

## بررسی اثر رژیم گرمایی روی طیف تابش $\text{LiF:Mg, Cu, P}$ و مقایسه با $\text{LiF:P}$

فلامرز ترکزاده<sup>۱</sup> و مانفرد فوگر<sup>۲</sup>

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  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  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  $240^\circ\text{C}$ ، بر روی طیف گرمالیانی و طیف تابش این ماده بررسی شد. قله طیف جذب  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  که مربوط به مراکز F است، تفاوت مشخصی را با طیف جذب  $\text{LiF:Mg,Ti}$  نشان نمی‌دهد که بیانگر نقش اصلی مراکز F در تشکیل مراکز دام در این دو ماده گرمالیانی است. ماده  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  به افزایش دما تا بیش از  $240^\circ\text{C}$  حساس است و نتایج نشان می‌دهد، قله اصلی طیف تابش با افزایش دما به  $400^\circ\text{C}$ ، کمی به طول موج‌های کوتاه‌تر منتقل می‌شود. همچنین بررسی حساسیت ماده  $\text{LiF:P}$  در دمای بیش از  $240^\circ\text{C}$  حاکی از نقش آلابیدگی P در کاهش حساسیت  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  در دمای بالای  $240^\circ\text{C}$  است.

واژه‌های کلیدی: گرمالیانی، طول موج تابش، شدت گرمالیانی،  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$ ،  $\text{LiF:P}$

۱. مقدمه

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  $600^\circ\text{C}$  [۳] و  $720^\circ\text{C}$  [۴] استفاده کردند. با این حال به نظر می‌آید با استفاده از این روش، فقط قسمتی از ثبات و حساسیت دزیمتر قابل

اندازه‌گیری دز پرتو و پایش پرتوکاران اغلب نیازمند تراشه‌های دزیمتری دارای حساسیت بالا است. تراشه‌های دزیمتری گرمالیانی مانند  $\text{CaSO}_4$ ،  $\text{CaF}_2$  و  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  دارای حساسیت مناسبی برای پایش پرتو هستند. از میان این مواد گرمالیان،  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  این مزیت را دارد که معادل بافت است. ولی در صورت حرارت‌دهی بیش از  $240^\circ\text{C}$ ، در هنگام

۱. Thermoluminescence

ترمیم است [۵].

در دزیمتر TLD-۱۰۰ مرکز F که شامل  $Mg^{2+}$  و یک تهی جا 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  $450^{\circ}C$  اثر محسوسی را بر روی حساسیت TLD-۱۰۰ نشان نمی‌دهد. با این حال مادهٔ گرمالیان  $LiF:Mg,Cu,P$  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 نتیجهٔ دمای بالا را عامل کاهش حساسیت ذکر کردند [۷]. همچنین نشان داده شده است که در دزهای 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 قلهٔ اصلی طیف تابش را از  $380\text{ nm}$  به طول موج  $350\text{ nm}$  مشاهده نمود [۵]. با اعمال رژیم گرمایی متعارف  $10$  دقیقه در دمای  $240^{\circ}C$  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

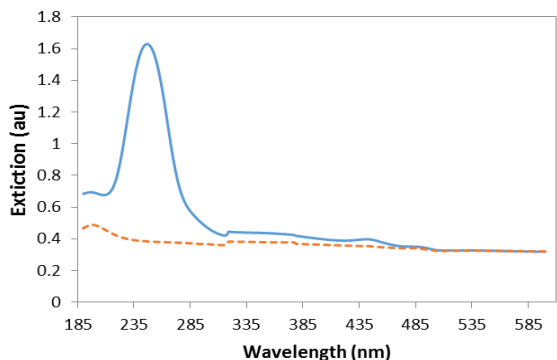
در این تحقیق از دزیمترهای TLD-۱۰۰ شرکت هارشا و ساخت چین و پودر مواد گرمالیان  $LiF:Mg,Cu,P$  GR۲۰۰  $LiF:Mg,Cu,P$ ،  $LiF:Cu$ ،  $LiF:P$ ،  $LiF:Mg,P$ ،  $LiF:Mg,Cu$  که در آزمایشگاه ترمولومینسانس ساخته شده است، استفاده شد. برای اندازه‌گیری طیف جذب باید دزیمترها در اثر پرتودهی بالا تغییر رنگ می‌یافتند و برای این کار، دزیمترها در دزهایی در حدود کیلوگری پرتودهی شدند. به این منظور یک چشمهٔ بتا  $^{90}Sr/Y$  (Littlmore Scientific Engineering Co Beta Irradiator Typ ۷۳۳) با  $(1987) D/t=3/4VG/min$  مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه‌گیری طیف جذب از یک طیف‌سنج Perkin-Elmer-Lambda-۹ با امکان تابش در گسترهٔ  $180\text{ nm}$  تا  $320\text{ nm}$  استفاده شد.

