



بررسی تأثیر ایندیوم بر روی گاف نواری و ترمولومینسانس بلورهای KCl و KBr

سید احمد، حسینی^۱؛ خدیجه، رضایی ابراهیم سرایی*^۲؛ محمد رضا، فایض^۱؛ حیدر فری پور^۲

۱. دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، گروه مهندسی هسته‌ای
۲. سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده لیزر و اپتیک

چکیده:

رفتار ترمولومینسانس (TL) محلول‌های جامد با ناخالصی ایندیوم در کریستال‌های KCl و KBr که در معرض اشعه گاما با دزهای مختلف از چشمه ^{60}Co قرار گرفته‌اند و نمودارهای درخشندگی TL کریستال‌ها در بازه‌ی ۱۵۰۰۰ - ۳ Gy بررسی شد، که به شدت به ترکیبات تشکیل دهنده بلور وابسته است. نتایج، تأثیر ناخالصی ایندیوم را در شدت منحنی درخشندگی TL بلورها را نشان می‌دهد.

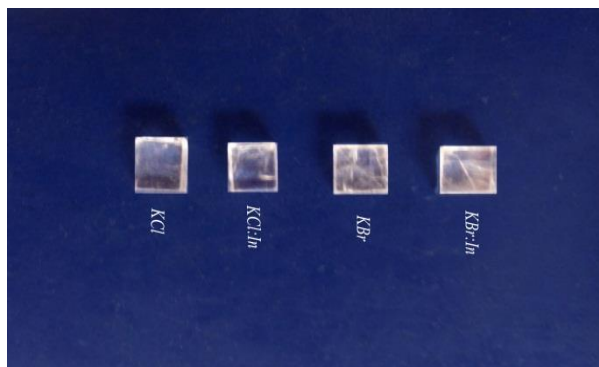
کلید واژه: ترمولومینسانس، گاف نواری، کریستال

مقدمه:

ترمولومینسانس شکلی از لومینسانس است که انرژی جذب شده از پرتوهای الکترومغناطیسی یا پرتوهای یونی را با گرم کردن ماده به صورت پرتوهای مرئی یا نزدیک به مرئی گسیل می‌کند، که این پدیده در بلورهای عایق یا نیمه رساناها مشاهده می‌شود [۱،۲]. ترمولومینسانس وسیله مهمی برای مطالعه مراکز رنگی در هالیدهای قلیایی است. بیش تر مطالعات ترمولومینسانس بر روی تک کریستال‌های هالیدهای قلیایی یا پودرهای ریز بلورین انجام شده است [۳]. ترمولومینسانس لایه‌های نازکی از بلورهای هالیدهای قلیایی نتایج قابل توجهی را ارائه کرده است، پژوهش‌ها همچنان برای دستیابی به کریستالی با خواص بهتر ادامه دارد. در این مقاله ابتدا به شرح چگونگی رشد تک بلورها و آماده سازی نمونه‌ها می‌پردازیم سپس تأثیر ناخالصی ایندیوم را بروی باند گپ انرژی بررسی می‌کنیم و در پایان نمودارهای درخشندگی بلورهای KCl و KBr و تأثیر ناخالصی بر روی آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

شرح آزمایش:

