



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



رده بندی و تشخیص سنگهای بلورین قیمتی با استفاده از روش فلوئورسانس القائی لیزری

پرویز پروین^۱، مهدیه مسعودی راد^۲، وجیهه دانش افروز^۱، پروانه آقایی^۱، علی بوالی^۱ و محمدرضا سلیمانی^۳

^۱ دانشکده مهندسی هسته ای و فیزیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
^۲ دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد تهران مرکز، تهران، ایران
^۳ جواهرفروشی سلیمانی، تهران، ایران

چکیده - در این پژوهش فلوئورسانس القایی لیزری به عنوان روشی ساده و سریع برای تشخیص و رده بندی بلورهای رنگی طبیعی مانند زمرد، یاقوت و آمیتیست معرفی شده است. برانگیزش با هماهنگ دوم لیزر $Nd:YAG$ در طول موج ۵۳۲ نانومتر و لیزر دیودی آبی در طول موج ۴۰۵ نانومتر انجام شده است. نتایج حاکی از آن است که شکل طیف فلوئورسانس سنگها با یکدیگر متفاوت بوده و فلوئورسانس سنگهای غیر طبیعی نیز با سنگهای طبیعی تفاوت قابل توجهی دارند.

کلید واژه- فلوئورسانس القائی لیزری، سنگهای بلورین قیمتی.

Identification of precious natural crystals using laser induced fluorescence technique

P. Parvin¹, M. Masoudirad², V. Daneshafrooz¹, P. Aghaei¹, A. Bavali¹ and M. Soleimani³

¹ Physics Department, Amirkabir university of technology: P.O. Box 15875-4413, Tehran, Iran

² Science Department, Islamic Azad University, Central Branch, Tehran, Iran

³ Soleimani Jewelry, Tehran, Iran

Abstract- In this study, using laser induced fluorescence technique, the fluorescence spectrum of crystalline natural stones such as emeralds, rubies and Amethyst has been investigated. Third harmonic of Nd: YAG laser at the wavelength of 532 nm and 405 nm blue diode is used to excite the stones. Our results indicate that the fluorescence spectra of different crystals are distinguishable from each other as well as natural crystals from the artificial ones.

Keywords: Precious crystals, Laser Induced Fluorescence

۱- مقدمه

یافت می‌شود و دارای اقسام مختلف می‌باشد که مرغوب ترین و قیمتی تر از همه یاقوت آتشی است. معدن‌های یاقوت در آفریقا، آسیا، استرالیا و گرینلند یافت می‌شوند. یاقوت در رنگ‌های سرخ و آبی و زرد در دسترس می‌باشد. در بازار نمونه‌های غیر طبیعی و دست ساز از این بلورها نیز موجود است که از دید افراد ناخبره تشخیص آنها از نمونه طبیعی تقریباً غیر ممکن می‌باشد. یکی از راه‌های تشخیص یاقوت سرخ طبیعی از انواع آزمایشگاهی آن حرارت می‌باشد. یاقوت سرخ طبیعی در اثر حرارت رفته رفته رنگ خود را از دست می‌دهد و پی از سرد شدن دوباره به رنگ اول خود باز می‌گردد و این در حالی است که یاقوت سرخ آزمایشگاهی در صورت مجاورت با حرارت می‌شکند. البته لازم به ذکر است چگالی سنگ‌های طبیعی بیشتر از چگالی نوع آزمایشگاهی آنها است.

۲- آزمایشها و نتایج

طیف گسیل فلورسانس بلورهای یاقوت، زمرد و آمیتیست بررسی شد. به منظور برانگیختگی بلورها از هماهنگ دوم لیزر پیوسته-کار Nd:YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر و توان میانگین ۱۰۰ میلی وات و لیزر دیودی در خط ۴۰۵ نانومتر با توان ۱۵۰ میلی وات استفاده شده است. به منظور ثبت طیف فلورسانس، از طیف سنج Ava-spec 2048 مجهز به توری پراش با قدرت تفکیک ۰/۴ نانومتر استفاده شد. شکل (۱) طرحواره آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۱: آرایه آزمایش طیفسنجی فلورسانس القائی لیزری بلورها

شکل‌های ۲ تا ۴ طیف‌های فلورسانس القائی لیزری بلورهای یاقوت، زمرد و آمیتیست طبیعی و غیر طبیعی را نشان می‌دهد. خط برانگیزش ۴۰۵ نانومتر بوده است.

