



بیست و هشتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک
ایران و چهاردهمین کنفرانس مهندسی و
فناوری فوتونیک ایران، دانشگاه شهید چمران
اهواز، خوزستان، ایران.
۱۴-۱۲ بهمن ۱۴۰۰



تهیه و مشخصه‌یابی اپتیکی نمونه کلوئیدی ترکیب $Y_6(NO_3)_2O(OH)_8 \cdot 16H_2O$ آلاییده شده توسط یون نئودیمیوم

محمد مهدی ارغوان^{۱*}، مرتضی ساسانی قمصری^۲، امیر عباس صبوری دودران^۳ و محمد رضا گائینی^۴

^۱دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور تهران

^۲پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران

^۴گروه اپتیک و لیزر، بخش فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس

*m.arghavan@sutech.ac.ir

چکیده - امروزه عناصر خاکی کمیاب و ترکیب‌های حاوی آن‌ها کاربردهای مهمی پیدا کرده و به همین دلیل توجه فراوانی را نیز به خود جلب نموده‌اند. از جمله کاربردهای مهم آنها را می‌توان به استفاده این ترکیب‌ها در تصویربرداری زیستی و ادوات اپتوالکترونیک اشاره داشت. در این مقاله سعی شده است تا پس از تهیه و تولید ترکیب خوشه‌ای حاوی ایتريوم با فرمول شیمیایی $Y_6(NO_3)_2O(OH)_8 \cdot 16H_2O$ ، خواص اپتیکی آن نیز با استفاده از طیف سنجی‌های فوتولومینسانس، FTIR، XRD و طیف جذبی بررسی گردد. نتیجه‌های بدست آمده نشان از تشکیل پیوندهای N-H، OH و Y-O، خلوص و حضور ایتريوم و نئودیمیوم در نمونه بدست آمده دارد.

کلید واژه- ایتريوم، ترکیبات خوشه‌ای، عناصر کمیاب خاکی

Preparation and Optical Characterization of $Y_6(NO_3)_2O(OH)_8 \cdot 16H_2O$ Colloidal Sample Doped with Nd^{3+}

M.M. Arghavan^۱, M. Sasani Ghamsari^۲, A.A. Sabouri Dodaran^۳, M.R. Gaeni^۴

^{۱,۳}Basic Science School, Payam Noor University, Tehran, Iran

^۲Photonics and Quantum Technologies Research School, Nuclear Science and Technology
Research Institute, Tehran, Iran

^۴Department of Physics, Optics and Laser, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University,
Tehran, Iran

* m.arghavan@suthech.ac.ir

Abstract- Today, rare earth elements and their complexes have important applications and for this reason, they have attracted a lot of attention. Among their important applications, they are applied in bioimaging and optoelectronic devices. In this paper, after preparing combination of yttrium-containing clusters with the chemical formula of $Y_6(NO_3)_2O(OH)_{10}H_2O$, its optical properties have been investigated using photoluminescence, FTIR, XRD and absorption spectroscopy. The results show the formation of N-H, OH and Y-O bonds, purity and the presence of yttrium and neodymium in the sample.

Keywords: Clusters, Rare earth, Yttrium

مقدمه

عناصر خاکی کمیاب از جمله ایتريوم، اسکاندیم و لانتانیدها کاربردهای بالقوه‌ای در بسیاری از زمینه‌ها مانند کاربردهای پزشکی، نوری و اپتوالکترونیک دارند [۱-۳]. این عناصر در تصویربرداری زیستی، حسگرها، دستگاه‌های نوری از جمله نمایشگرها، دیودهای نورانی (LED)، لیزرها و تقویت‌کننده‌های نوری استفاده می‌شوند [۴-۷]. امروزه از عناصر خاکی کمیاب در انواع مختلف اکسیدها، اکسی‌سولفید، اکسی‌سولفات، اکسی‌نیتريد، نیتريد، و... استفاده می‌گردد [۸-۱۰]. ترکیبات خوشه‌ای چند هسته‌ای عناصر خاکی کمیاب نیز یکی از گونه‌های مختلف این عناصر هستند که به سبب کاربردهای مختلف از جمله به عنوان پیش‌ماده در فناوری سل-ژل، فرآیندهای کاتالیزوری و فناوری نانو طی سال‌های اخیر مورد توجه بوده‌اند [۱۱]. یکی از این ترکیبات خوشه‌ای بر پایه ایتريوم، $Y_6(NO_3)_2O(OH)_{10}H_2O$ است که طی این مقاله علاوه بر روش تولید به تحلیل و بررسی خواص اپتیکی آن خواهیم پرداخت.