در این مطالعه برای رشد بلورهای KBr ، KCl ، $KCl:In$ و $KBr:In$ از روش چوخرالسکی و پودر مربوط به هر ماده متعلق به شرکت مرک آلمان و با خلوص ۹۹/۹۹۹ درصد استفاده گردید. ابتدا ۹۹/۹ در صد مول از پودر KBr و ۰/۱ مول درصد از پودر $InCl_3$ را در بوتله ریخته و تا دمای $500^\circ C$ ، محیط را تا $4-10 \times 8$ torr خلاء می‌کنیم تا رطوبت از محیط رشد خارج گردد. پس پودر با گاز آرگون شستسو داده می‌شود، و برای تشکیل مذاب همگن دمای کوره تا $900^\circ C$ می‌رسد. پس از ذوب کامل و به تعادل رسیدن مذاب دمای کوره را تا حدود $800^\circ C$ کاهش می‌دهیم. در این هنگام بلور دانه در حین چرخش به آرامی با مذاب مماس شده تا زمان کشیدن بلور دانه شود، این زمان حدود چند دقیقه پس از مماس شدن خواهد بود. بلور دانه با سرعت ۲۵ دور در دقیقه دور خود می‌چرخد و با سرعت کشش ۱۰ میلی‌متر بر ساعت به طرف بالا فرستاده می‌شود. بوتله نیز با سرعت ۵ دور در دقیقه دور خود می‌چرخد و با سرعت ۱ میلی‌متر بر ساعت به طرف بالا فرستاده می‌شود. با پایان فرایند رشد بلور، بلور رشد داده شده از مذاب خارج شده و برای تنش زدایی به مدت ۱۲ ساعت در داخل کوره در دمای $580^\circ C$ قرار داده شد. که این دما تقریباً معادل $0/8$ دمای ذوب ماده اولیه است. در مرحله آخر بلور با نرخ $30^\circ C/h$ تا دمای محیط سرد می‌گردد. برای آماده سازی نمونه‌ها بلورها را به ابعاد $1 \times 3 \times 3$ و وزنی در حدود $0/05$ g برش دادیم (شکل ۱). نمونه‌ها قبل از پرتودهی در کوره‌ای به مدت ۳۰ دقیقه در دمای $400^\circ C$ آنیل و سپس از $30 - 3$ Gy با چشمه ^{60}Co با سرعت دز $24/25$ Gy/h پرتودهی شدند و از 15000 Gy - 30 با چشمه ^{60}Co با سرعت دز 702 Gy/h پرتودهی شدند.



شکل ۱. نمونه های بلوری آماده شده برای پرتودهی

در بلورهای $KBr:In$ و $KCl:In$ برای به دست آوردن مقدار ایندیوم توزیع شده در شبکه بلوری از دستگاه ICP-OES (Optima-۷۳۰۰-DV) استفاده شد که مقادیر ایندیوم توزیع شده در بلورها به ترتیب برابر $0/00091$ و $0/0047$ مولار درصد به دست آمد.

محاسبه گاف نواری به وسیله نقاط تائوک

روشی که به طور گسترده برای تعیین گاف نواری استفاده می‌شود منحنی تائوک است، که در این روش برای به دست آوردن گاف نواری از طیف‌های انعکاسی استفاده می‌گردد. در این مطالعه از دستگاه طیف سنج مرئی-فرابنفش جاسکو V-۶۷۰ استفاده شد. معادله $(\alpha hv)^{1/n} = A(hv - E_g)$ فرمول پیشنهادی تائوک، داویس و مات را بیان می‌کند. در آن ثابت پلانک، ν فرکانس ارتعاشی، α ضریب جذب، E_g گاف نواری، A ثابت تناسبی است. چون گذار ممکن مستقیم در این آزمایش‌ها استفاده شده، لذا $n=1/2$ برای این نمونه‌ها به کار گرفته شده است. سپس طیف انعکاسی به تابع Kubelka-Munk تبدیل می‌شود. محور عمودی $F(R_{\infty})$ که با ضریب جذب متناسب است. مقدار α در معادله تائوک با $F(R_{\infty})$ جایگزین می‌شود. بنابراین معادله قابل استفاده به صورت معادله $(F(R_{\infty})hv)^2 = A(hv - E_g)^2$ در می‌آید و Kubelka-Munk به صورت معادله $F(R_{\infty}) = \frac{(1-R)^2}{2R}$ بیان می‌شود که R بیان‌گر طیف انعکاسی بر حسب درصد است. سپس $(F(R_{\infty})hv)^2$ بر حسب hv رسم خواهد شد و مقدار $(hv - (hvF(R_{\infty})))^2$ را که همان خط مماس در نقطه خمیدگی منحنی است را رسم می‌شود و با استفاده از خط مماس رسم شده از مرحله قبل، مقدار انرژی گاف نواری بلورهای KBr ، KCl ، $KBr:In$ و $KCl:In$ از نقطه اشتراک خط مماس بر منحنی و محور افقی به دست می‌آید [۴]. در جدول ۱ مقادیر به دست آمده از انرژی گاف نواری بلورها آمده است.