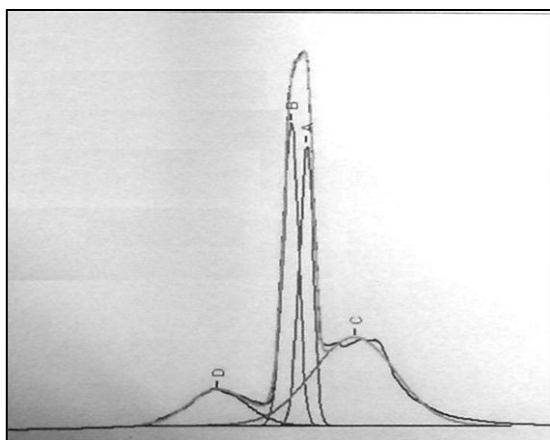
مطالعه‌ی ساختاری بلورهای طبیعی قیمتی مانند یاقوت، زمرد، الماس، عقیق، آمیتیست و ... معمولاً با استفاده از روش پراش براگ پرتو ایکس انجام می‌شود [۱]. آنالیز پراش براگ روش ساده‌ای نیست و بیشتر اطلاعات ساختاری از بلورها در اختیار قرار می‌دهد. روش‌هایی مانند فروشکست القائی لیزری و روش‌های شیمیایی نیز مخرب هستند و در مورد بسیاری از بلورهای گران قیمت روش مقرون به صرفه‌ای نمی‌باشند. در این میان روش فلورسانس القائی لیزری با وجود سادگی و هزینه کم، غیر مخرب بوده و اطلاعات با ارزشی را از ناخالصیها و مواد تشکیل دهنده‌ی آنها فراهم می‌کند [۲].

زمرد (بریل) با فرمول شیمیایی $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ جزو سیکلو سیلیکاتها (سیلیکاتهای حلقوی) بوده که نسبت Si:O در آنها ۱:۳ است و به دلیل یونهای Fe^{2+} و Fe^{3+} موجود در آن به رنگ سبز (ترکیبی از آبی Fe^{2+} و زرد Fe^{3+}) دیده می‌شود. در برخی انواع زمرد، Cr^{3+} و V^{3+} نیز دیده شده است که رنگ سبز زمرد نیز ناشی از اینها می‌شود [۲]. سختی بریل ۷/۵ تا ۸ و گرانی ویژه آن ۲/۶۵ تا ۲/۸ و جلایی شیشه‌ای دارد، لازم به ذکر است بریل بخاطر گرانی ویژه بالاتر از کوارتز، از کوارتز باز شناخته می‌شود.

آمیتیست نوعی کوارتز (در زیر رده تکتوسیلیکاتها یا سیلیکاتهای داربستی Tectosilicates) است که اغلب به صورت بلور است (در این بلورها نسبت Si:O برابر ۱:۲ است). و سایه‌های بنفش در آن دیده می‌شود که بدلیل مقدار ناچیزی Fe^{3+} می‌باشد. از نظر شکل بلور: منشوری - بی پیرامیدال - سودوکوبیک و به رنگ‌های: سیاه - خاکستری - قهوه‌ای - بنفش - تیره - سبز - صورتی با شفافیت: شفاف - نیمه کدر دیده شده است [۳].

