

بررسی اثر رژیم گرمایی روی طیف تابش LiF:Mg, Cu, P و مقایسه با LiF:P

فلامرز ترکزاده^۱ و مانفرد فوگر^۲

۱. سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، تهران

۲. آزمایشگاه دزیمتری ترمولومینسانس، انستیتو اتمی وین، دانشگاه فنی وین، اتریش

پست الکترونیکی: ftorkzadeh@aeoi.org.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۷؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۵/۳/۹)

چکیده

ماده گرمالیانی^۱ LiF:Mg,Cu,P با مقادیر متعارف آلابیدگی دزیمتر $\text{GR}200$ ساخته شد و طیف تابش و طیف جذب آن بعد از پرتو دهی با پرتوی بتا مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تغییرات ناشی از اعمال رژیم‌های گرمایی مختلف، برای دماهای بیشتر از دمای توصیه شده یعنی 240°C ، بر روی طیف گرمالیانی و طیف تابش این ماده بررسی شد. قله طیف جذب LiF:Mg,Cu,P که مربوط به مراکز F است، تفاوت مشخصی را با طیف جذب LiF:Mg,Ti نشان نمی‌دهد که بیانگر نقش اصلی مراکز F در تشکیل مراکز دام در این دو ماده گرمالیانی است. ماده LiF:Mg,Cu,P به افزایش دما تا بیش از 240°C حساس است و نتایج نشان می‌دهد، قله اصلی طیف تابش با افزایش دما به 400°C ، کمی به طول موج‌های کوتاه‌تر منتقل می‌شود. همچنین بررسی حساسیت ماده LiF:P در دمای بیش از 240°C حاکی از نقش آلابیدگی P در کاهش حساسیت LiF:Mg,Cu,P در دمای بالای 240°C است.

واژه‌های کلیدی: گرمالیانی، طول موج تابش، شدت گرمالیانی، LiF:Mg,Cu,P ، LiF:P

۱. مقدمه

اندازه‌گیری دز پرتو و پایش پرتوکاران اغلب نیازمند تراشه‌های دزیمتری دارای حساسیت بالا است. تراشه‌های دزیمتری گرمالیانی مانند CaF_2 ، CaSO_4 و LiF:Mg,Cu,P دارای حساسیت مناسبی برای پایش پرتو هستند. از میان این مواد گرمالیان، LiF:Mg,Cu,P این مزیت را دارد که معادل بافت است. ولی در صورت حرارت‌دهی بیش از 240°C ، در هنگام

قرائت و یا آماده سازی، بسته به دما و زمان توقف در آن، حساسیت دزیمتر به صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد [۱، ۲]. تلاش‌هایی که صورت می‌گیرد، به شناخت بیشتری از عامل حساس به دما درون دزیمتر یعنی پایگاه‌های گرمالیانی (شامل مرکز دام و مرکز باز ترکیب) و سازوکار شکل‌گیری و اثرگذاری آن نیاز دارد. گروهی از محققین برای بازیافت حساسیت از رژیم‌های گرمایی خاص در دماهای حدود 600°C [۳] و 720°C [۴] استفاده کردند. با این حال به نظر می‌آید با استفاده از این روش، فقط قسمتی از ثبات و حساسیت دزیمتر قابل

۱. Thermoluminescence

ترمیم است [۵].

برای اندازه‌گیری طیف تابش از دوربین CCD تحت نیتروژن مایع استفاده شد، که هم‌زمان با گرم شدن دزیتر، طیف تابش را اندازه‌گیری نمود. دامنه اندازه‌گیری در طیف‌های ۳- بعدی (محور عمودی) به دفعات اندازه‌گیری نور و دقت خروجی طول موج مرتبط است. هر چه تعداد نقاط اندازه‌گیری بیشتری بر روی محور طول موج انتخاب گردد، دقت اندازه‌گیری طول موج افزایش می‌یابد ولی در عوض دامنه شدت نور گرمایی کاهش می‌یابد. در مواقعی که حساسیت ماده گرمایی کم است، برای اینکه آمار اندازه‌گیری (شدت دامنه) خیلی پایین نیاید، بایستی تعداد نقاط اندازه‌گیری را متناسب با آن کاهش داد. در این تحقیق با توجه به حساسیت حدود ۴۰ برابری ماده LiF:Mg,Cu,P نسبت به LiF:M,Ti با نام تجاری TLD-۱۰۰، دقت اندازه‌گیری با توجه به ۲۰۰ نقطه (کانال) اندازه‌گیری طول موج $\pm 4\text{nm}$ است.

