



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

سرامیک سازی LiF و تعیین انرژی تله ها آن

صدیقه، مرادی؛ محمدعلی، شفایی؛ ارژنگ، شاهور

^۱دانشگاه یزد، دانشکده فیزیک، صفاییه، بلوار دانشگاه، یزد

^۲پژوهشگده تحقیقات کشاورزی و پزشکی و صنعتی، سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده:

مهمترین کاربرد موادی که خصوصیت گرمالیانی (Thermoluminescence) دارند در دزیمتری تابش می باشد، زیرا دژ جذب شده با شدت نور گسیل شده از ماده گرمالیانی (منحنی درخشندگی) متناسب در این پروژة پودر لیتیم فلوراید با درجه خلوص بالا را در دمای نزدیک نقطه ذوب به شکل قرص، تحت چشمه کبالت پرتو دهی نموده ایم و شدت تابش گرمالیانی آن را با استفاده از دستگاه TLD خوان را تعیین نمودیم سپس با نمونه های خارجی (تولید شده همراه با ناخالصی) مقایسه نموده ایم. ما توانستیم با یافتن یک دمای پخت مناسب و کوتاه به یک ترمولومینسانسی که بهترین شدت و شباهت را به نمونه های خارجی دارد دست یابیم. در این مقاله انرژی تله ها در قرص LiF با استفاده از روش مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی

دزیمتری گرمالیان، منحنی درخشندگی، تله های الکترونی، انرژی تله یا عمق دام

مقدمه

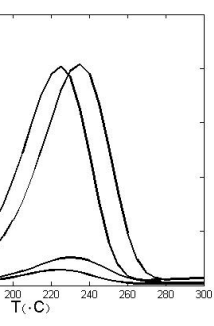
مواد گرمالیانی هنگامی که تحت تاثیر تابش پرتو های یون ساز قرار میگیرند، بخشی از انرژی را در شبکه بلوری ذخیره می نمایند که به صورت گیراندازی الکترون ها در تله هایی که مربوط به ناهنجاریها و ساختارهای بلوری می باشد. اگر این مواد پس از پرتو دهی حرارت داده شوند انرژی ذخیره شده به صورت فوتون های نوری آزاد می گردد این فوتون ها حاصل ترکیب زوج الکترون-حفره می باشد، یعنی هرچقدر الکترون های بیشتری از تله فرار نماید شدت نور گسیل شده از گرمالیانی بیشتر خواهد بود [۱]. تنها راه فرار الکترون ها از این دام ها دریافت انرژی است که این انرژی از طریق گرم کردن ماده گرمالیانی به الکترون داده می شود. دام ها دارای ترازهای انرژی مختلفی هستند بنابراین برای فرار الکترون ها از دام ها انرژی های متفاوتی لازم است. البته ممکن است برخی از الکترون ها پس از آزادی از تله دوباره به دام بیفتند بنابراین اگر پس از آزادی الکترون از تله فقط ترکیب مجدد حکمفرما باشد جنبش مرتبه اول و اگر دوباره به دام افتادن الکترون حکمفرما باشد و یا احتمال یکسان برای ترکیب مجدد و به دام افتادن وجود داشته باشد، جنبش مرتبه دوم حاصل می گردد [۲]. از شدت نور گسیل شده از گرمالیان نسبت به دما منحنی



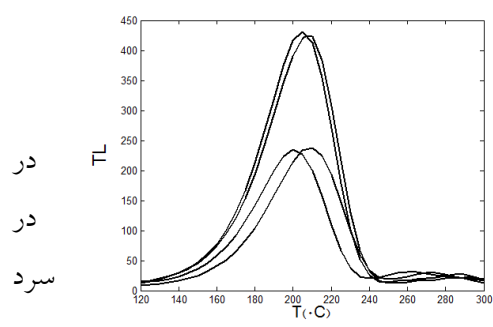
بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