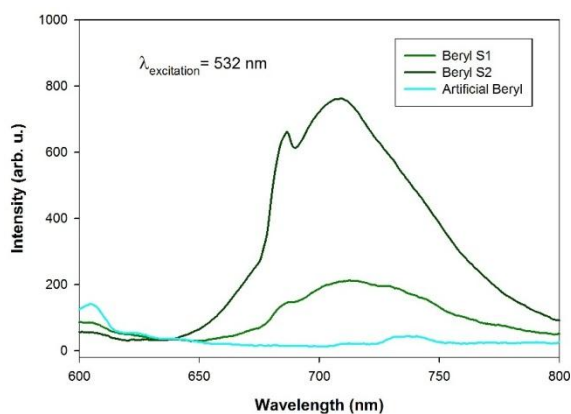
یاقوت سرخ یا کروندون یا کروندوم Al_2O_3 : جز دسته سنگ‌های آذرین غیرسیلیکاتی هستند که تحت فشار و حرارت تشکیل شده‌اند. ترکیبات شیمیایی یاقوت آلومین خالص است که ممکن است به مقدار کم با مواد دیگر از قبیل کروم و آهن آغشته شود. زمانی که Al با Fe^{3+} جایگزین شود رنگ سرخ یاقوت سرخ را سبب می‌شود. یاقوت اغلب در لایه‌های آتشفشانی قدیمی هند و تبت

شده است.

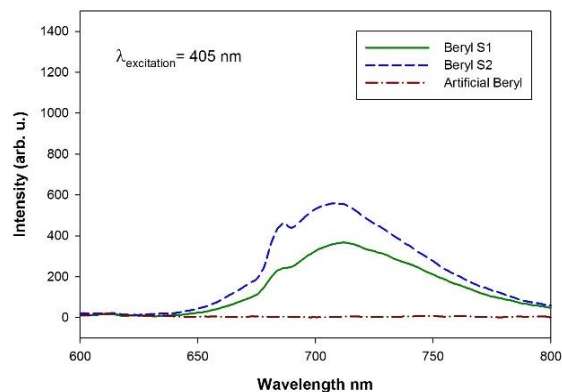


شکل ۵: دکانولوشن طیف فلئورسانس یاقوت (نمونه طبیعی) که با طول موج ۴۰۵ نانومتر تابش دهی شدند. و محور افقی طول موج (نانومتر) و محور عمودی شدت نسبی با واحد دلخواه را نشان می دهد.

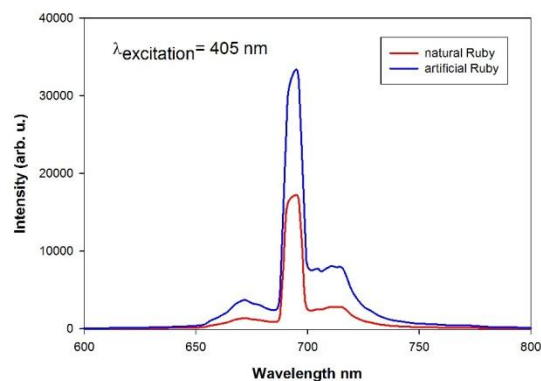
شکل های ۶ و ۷ طیف فلئورسانس القائی لیزری بلورهای یاقوت و زمرد طبیعی و غیر طبیعی وقتی با هماهنگ دوم لیزر Nd:YAG با طول موج ۵۳۲ نانومتر برانگیخته شده اند را نشان می دهد (آمیختیست فلئورسانس نداشت).



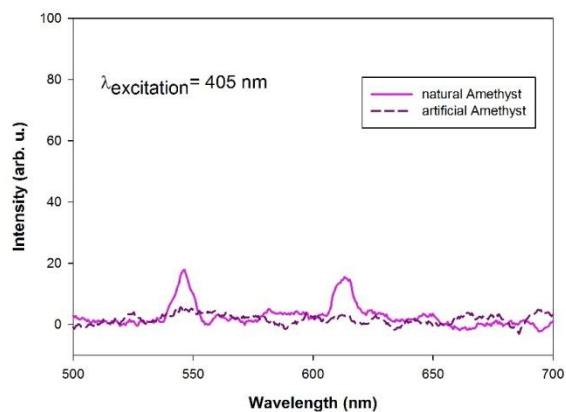
شکل ۶: طیف فلئورسانس زمرد (نمونه های طبیعی و مصنوعی) که با طول موج ۵۳۲ نانومتر تابش دهی شدند



شکل ۲: طیف فلئورسانس زمرد (نمونه های طبیعی و مصنوعی) که با طول موج ۴۰۵ نانومتر تابش دهی شدند