۳. نتایج و بحث

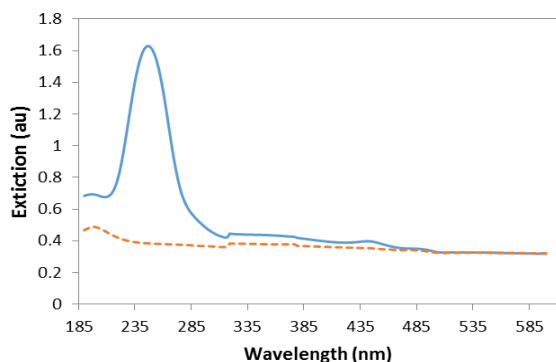
به منظور شناسایی مراکز دام، طیف جذب برای نمونه‌های LiF:Mg,Cu,P و LiF:Mg,Ti اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها قبل از اندازه‌گیری طیف جذب، با دز ۱ kGy بتا پرتودهی شدند. سپس با طول موج‌های ۱۸۵ تا ۶۰۰nm نورتابی شدند. شکل‌های ۱ و ۲ طیف جذب نور را برای نمونه‌های پرتودهی شده و پرتودهی نشده نشان می‌دهد.

همان‌طور که از مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ مشخص است، در هر دو ماده گرماییان، محل قله در محدوده ۲۵۰nm قرار گرفته است و دال بر وجود ساختار یکسان مراکز دام بارهای الکتریکی (در اینجا الکترون‌ها) است. تفاوت موجود در شدت جذب نمونه‌های پرتودهی نشده به شکل ظاهری و شفافیت نمونه‌ها مربوط می‌شود که به صورت زمینه در نمونه‌های پرتودهی شده نیز وجود دارد. شکل ۳ منحنی گرماییان ماده LiF:Mg,Cu,P را نشان می‌دهد. در این شکل ترتیب شماره‌گذاری قله‌های گرماییان روی منحنی آورده شده است. قله ۴، قله اصلی این منحنی، در دمای ۲۲۰°C قرار دارد و قله دزیتری نام دارد. قله ۱ منحنی گرماییان این ماده به این دلیل که در دماهای

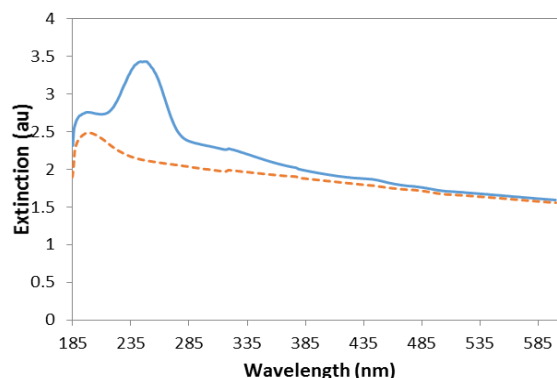
در دزیتر ۱۰۰-TLD مرکز F که شامل Mg^{2+} و یک تهی‌جا است و تشکیل یک دوقطبی را می‌دهد، به عنوان مرکز دام عمل می‌کند [۵]. دوقطبی‌هایی از این نوع، در کنار هم تشکیل خوشه‌هایی متشکل از چند دوقطبی (Mg-Livac) را می‌دهند [۶]. اعمال دماهای بالاتر از ۴۵۰°C اثر محسوسی را بر روی حساسیت ۱۰۰-TLD نشان نمی‌دهد. با این حال ماده گرماییان LiF:Mg,Cu,P، که احتمال می‌رود در آن نیز همان نوع از مراکز دام وجود داشته باشد، نسبت به دما حساس است [۱-۵]. چن و اشتوبه تغییر ظرفیت از Cu^{2+} به Cu^{1+} در نتیجه دمای بالا را عامل کاهش حساسیت ذکر کردند [۷]. همچنین نشان داده شده است که در دماهای بسیار بالا، مراکز دام ثبات خود را حفظ می‌کنند [۸]. مک‌کیور تغییرات طیف تابش LiF:Mg,Cu,P را با افزایش دما بررسی کرد و یک جابه‌جایی قله اصلی طیف تابش را از ۳۸۰nm به طول موج ۳۵۰nm مشاهده نمود [۵]. با اعمال رژیم گرمایی متعارف ۱۰ دقیقه در دمای ۲۴۰°C تنها قسمتی از حساسیت باز می‌گردد. بنابر این باید این موضوع که آیا کاهش حساسیت، که در اثر گرما یا دز بالا اتفاق می‌افتد، متوجه مراکز باز ترکیب است یا نه، بررسی گردد.