جدول ۱: مقادیر به دست آمده از انرژی گاف نواری بلورها

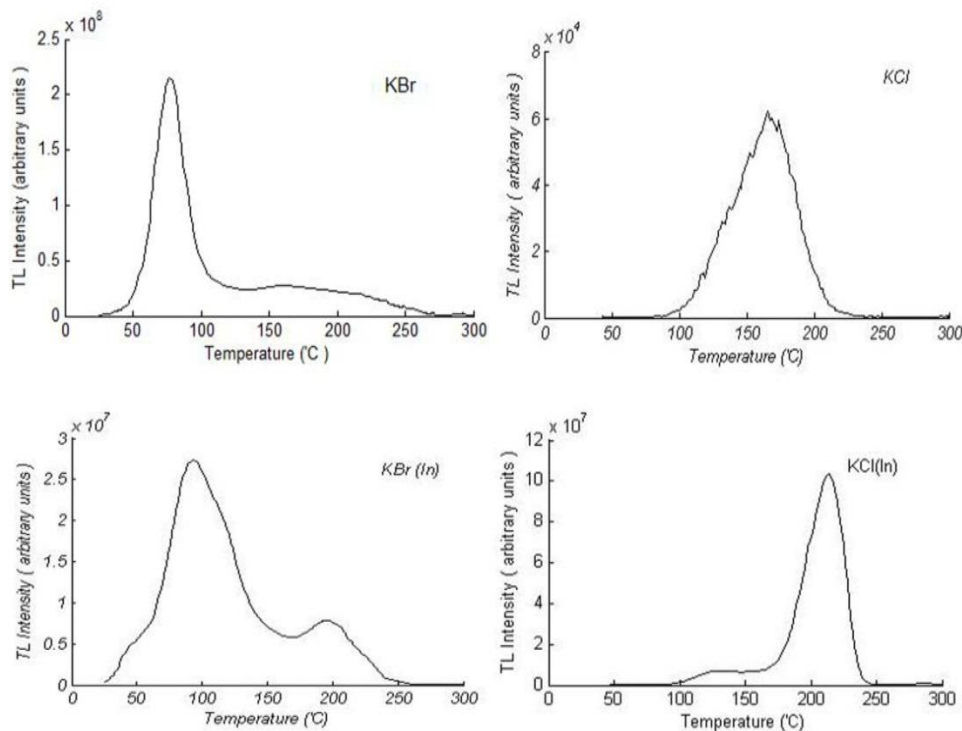
نوع بلور	مقدار گاف انرژی (eV)
KBr	۳/۱۱۸
KBr(In)	۳/۰۲۸
KCl(In)	۲/۲۱
KCl	۲/۲۸۵

نمودارهای درخشندگی:

شکل ۲ نمودارهای تابش TL را برای بلورهای KCl ، KBr ، $KBr:In$ و $KCl:In$ نشان می‌دهد. در نمودار درخشندگی بلور KCl ، یک پیک در دمای $170^\circ C$ دیده می‌شود. در بلور KBr دو پیک در دماهای $77^\circ C$ و $158^\circ C$ وجود دارد که شدت پیک دمای پایین بیش‌تر از دمای بالا است. در بلور $KCl:In$ دو پیک در دماهای $131^\circ C$ و $214^\circ C$ مشاهده می‌شود، که شدت پیک در دمای بالاتر بیش‌تر از دمای پایین‌تر است. در بلور $KBr:In$

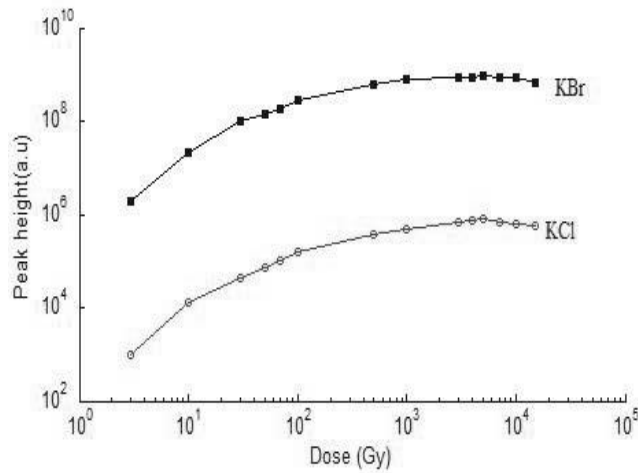


دو پیک در دماهای 95°C و 195°C دیده می شود، که شدت پیک در دمای پایین تر بیش تر از دمای بالاتر است.