برای اندازه‌گیری طیف تابش از دوربین CCD تحت نیتروژن مایع استفاده شد، که هم‌زمان با گرم شدن دزیمتر، طیف تابش را اندازه‌گیری نمود. دامنهٔ 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 دامنهٔ شدت نور گرمالیانی کاهش می‌یابد. در مواقعی که حساسیت ماده گرمالیان 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  $40$  برابری ماده  $LiF:Mg,Cu,P$  نسبت به  $LiF:M,Ti$  با نام تجاری TLD-۱۰۰، دقت اندازه‌گیری با توجه به  $200$  نقطه (کانال) اندازه‌گیری طول موج  $4\text{ nm} \pm$  است.

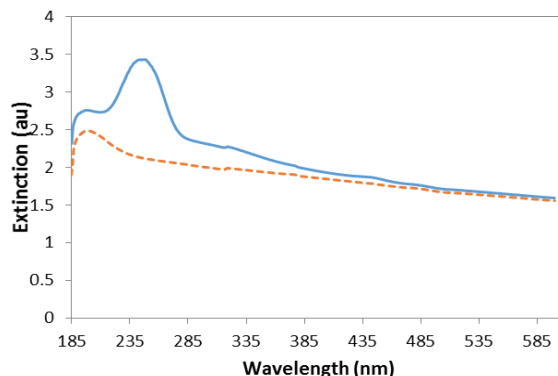
## ۳. نتایج و بحث

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  $1\text{ kGy}$  بتا پرتودهی شدند. سپس با طول موج‌های  $185$  تا  $600\text{ nm}$  نورتایی شدند. شکل‌های ۱ و ۲ طیف جذب نور را برای نمونه‌های پرتودهی شده و پرتودهی نشده نشان می‌دهد.

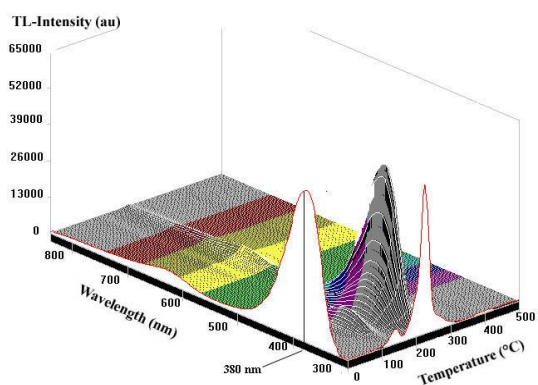
همان‌طور که از مقایسهٔ شکل‌های ۱ و ۲ مشخص است، در هر دو مادهٔ گرمالیان، محل قله در محدودهٔ  $250\text{ nm}$  قرار گرفته است و دال بر وجود ساختار یکسان مراکز دام بارهای الکتریکی (در اینجا الکترون‌ها) است. تفاوت موجود در شدت جذب نمونه‌های پرتودهی نشده به شکل ظاهری و شفافیت نمونه‌ها مربوط می‌شود که به صورت زمینه در نمونه‌های پرتودهی شده نیز وجود دارد. شکل ۳ منحنی گرمالیانی مادهٔ  $LiF:Mg,Cu,P$  را نشان می‌دهد. در این شکل ترتیب شماره‌گذاری قله‌های گرمالیانی روی منحنی آورده شده است. قلهٔ ۴، قله اصلی این منحنی، در دمای  $220^{\circ}C$  قرار دارد و قلهٔ دزیمتری نام دارد. قلهٔ ۱ منحنی گرمالیانی این ماده به این دلیل که در دماهای



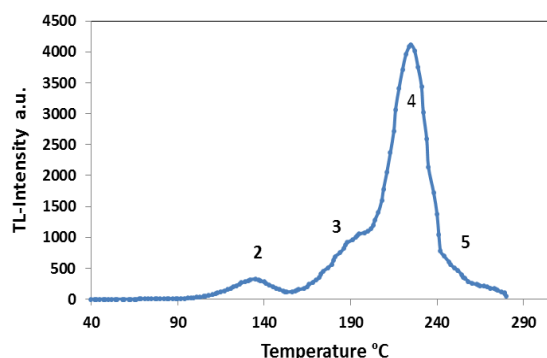
شکل ۲. (رنگی در نسخه الکترونیکی) طیف جذب LiF:Mg,Cu,P. خط پیوسته: نمونه پرتودهی شده، خط چین: طیف نمونه پرتودهی نشده.