روش سنتز

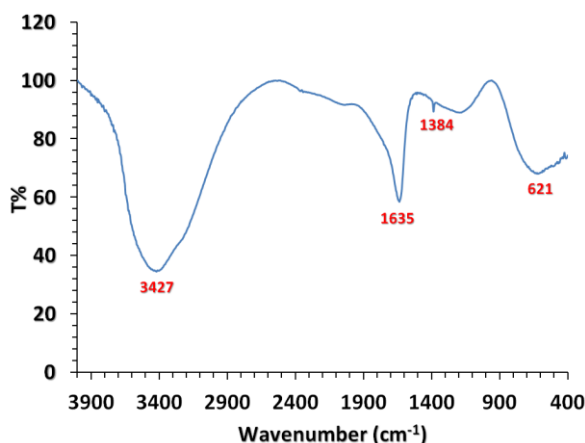
۰/۱ گرم اکسید ایتريوم (شرکت مرک) همراه با ۰/۲ گرم اکسید نئودمیوم (شرکت سیگما آلدريج) به محیطی حاوی آب دیونیزه و الکل اتانول ۹۹ درصد اضافه گردید. پس از آمیخته شدن مواد در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، ۲ سی‌سی اسید هیدروکلریک ۳۷ درصد (شرکت مرک) اضافه گردید. پس از اندکی آمیختن، ۲ سی‌سی اسید استیک ۹۹ درصد (شرکت مرک) نیز اضافه شد. مایع حاصل به مدت ۲۴ ساعت در هم آمیخته شد. پس از زمان مذکور، کلونید درون ظرف کاملاً شفاف شده است. در این

شرایط، از مایع کلونیدی، طیف‌های فوتولومینسانس (PL)، جذبی و FTIR گرفته خواهد شد و پس از آن در دمای حدود ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت در آن قرار خواهد گرفت تا از پودر تشکیل شده طیف پراش اشعه ایکس (XRD) نیز گرفته شود. مجموعه طیف‌های گرفته شده مسیر را برای بررسی خواص اپتیکی نمونه فراهم می‌کند. لازم به ذکر است کلیه طیف‌های گرفته شده توسط ابزار طیف‌سنجی، به سبب استفاده از فیلترهای مخصوص، مانع ایجاد اختلالات محیطی می‌گردد.

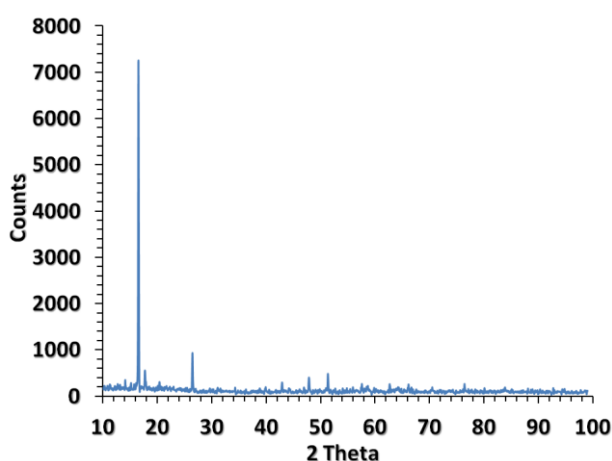
شکل‌ها

در شکل (۱) و (۲) طیف جذبی و فوتولومینسانس گرفته شده از نمونه، به ترتیب نمایش داده شده است. بر اساس داده‌های حاصل از طیف جذبی در شکل (۱) نمونه مورد نظر در طول موج‌های مختلفی تحریک گردید. در ابتدا جهت بررسی انرژی مورد نیاز برای تابش نمونه، با طول موج کمتر (انرژی بیشتر) نسبت به سایر طول موج‌های جذبی تحریک گردید (۳۰۰ نانومتر) و سپس با استناد به طیف جذبی و با توجه به اینکه یون نئودمیوم دارای جذب در طول موج ۳۶۰ نانومتر می‌باشد، با تحریک نمونه توسط این طول موج، بر طبق شکل (۲) مشاهده شد که نمونه مد نظر در طول موج ۴۰۹ نانومتر دارای قله پهن در ناحیه مرئی (آبی رنگ) است که نشان از وجود نئودمیوم در ترکیب دارد.