۲. روش کار

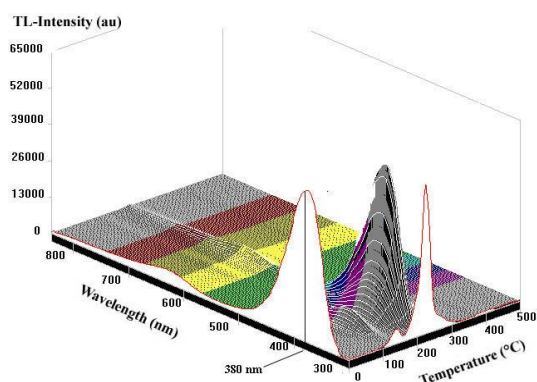
در این تحقیق از دزیترهای ۱۰۰-TLD شرکت هارشا و GR۲۰۰ ساخت چین و پودر مواد گرماییان LiF:Mg,Cu,P، LiF:Mg,Cu، LiF:P، LiF:Mg,P، LiF:Cu، که در آزمایشگاه ترمولومینسانس ساخته شده است، استفاده شد. برای اندازه‌گیری طیف جذب باید دزیترها در اثر پرتودهی بالا تغییر رنگ می‌یافتند و برای این کار، دزیترها در دماهایی در حدود کیلوگری پرتودهی شدند. به این منظور یک چشمه بتا $^{90}\text{Sr/Y}$ (Littlmore Scientific Engineering Co Beta Irradiator Typ ۷۳۳) با $D/t=3/4\text{VG/min}$ (۱۹۸۷) مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری طیف جذب از یک طیف‌سنج Perkin-Elmer-Lambda-۹ با امکان تابش در گستره ۱۸۰nm تا ۳۲۰۰nm استفاده شد.



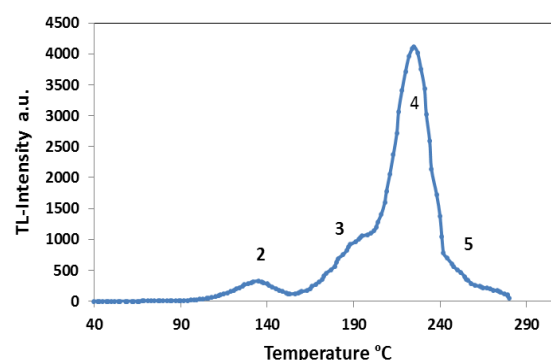
شکل ۲. (رنگی در نسخه الکترونیکی) طیف جذب LiF:Mg,Cu,P. خط پیوسته: نمونه پرتودهی شده، خط چین: طیف نمونه پرتودهی نشده.



شکل ۱. (رنگی در نسخه الکترونیکی) طیف جذب LiF:Mg,Ti. خط پیوسته: نمونه پرتودهی شده، خط چین: طیف نمونه پرتودهی نشده.

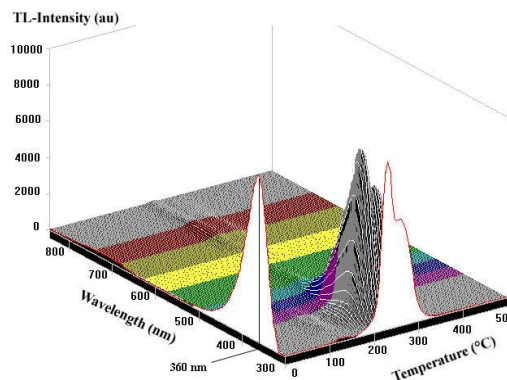


شکل ۴. (رنگی در نسخه الکترونیکی) طیف تابش LiF:Mg,Cu,P بعد از پرتودهی با ۱۴ Gy پرتو بتا.



شکل ۳. (رنگی در نسخه الکترونیکی) ترتیب شماره گذاری قله های گرمایی نمونه LiF:Mg,Cu,P.

در 400°C گرمادهی شده بودند، اندازه گیری شد. شکل ۴ طیف تابش نمونه ای که با روش متعارف گرمادهی شده است و شکل ۵ طیف تابش نمونه ای که با دمای 400°C و سپس با 240°C گرمادهی شده است را بعد از پرتودهی با 14 Gy از چشمه بتا نشان می دهند. مطابق شکل ۴، قله اصلی طیف تابش در 380 nm قرار دارد و شدت گرمایی در محل قله در حدود 49000 counts است. برای نمونه گرمادهی شده در دمای 400°C (شکل ۵) قله اصلی طیف تابش کمی به سمت طول موج های پایین تر یعنی 360 nm منتقل شده است و شدت گرمایی نیز به 7900 counts کاهش یافته است. علاوه بر این، منحنی گرمایی یک قله اضافی را در دمای 280°C در کنار قله اصلی (قله ۴) در 220°C نشان می دهد که حاکی از رشد قله ۵ است. این قله به دلیل اینکه هنگام قرائت و بازپخت ماده گرماییان کاملاً تخلیه نمی شود، در قرائت های بعدی به عنوان