درخشندگی حاصل می‌گردد، و با افزایش انرژی E منحنی درخشندگی به سمت دماهای بالاتر انتقال می‌یابد. روش های گوناگونی برای تجزیه و تحلیل منحنی درخشندگی وجود دارد، و نتایج حاصل از این روش های در مقایسه با یکدیگر متفاوت می‌باشند. عوامل موثر در تجزیه تحلیل منحنی درخشندگی شامل: آهنگ گرم کردن های مختلف، دژتابشی متفاوت، و دماهای پخت و یا نحوه ی آماده سازی ماده گرمالیان می‌باشد [۳]. در این مقاله ۴ روش محاسبه انرژی دامها بیان شده است منحنی مربوط به این قرص ها شامل قله هایی در دمای ۸۰۰ و ۸۲۰ و ۸۳۰ درجه سانتی گراد می باشد، هر کدام از این قله ها متناسب با یک مرکز گیر اندازی می باشد. این دماها نزدیکه نقطه ذوب LiF است که حاصل ۲ روش سرد کردن آهسته و ناگهانی پس از دمای پخت می باشد بنابراینما ۶ گروه قرص داریم و از هر گروه ۴ نمونه را انتخاب نموده ایم و نتایج به دست آمده میانگین داده های تجربی به دست آمده از ۴ قرص در هر گروه می باشد و نتایج حاصل از قرص فلوراید-لیتیم ساخته شده را با نمونه ای از یک قرص خارجی



همراه با نا خالصیست مقایسه خواهیم نمود.



شکل ۲- منحنی با دمای پخت ۸۲۰°C با آهنگ سرد کردن آهسته و ناگهانی

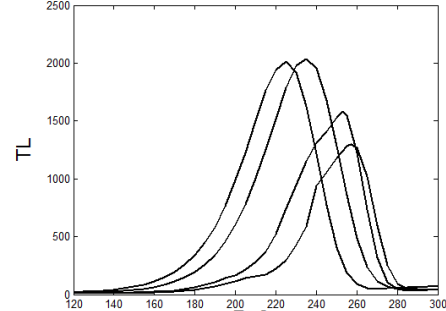
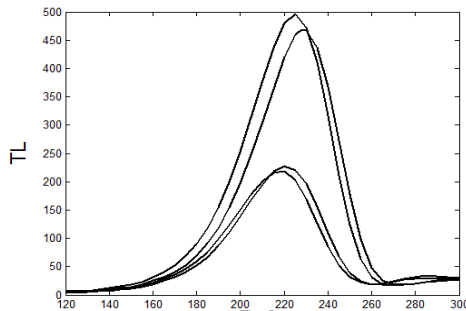
ک سرد کردن آهسته و ناگهانی

در شکل ۱ دو منحنی با قله ی بزرگتر مربوط به سرد کردن سریع در دمای پخت ۸۳۰°C می باشد، که دارای ماکزیمم شدت ۲۰۳۶ و ۲۰۱۷ در دمای ۲۳۵°C و ۲۲۵°C و دو منحنی با قله ی کوچکتر مربوط به سرد کردن آهسته دارای ماکزیمم شدت ۲۵۹ و ۱۴۵ در دمای ۲۲۴°C و ۲۳۰°C می باشد. شکل ۲ منحنی با قله ی بزرگتر مربوط به سرد کردن سریع در دمای پخت ۸۲۰°C می باشد که دارای ماکزیمم شدت ۴۲۵ و ۴۳۱ در دمای ۲۰۷°C و ۲۰۲°C و منحنی با قله ی کوچکتر مربوط به سرد کردن آهسته دارای ماکزیمم شدت ۳۳۸ و ۲۳۷ در دمای ۲۱۰°C و ۲۰۶°C می باشد.



بست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۴- منحنی با دمای پخت 830°C با آهنگ سرد کردن ناگهانی و منحنی مربوط به قرص با روش تکنولوژی پودری (افزودن نا خالصی)

شکل ۳- منحنی با دمای پخت 800°C با آهنگ سرد کردن آهسته و ناگهانی

شکل ۳ دو منحنی با قله ی بزرگتر مربوط به سرد کردن سریع در دمای 800°C می باشد که دارای ماکزیمم شدت ۴۹۶ و ۴۶۸ در دمای 225°C و 228°C منحنی با قله ی کوچکتر مربوط به سرد کردن آهسته دارای ماکزیمم شدت ۲۲۸ و ۲۲۰ در دمای 219°C و 220°C می باشد.