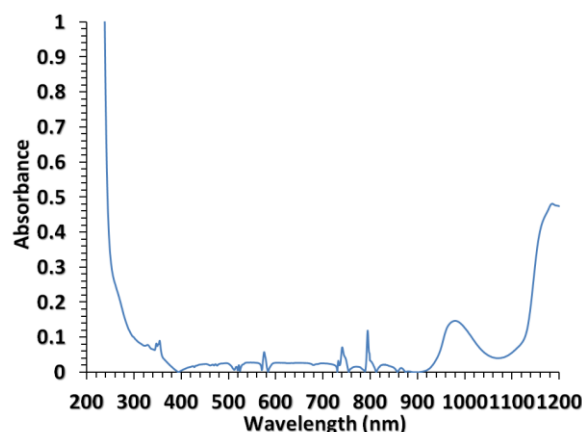
بین ۵۶۰ تا ۷۰۰ بر سانتی متر نشان از وجود پیوند Y-O
در نمونه دارد [۱۲ و ۱۳].



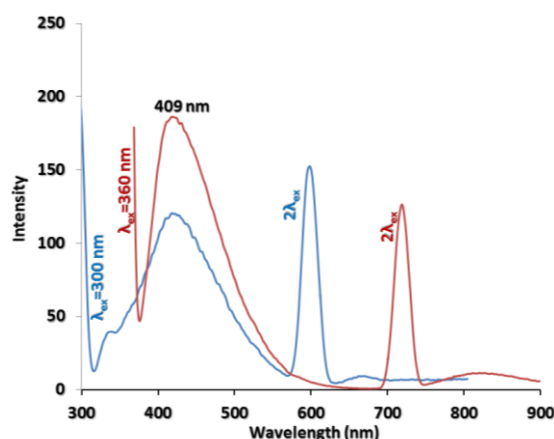
شکل ۳: طیف FTIR نمونه. جذب در طول موج ۳۴۲۷ بر سانتی متر نشان از وجود عامل OH در نمونه دارد. پیوند N-H و Y-O نیز خود را در طول موج ۶۲۱ و ۱۶۳۵ بر سانتی متر نشان می‌دهند. شکل (۴) که طیف پراش اشعه ایکس را نشان می‌دهد، تطابق خود را با مجموعه داده‌های مرکز بین‌المللی داده‌های پراش (ICDD) با کد ۰۴۳۹-۰۴۴-۰۰، مرتبط با $Y_2(NO_3)_2O(OH)_{16}H_2O$ بیان می‌دارد. طول موج فرودی بر نمونه نیز ۱،۵۴۰۶ آنگستروم (مس) می‌باشد.



شکل ۴: طیف پراش اشعه ایکس نمونه، که در ۱۶،۵ و ۲۶،۵ درجه دارای دو قله پراش قابل توجه می‌باشد.



شکل ۱: طیف جذبی نمونه. در طول موج‌های ۷۴۰، ۵۷۷، ۵۲۲، ۳۶۰ و ۷۹۴ نانومتر دارای قله جذبی است. یون نتودمیوم در طول موج ۳۶۰ نانومتر دارای جذب می‌باشد.



شکل ۲: طیف لومینسانس نمونه. ابتدا با ۳۰۰ نانومتر و سپس با ۳۶۰ نانومتر تحریک گردید. نمونه دارای قله پهن تابشی در ۴۰۹ نانومتر می‌باشد. قله‌های دو برابر طول موج تحریک، نیز جهت صحت سنجی انجام آزمایش قرار داده شده است.

طیف عبوری تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) با مشخص کردن نوسانات مرتبط با هر یک از پیوندهای شیمیایی تشکیل شده در نمونه، به بررسی طبیعت و خلوص آن می‌پردازد. شکل (۳) منحنی FTIR را نمایش می‌دهد. نوسان بین ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ بر سانتی متر نشان از وجود نوسان کششی عامل OH ناشی از آب موجود در نمونه خوشه‌ای ایتريوم دارد. همچنین در بازه ۱۵۹۰ تا ۱۶۵۰ بر سانتی متر وجود پیوند N-H نیز مشاهده می‌شود. نوسان

coordination geometry", *Coord. Chem. Rev.*, Vol. ۴۰۶, pp. ۱-۹, ۲۰۲۰.

[۷] N. Watanabe, K. Ide, J. Kim, T. Katase, H. Hiramatsu, H. Hosono, T. Kamiya, "Multiple color inorganic thin-film phosphor, RE-doped amorphous gallium oxide (RE = Rare Earth: Pr, Sm, Tb, and Dy), deposited at room temperature", *Phys. Status Solidi A.*, Vol. ۲۱۶, p. ۱۷۰۰۸۳۳, ۲۰۱۹.

[۸] N.A. Oliveira, A.G. Bispo-Jr, G.M.M. Shinohara, S.A.M. Lima, A.M. Pires, "The influence of the complexing agent on the luminescence of multicolor-emitting $Y_2O_3:Eu^{3+}, Er^{3+}, Yb^{3+}$ phosphors obtained by the Pechini's method", *Mater. Chem. Phys.*, Vol. ۲۵۷, p. ۱۲۳۸۴۰, ۲۰۲۱.