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

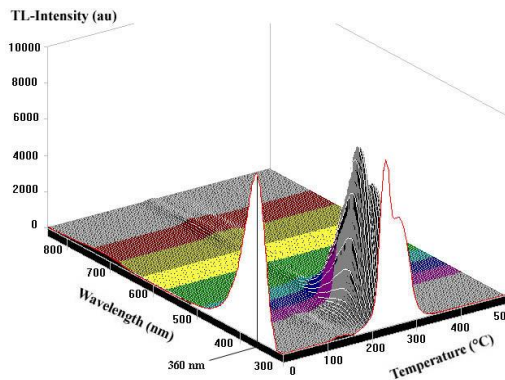


شکل ۴. (رنگی در نسخه الکترونیکی) طیف تابش LiF:Mg,Cu,P بعد از پرتودهی با ۱۴Gy پرتو بتا.



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

در ۴۰۰°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 ۴۰۰°C و سپس با ۲۴۰°C گرمادهی شده است را بعد از پرتودهی با ۱۴ Gy از چشمه بتا نشان می دهند. مطابق شکل ۴، قله اصلی طیف تابش در ۳۸۰ nm قرار دارد و شدت گرمایی در محل قله در حدود ۴۹۰۰۰ counts است. برای نمونه گرمادهی شده در دمای ۴۰۰°C (شکل ۵) قله اصلی طیف تابش کمی به سمت طول موج های پایین تر یعنی ۳۶۰ nm منتقل شده است و شدت گرمایی نیز به ۷۹۰۰۰ counts کاهش یافته است. علاوه بر این، منحنی گرمایی یک قله اضافی را در دمای ۲۸۰°C در کنار قله اصلی (قله ۴) در ۲۲۰°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



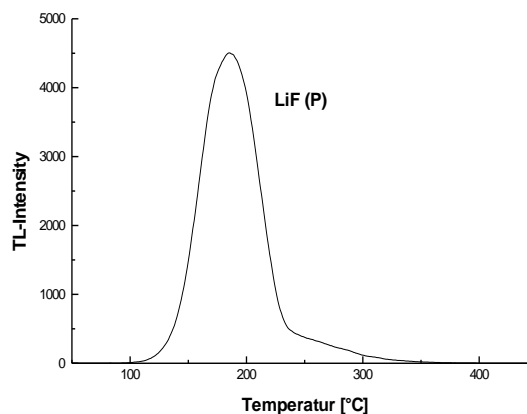
شکل ۵. (رنگی در نسخه الکترونیکی) طیف تابش LiF:Mg,Cu,P بعد از بازپخت در دمای ۴۰۰°C و پرتودهی با ۱۴Gy پرتوی بتا.

زیر صفر ظاهر می شود، در این شکل وجود ندارد. برای بررسی اثر دمای بیش از ۲۴۰°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 ۲۵۰°C و دیگری در دمای

حساسیت این ماده بعد از گرمادهی بالای  $240^{\circ}\text{C}$  مشابه ماده  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  از دست می‌رود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، که آلییدگی P در ماده گرملیان  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  عامل ایجاد حساسیت به دماهای بالاتر از  $240^{\circ}\text{C}$  است.

#### ۴. نتیجه‌گیری

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



شکل ۶. منحنی گرملیانی  $\text{LiF:P}$  بعد از پرتودهی با دز  $100\text{ mGy}$  بتا.

سیگنال باقیمانده<sup>۱</sup> 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 آلییدگی‌ها، نمونه‌های مختلف یعنی  $\text{LiF:P}$ ،  $\text{LiF:Mg,P}$ ،  $\text{LiF:Mg,Cu}$ ،  $\text{LiF:Cu}$  ساخته و مورد بررسی قرار گرفتند. در بین این مواد گرملیان، تنها در نمونه  $\text{LiF:P}$  حساسیت مشابهی به دمای بالای  $240^{\circ}\text{C}$  مشاهده شد. شکل ۶ منحنی گرملیانی این ماده را نشان می‌دهد. مطابق شکل قله اصلی منحنی گرملیانی این ماده روی محور افقی در دمای  $200^{\circ}\text{C}$  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.