در شکل ۴ منحنی با قله ی بزرگتر، مربوط به سرد کردن سریع در دمای 830°C می باشد که با نمونه خارجی که همراه با ناخالصی می باشد (TLD_{100}) و دارای ماکزیمم شدت ۷۰۲۰ و ۵۸۱۶ در دمای 257°C و 253°C می باشد مقایسه شده است. در جدول ۱ و ۲ بیشترین شدت تابش ودما برای همین قرص ها در ۳ دما با دو آهنگ گرم کردن بیان شده است، که بیشترین شدت مربوط به دمای 830°C با روش سرد کردن سریع می باشد.

جدول ۲: میانگین حداکثر دما و شدت تابش برای ۴ نمونه مربوط به سرد کردن سریع

جدول ۱: میانگین حداکثر دما و شدت تابش برای ۴ نمونه مربوط به سرد کردن آهسته

روش کار:

عملیات حرارتی	متوسط حداکثر شدت	متوسط حداکثر دما
800°C	۵۳۱	۲۱۱
820°C	۳۸۵	۲۱۷
830°C	۱۶۸۱	۲۱۷

روش افزایش اولیه (IR)

عملیات حرارتی	متوسط حداکثر شدت	متوسط حداکثر دما
800°C	۱۶۷	۲۰۹
820°C	۲۶۴	۲۱۲
830°C	۲۲۲	۲۲۰
نمونه با ناخالصی (TLD_{100})	۱۵۰۰	۲۵۶

این روش تجربی که توسط *Gibsson* و *scarlick* [۴] پیشنهاد شده است و

برای هر مرتبه از انرژی جنبشی قابل اعمال می باشد. با رسم نمودار $Ln(TL)$ نسبت به $1/KT$ برای بخش اولیه از داده ها انرژی تله ها را محاسبه مینماییم این تجزیه و تحلیل برای ۱۰ نقطه ابتدایی انجام گرفته است.



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

۸۰۰ □ C	۰٫۶۶۷	۰٫۹۸۲	۰٫۲۴۸
---------	-------	-------	-------

جدول ۳: میانگین انرژی تله ها در LiF با استفاده از روش افزایش اولیه همراه با سرد کردن آهسته

نمونه با ناخالصی (TLD _{۱۰۰})	۰٫۶۱۶	۰٫۹۳۶	۰٫۶۲۱
--	-------	-------	-------

جدول ۴: میانگین انرژی تله ها در LiF با استفاده از روش افزایش اولیه با سرد کردن سریع

خطا	جنر-مربعی	انرژی E تله ها	عملیات حرارتی
۰٫۲۸۰	۰٫۸۹۸	۰٫۶۶۱	۸۰۰ □ C
۰٫۲۴۰	۰٫۹۸۹	۰٫۷۰۶	۸۲۰ □ C
۰٫۶۱۰	۰٫۹۸۸	۰٫۶۸۵	۸۳۰ □ C

روش مساحت یا روش تجزیه و تحلیل قله درخشش کل

از این روش که بر پایه انتگرال گیری از قله درخشش است، زمانی که یک قله به خوبی از سایر قله ها جدا باشد. که از محاسبه مساحت زیر منحنی درخشش از دمای T_0 تا دمای T_f مقدار $n(T)$ محاسبه می گردد. در به کاربردن این روش نموداری از $\ln(TL/n^b)$ نسبت به $1/kT$ رسم می نماییم که یک خط راست حاصل می گردد و از شیب آن انرژی E به دست می آید.