شکل ۳: طیف فلئورسانس یاقوت (نمونه های طبیعی و مصنوعی) که با طول موج ۴۰۵ نانومتر تابش دهی شدند

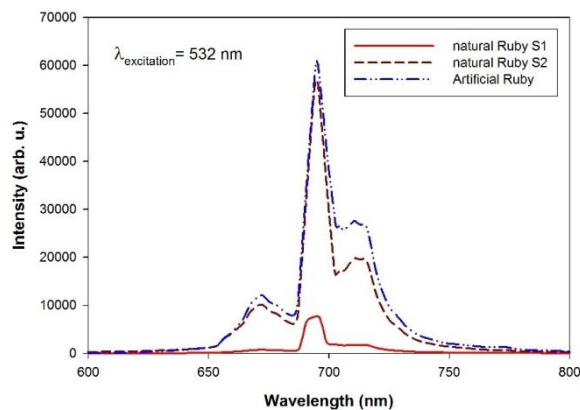


شکل ۴: طیف فلئورسانس آمیتیست (طبیعی و غیرطبیعی). نمونه ها با طول موج ۴۰۵ نانومتر تابش دهی شدند

دکانولوشن طیف شکل ۳ یعنی فلئورسانس یاقوت، که به دلیل شکل طیفی نامتعارف آن انجام شد، در شکل ۵ ارائه

مراجع

- [1] Birch, J., Severin, M., Wahlström, U., Yamamoto, Y., Radnoczi, G., Riklund, R., Sundgren, J. E. Wallenberg, L. R., "Structural characterization of precious-mean quasiperiodic Mo/V single-crystal superlattices grown by dual-target magnetron sputtering", *Physical Review B (Condensed Matter)*, Volume 41, Issue 15, May 15, 1990, pp.10398-10407.
- [2] D. L. Wood, "Absorption, Fluorescence, and Zeeman Effect in Emerald" *J. Chem. Phys.* 42, 3404 (1965).
- [3] Balitsky VS, Machina IB, Mar'in AA, Shigley JE, Rossman GR "Industrial growth, morphology and some properties of bi-colored amethyst-citrine quartz", *Journal of Crystal Growth* 212, 255-260 (2000).



شکل ۷: طیف فلوروسانس یاقوت (نمونه های طبیعی و مصنوعی) که با طول موج ۵۳۲ نانومتر تابش دهی شدند

۳- تحلیل و نتیجه گیری

مقایسه طیف فلوروسانس سه گونه بلور قیمتی یاقوت، زمرد و آمیتیست نشان می دهد که هر یک از این گونه ها شکل فلوروسانس متفاوتی دارند. مقایسه دو نمونه مختلف از یک بلور (شکل های ۲ و ۶ و ۷) نشان می دهد که نمونه های مختلف، شدت های فلوروسانس متفاوتی دارند. این تفاوتها در طیف های فلوروسانس به تفاوت نوع و مقدار ناخالصی های موجود در بلورها بر می گردد. دکانولوشن طیف یاقوت دو پیک میانی در طول موج های ۶۹۳ و ۶۹۴ نانومتر (A و B) را که فلوروسانس یون های کروم (Cr^{3+}) هستند را به خوبی نشان می دهد (شکل ۴). سایر پیکها در ناحیه سرخ و فرورسرخ نزدیک نیز مربوط به یون های آهن هستند. در مورد زمرد و آمیتیست، شدت فلوروسانس نمونه مصنوعی در برابر نمونه طبیعی ناچیز است. بنابراین روش فلوروسانس القائی لیزری به خوبی قادر است نمونه های طبیعی و مصنوعی را از هم تفکیک نماید. علاوه بر این، چنانکه شکل ۶ نشان می دهد، طیف های دو نمونه متفاوت زمرد نیز شکل طیف متفاوتی دارند. بنابراین به نظر می رسد این روش قابلیت تفکیک گونه های مختلف طبیعی یک بلور را نیز دارد. با این وجود در مورد یاقوت شکل طیف های طبیعی و مصنوعی کاملاً شبیه به هم هستند و تنها می توان گفت که شدت فلوروسانس نوع مصنوعی بیشتر از گونه طبیعی است.