[۹] B. Qian, Z. Wang, Y. Wang, Q. Zhao, X. Zhou, H. Zou, Y. Song, Y. Sheng, "Comparative study on the morphology, growth mechanism and luminescence property of $RE_2O_3:S:Eu^{3+}$ (RE = Lu, Gd, Y) phosphors", *J. Alloys Compd.*, Vol. ۸۷۰, p. ۱۵۹۲۷۳, ۲۰۲۱.

[۱۰] P.P. Ferreira da Rosa, Y. Kitagawa, Y. Hasegawa, "Luminescent lanthanide complex with seven-coordination geometry", *Coord. Chem. Rev.*, Vol. ۴۰۶, p. ۲۱۳۱۵۳, ۲۰۲۰.

[۱۱] G. Giester, Z. Zak, P. Unfried, "Syntheses and crystal structures of rare earth basic nitrates hydrates part III. $Ln_2(\mu_2-O)(\mu_2-OH)_2(H_2O)_{12}(\eta^1-NO_3)_4[(NO_3)_2 \cdot xH_2O]$ Ln=Y, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; $x=3, 4, 5, 6$ ", *J. Alloys Compd.*, Vol. ۴۸۱, pp. ۱۱۶-۱۲۸, ۲۰۰۹.

[۱۲] A. B. D. Nandiyanto, R. Oktiani, R. Ragadhita, "How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic material", *Indones. J. Sci. Technol.*, Vol. ۴, No. ۱, pp. ۹۷-۱۱۸, ۲۰۱۹.

[۱۳] G. Bhavani, S. Ganesan, S. Selvasekarapandian, S. Monisha, M. Premalatha, "Synthesis and electrical characterisation of bismuth doped yttrium oxide", *Int. J. Chem. Sci.*, Vol. ۱۴, No. ۱, pp. ۴۲۷-۴۳۴, ۲۰۱۶.

نتیجه گیری

بر طبق داده‌های طیفی پراش اشعه ایکس، صحت دستیابی به نمونه خوشه‌ای بر پایه ایتريوم، $Y_6(NO_3)_2O(OH)_{16}H_{16}O$ معین می‌گردد. همچنین بررسی طیف FTIR پیوندهای ناشی از وجود آب، پیوندهای N-H و Y-O را در نمونه را مشخص می‌کند. وجود تابش ۴۰۹ نانومتری (آبی رنگ) در طیف لومینسانس نیز وجود نئودیمیوم در ساختار نمونه را گزارش می‌کند. خلوص نمونه مد نظر کمک می‌کند تا در کاربردهای مختلف ذکر شده به خصوص به عنوان پیش ماده، نقش موثرتری ایفا کند و سایر ترکیبات حاصل نیز دارای کیفیت مناسب‌تری باشند.

سپاسگزاری

از پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران بابت در اختیار قرار دادن آزمایشگاه و ابزار مشخصه‌یابی تشکر و قدردانی می‌گردد.

L

مرجع‌ها

- [۱] P. Ascenzi, M. Bettinelli, A. Boffi, M. Botta, G. De Simone, C. Luchinat, E. Marengo, H. Mei, S. Aime, "Rare earth elements (REE) in biology and medicine", *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali.*, Vol. ۳۱, pp. ۸۲۱-۸۳۳, ۲۰۲۰.
- [۲] V. Balaram, "Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling and environmental impact", *Geosci. Front.*, Vol. ۱۰, No. ۴, pp. ۱۲۸۵-۱۳۰۳, ۲۰۱۹.
- [۳] M. Milanova, M. Tsvetkov, "Rare earths doped materials", *Crystals*, Vol. ۱۱, p. ۲۳۱, ۲۰۲۱.
- [۴] Y. Huang, X. Zhai, T. Ma, M. Zhang, H. Pan, W. Weijia Lu, X. Zhao, T. Sun, Y. Li, J. Shen, C. Yan, Y. Du, "Rare earth-based materials for bone regeneration: Breakthroughs and advantages", *Coord. Chem. Rev.*, Vol. ۴۵۰, p. ۲۱۴۲۳۶, ۲۰۲۲.
- [۵] H. Huang, J. Zhu, "The electrochemical applications of rare earth-based nanomaterials", *Analyst*, Vol. ۱۴۴, pp. ۶۷۸۹-۶۸۱۱, ۲۰۱۹.
- [۶] P. P. F. Rosa, Y. Kitagawa, Y. Hasegawa, "Luminescent lanthanide complex with seven-