جدول ۶: انرژی تله ها در LiF با استفاده از روش مساحت تحت سرد کردن آهسته

خطا	جنر-مربعی	بهترین-مرتبه	انرژی E تله ها	عملیات حرارتی
۰٫۱۱۶۵	۰٫۹۴۶	۲٫۰۸	۱٫۰۸۹	۸۰۰ □ C
۰٫۰۹۸۸	۰٫۹۴۵	۱٫۸۸	۱٫۰۲۴	۸۲۰ □ C
۰٫۰۶۴۳	۰٫۹۷۵	۱٫۴۶	۰٫۹۲۰	۸۳۰ □ C
۰٫۰۶۵	۰٫۹۳۲	۰٫۹۴	۰٫۸۳۳	نمونه با ناخالصی

جدول ۷: انرژی تله ها در LiF با استفاده از روش مساحت همراه تحت سرد کردن ناگهانی

خطا	جنر-مربعی	بهترین-مرتبه	انرژی E تله ها	عملیات حرارتی
۰٫۱۳۴۰	۰٫۹۴۷	۲٫۱۸	۱٫۲۷۴	۸۰۰ □ C
۰٫۱۲۳۹	۰٫۹۵۰	۲	۱٫۲۳۲	۸۲۰ □ C
۰٫۱۰۴۹	۰٫۹۶۲	۱٫۷۰	۱٫۱۲۵	۸۳۰ □ C

برآزش منحنی درخشش با استفاده از معادلات $skitis$ و همکارانش

$skitis$ همکارانش [۶] بر اساس معادلات حاکم بر فرایند تولید گرمالیانیم معادلاتی را به دست آوردند که بیانگر شدت گرمالیانی است، این معادلات بر پایه دو مقدار تجربی IM (حداکثر شدت TL) و TM (دما در حداکثر شدت TL) می باشد.

جدول ۸: محاسبه میانگین انرژی تله ها در LiF با استفاده از برآزش منحنی با سرد کردن آهسته

FOM	b	انرژی E تله ها	عملیات حرارتی
۱۲٫۹۴	۰٫۴/۱	۰٫۶۲/۱	۸۰۰ °C
۱۱٫۸۲	۱٫۰۶	۹۹۷/۰	۸۲۰ °C
۶٫۴۲	۱٫۲۲	۰٫۷۳/۱	۸۳۰ °C
۱۲٫۲۶	۰٫۸۵	۱٫۳۰۷	نمونه با ناخالصی

۹: محاسبه میانگین انرژی تله ها در LiF با استفاده از برآزش منحنی تحت سرد کردن ناگهانی

FOM	b	انرژی E تله ها	عملیات حرارتی
۷٫۹۲	۱٫۰۱	۱٫۰۸۲	۸۰۰ °C
۶٫۱۸	۰٫۹۹	۱٫۱۶۰	۸۲۰ °C
۶٫۸۸	۱	۱٫۱۱۰	۸۳۰ °C



بیست و یکمین کنفرانس هسته ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

روش معادلات شکل قله چن

این روش مبتنی بر شکل و خواص هندسی قله منحنی درخشندگی می باشد، که در آن پارامترهایی بر اساس شکل قله تعریف می گردد. چن [5] بر اساس شکل قله درخشش و داشتن دمای تجربی $T1$ و $T2$ و TM یک روش کلی و بیان معادلاتی برای به دست آوردن مقدار انرژی ابداع کرد. روش او برای انرژی های بین $0.1eV$ تا $2eV$ مناسب است.

جدول ۱۱: محاسبه میانگین انرژی تله ها در LiF به روش شکل قله چن با روش سرد کردن آهسته

عملیات حرارتی	$E\tau$	$E\omega$	$E\delta$	ΔE	ω	μ
$800^{\circ}C$	۱٫۰۹۶	۱٫۱۰۲	۱٫۰۸۸	۰٫۱۳۹	۴۳	۰٫۴۱
$820^{\circ}C$	۱٫۱۶۶	۱٫۱۷۴	۱٫۱۶۲	۰٫۱۵۱	۴۲	۰٫۴۲
$830^{\circ}C$	۱٫۱۲۹	۱٫۲۷۰	۱٫۲۱۱	۰٫۱۹۸	۴۲	۰٫۴۱

جدول ۱۰: محاسبه میانگین انرژی تله هادر LiF به روش شکل قله چن با روش سرد کردن سریع