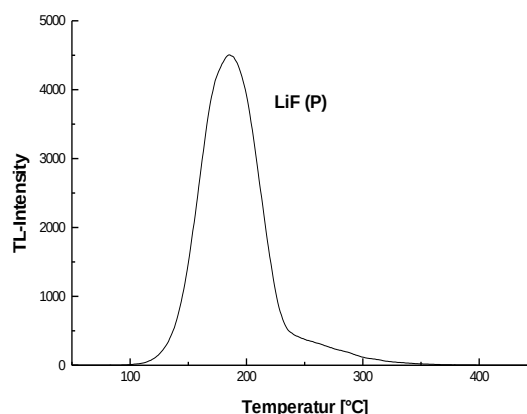
شکل ۵. (رنگی در نسخه الکترونیکی) طیف تابش LiF:Mg,Cu,P بعد از بازپخت در دمای 400°C و پرتودهی با 14 Gy پرتوی بتا.

زیر صفر ظاهر می شود، در این شکل وجود ندارد. برای بررسی اثر دمای بیش از 240°C بر روی حساسیت و طیف تابش، طیف تابش برای دو نمونه از LiF:Mg,Cu,P که قبل از پرتودهی با چشمه بتا، یکی در دمای 250°C و دیگری در دمای

حساسیت این ماده بعد از گرمادهی بالای 240°C مشابه ماده LiF:Mg,Cu,P از دست می‌رود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، که آلاینده‌گی P در ماده گرمالیان LiF:Mg,Cu,P عامل ایجاد حساسیت به دماهای بالاتر از 240°C است.

۴. نتیجه‌گیری

به منظور شناسایی عامل کاهش حساسیت ماده گرمالیان LiF:Mg,Cu,P در اثر گرمادهی با دمای بیش از 240°C ، طیف جذب این ماده با LiF:MgTi مقایسه شد، که نشان داد ماهیت مراکز دام در این دو ماده یکسان هستند. در نتیجه، آلاینده‌گی Mg نمی‌تواند عامل کاهش حساسیت باشد زیرا در LiF:MgTi ، نیز این کاهش حساسیت دیده نمی‌شود. از طرف دیگر با بررسی طیف تابش و گرمالیانی این ماده هنگام گرمادهی تا بیش از 240°C ، کاهشی در طول موج تابش از 380 nm به 360 nm تشخیص داده شد که دال بر تغییر ماهیت مراکز لومینسانس و یا رسوب آنها است. از مقایسه طیف گرمالیانی LiF:Mg,Cu,P و LiF:P ، با توجه به حساسیت این ماده اخیر به دمای بیش از 240°C نتیجه گرفته شد، که احتمالاً آلاینده‌گی P در کاهش حساسیت LiF:Mg,Cu,P در دماهای بالای 240°C نقش دارد.



شکل ۶. منحنی گرمالیانی LiF:P بعد از پرتودهی با دز 100 mGy بتا.

سیگنال باقیمانده^۱ ظاهر می‌شود و احتمال داده می‌شود در اثر رسوب مس در نتیجه حرارت بالا به وجود می‌آید. برای بررسی عامل حساسیت در این ماده، با حذف یک به یک آلاینده‌گی‌ها، نمونه‌های مختلف یعنی LiF:P ، LiF:Mg,P ، LiF:Mg,Cu ، LiF:Cu ساخته و مورد بررسی قرار گرفتند. در بین این مواد گرمالیان، تنها در نمونه LiF:P حساسیت مشابهی به دمای بالای 240°C مشاهده شد. شکل ۶ منحنی گرمالیانی این ماده را نشان می‌دهد. مطابق شکل قله اصلی منحنی گرمالیانی این ماده روی محور افقی در دمای 200°C قرار دارد.

مراجع

1. G G Cai *et al.*, *Rad. Prot. Dos.* **65**, 1-4 (1996) 163.
2. K Meijvogel, and A J J Bos, *Rad. Meas.* **24**, 3 (1995) 239.
3. G Cai, F Wu, and J Zuo, *Radiat. Effects Defects Solid* **132** (1994) 257.
4. T Kaiyong, Z Honying, and S Wenxiu, *Rad. Prot. Dos.* **90** (2000) 449.
5. S W S McKEEVER., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **24** (1991) 988.
6. S W S McKEEVER, M Moskovitch, and P D Townsend, "Thermoluminescence Dosimetry Materials, Properties and Uses", Nuclear Technology Publishing, Ashford, Kent, U.K. (1995).
7. T C Chen and T G Stoebe, *Rad. Prot. Dos.* **2**, 2 (1998) 101.
8. V K Jain, S P Kathuria, and A K Gangary, *J. Phys C* **8** (1975) 2191.