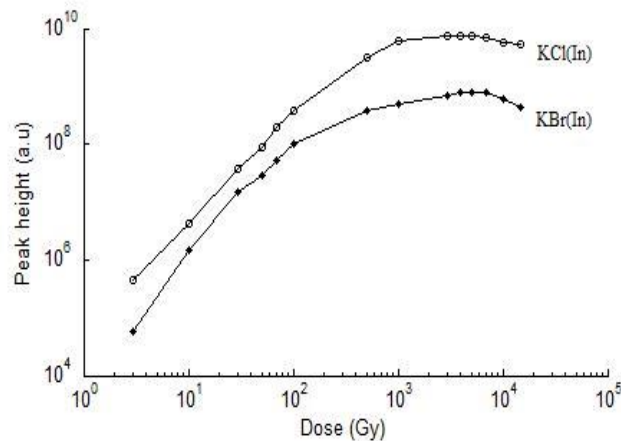


شکل ۲. نمودارهای درخشندگی KCl:In و KBr:In, KBr, KCl

منحنی تابش TL برای بلورهای KCl, KBr, KBr:In و KCl:In در دزهای مختلف (۱۵۰۰۰ تا ۳) از چشمه ^{60}Co ثبت شده است. شدت تابش پیکها با افزایش دز تا ۵۰۰۰ Gy افزایش می یابند. پیکهای جدیدی مشاهده نشد. شکل ۳ نشان می دهد که در نزدیکی ۵۰۰۰ Gy با افزایش دز رفتار خطی نمونه ها به خاطر رسیدن قرصها به حالت اشباع از بین می رود. در شکل ۵- الف همان طور که مشاهده می شود شدت پیکهای KBr خالص از KCl خالص بیشتر است که این نتایج با مطالعات انجام شده در سال ۱۹۸۲ توسط سوبرامانیام (Subramaniam) و بانسیگر (Bansigir) که رفتار ترمولومینسانس KCl, KBr و بلورهای مخلوط آن ها را بررسی کرده اند، مطابق است [۵]. در شکل ۵- ب دیده می شود که شدت پیکهای KCl:In بیش تر از شدت پیکهای KBr:In است که تاثیر ناخالصی در بلور را نشان می دهد.



شکل ۳- الف. ارتفاع شدت پیک های اصلی نمودارهای درخشندگی KBr و KCl



شکل ۳- ب. ارتفاع شدت پیک های اصلی نمودارهای درخشندگی KBr:In و KCl:In

نتیجه گیری:

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده شد با افزایش ناخالصی به بلورها مقدار انرژی گاف نواری بلورهای خالص کاهش می‌یابد که آن به دلیل به وجود آمدن ترازهای جدیدی در ناحیه گاف نواری توسط ناخالصی ایندیوم است. با استفاده از نتایج به دست آمده از ICP می‌توان گفت که به دلیل توزیع بیش‌تر In در شبکه بلوری KBr:In، این ایندیوم‌های اضافی باعث خود جذبی بیش‌تر فوتون‌های گسیل شده از شبکه بلوری شده و انرژی فوتون‌ها را با جذب‌های متوالی به فوتون و ارتعاشات میدانی بلور تبدیل کرده است.



منابع :

۱. Neelamegam P, Rajendran, Bulletin of Material Science © Indian Academy of Science ۲۰۰۱, ۲۶, ۵, ۵۶۵.
۲. Bos. A.J.J; Theroy of thermoluminescence; Radiat Meas, ۴۱, (۲۰۰۷), ۴۵-۵۶.
۳. Mackeever. S.W.S; Thermoluminescence of solids. Cambridge University Press, Cambridge, (۱۹۸۵).
۴. Moroyoqui-Estrella.G, P´erez-Salas. R, and Rodr´iguez-Mijangos. R. A generalized rule of average for glow peak temperature of ternary alkali halide systems.revista mexicana defisica ۵۷ (۲) ۱۵۴-۱۵۷ (۲۰۱۱).
۵. Subramaniam.B and Bansigir. K.G, Thermoluminescence studies in KCl-KBr mixed crystals, J. Phys. C: Solid State Phys., ۱۶ (۱۹۸۳) ۲۱۳-۲۲۰.