عملیات حرارتی	$E\tau$	$E\omega$	$E\delta$	ΔE	ω	μ
$800^{\circ}C$	۱٫۱۵۳	۱٫۱۵۶	۱٫۱۳۳	۰٫۳۹۹	۴۲	۰٫۴۲
$820^{\circ}C$	۱٫۰۵۴	۱٫۰۶۰	۱٫۰۴۸	۰٫۱۲۶	۴۶	۰٫۴۲
$830^{\circ}C$	۱٫۱۶۶	۱٫۱۸۰	۱٫۱۷۹	۰٫۱۲۱	۵۰	۰٫۴۴
نمونها ناخالصی	۱٫۱۱۵	۱٫۰۰۲	۰٫۷۴	۰٫۱۸۵	۳۸	۰٫۳۴

مقدار μ به دست آمده در اینجا در بازه 0.42 و 0.44 می باشد که این نشان دهنده این است که قله های تولید شده سنتیک مرتبه اول را به دنبال دارند یعنی احتمال باز ترکیب مجدد فرآیند غالب می باشد.

نتایج:

اگر یک عملیات حرارتی یا دما و زمان پخت مناسب مثلا در دماهای نزدیک نقطه ذوب برای ماده گرمایی LiF پیدا نماییم می توان به یک گرمایی مطلوب بدون افزودن ناخالصی (که به منظور افزایش شدت تابش گرمایی استفاده می شود) دست یافت. با دو روش سرد کردن آهسته و سریع سطح انرژی تله ها، شدت تابش، و دما در حداکثر تابش تغییر می کند. از مزایای سرامیک نمودن این قرص ها می توان به استحکام و غیر قابل نفوذ شدن از لحاظ ورود ناخالصی و آلودگی، سرامیک سازی که بدون افزودن هر گونه ناخالصی می توان به یک گرمایی ایده ال رسید که بهترین شدت و حساسیت را داشته باشد.

بحث و نتیجه گیری:



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳، دانشگاه اصفهان

قرص های ساخته شده در دمای ۸۳۰ درجه طی ۲ ساعت زمان پخت با آهنگ سرد کردن ناگهانی یک گرمالیانی که از لحاظ شدت تابش و انرژی و چگالی تله ها مشابه به نمونه‌های که از روش تکنولوژی پودری تهیه شده‌اند می باشد که با هزینه و زمان کمتر وبدون نیاز به تجهیزات اضافی می توان به این نمونه از قرص ها دست یافت.همان طور که در شکل های ا تا ۴ می بینید منحنی درخشندگی با سرد کردن سریع در هر سه دما دارای شدت بیشتر و قله های بزرگتری می باشد و سطح و تغییر آهنگ انرژی تله ها طبق ۴ روش ذکر شده که نتایج آن در جداول ا تا ۱۱ بیان گردیده است که نتایج با دو روش سرد کردن کاملا متفاوت می باشد.منحنی های به دست آمده قرص های ساخته شده، بر عکس نمونه های خارجی متقارن دارای شدت بیشتر و قله های کوچک خیلی کمی می باشد.همانطور که در شکل ۴ می بینید فقط دمای TM قله ها تفاوت اندکی با هم دارند.

مرجع ها

- [1] م.ع. شغائی، ساخت قرص TLD با استفاده از پودر LiF جهت استفاده در پرتو درمانی ۱۳۷۵، دانشگاه فردوسی مشهد
- [2] S.W.S. McKeever and R. Chen, *Radiat. Meas.* 27, (1997) 625.
- [3] V. Pagonis, G. Kitis, C. Furreta, *Numerical and Practical Exercises in Thermoluminescence*, Springer, 2006.
- [4] G.F.J. Garlick and A.F. Gibson, *Proc. Phys. Soc.* 60 (1948) 574.
- [5] R. Chen, *J. Appl. Phys.* 40 (1969) 570.
- [6] G. Kitis, J.M. Gomez-Ros, and J.W.N. Tuyn, *J. Phys. D* 31 (1998) 2636