha Kumar, J .L. Rao, K .Ravindra Prasad, Y. C. Ratnakaram, “Fluorescence and Judd-Ofelt analysis of Nd^{3+} doped P_2O_5-Na_2O-K_2O glass”, J. Alloys Compounds, 480 (2009) 208.

[3] M. Abril, J. Mendez-Ramos, I.R. Martin, U.R. Rodriguez-Mendoza, “Optical properties of Nd^{3+} ions in oxyfluoride glasses and glass ceramics comparing different preparation methods”, J. Appl. Phys. 95 (2004) 5271.

[4] Y. Hatefi, N. Shahtahmasebi, A. Moghimi, E. Attaran, “Frequency-conversion properties of Eu^{3+} doped chlorophosphate glass ceramics containing $CaCl_2$ nanocrystals” , Journal of Luminescence 131 (2011) 114.

[5] Y. Hatefi, N. Shahtahmasebi, A. Moghimi, E. Attaran, “Ultraviolet to visible frequency-conversion properties of rare earths doped glass ceramics” , J. Rare Earths 29 (2011) 484.

[Downloaded from jicers.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.17353351.1399.3.63.3.2]