



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

رشد بلور NaI(Tl) به روش چکرالسکی و بررسی خواص آشکارسازی آن

خیرالله محمدی^۱، سجاد شاه ملکی^۱، روح الله عظیمی راد^۱، ابراهیم حاجی علی^۲

۱- دانشگاه مالک اشتر

۲- دانشگاه امام حسین(ع) - گروه فیزیک

چکیده:

تک بلور NaI با ناخالصی Tl با درصد وزنی (0.05-0.09-0.10-0.11-0.20) به روش چکرالسکی رشد داده شد. سرعت رشد به گونه‌ای انتخاب شد که توزیع ناخالصی در بلور یکنواخت باشد. به منظور یکنواختی بیشتر ناخالصی در بلور عملیات حرارتی به مدت 48 ساعت در دمای 550°C اعمال شد همچنین جهت افزایش میزان مراکز رنگی F در بلور NaI(Tl) که عامل ایجاد فتوپیک در طیف اسپکتروسکوپی گاما می باشد، 3 بارقدام به تزریق گازوخللا نموده و سپس طیف هریک از بلورها پس از پرتودهی با چشمه ¹³⁷Cs نیز گرفته شد. مشاهدات حاصل از طیف گیری NaI(Tl) در مقابل چشمه ¹³⁷Cs حاکی از آن است که با تغییر ناخالصی در بلور خالص، زیر ترازهای جدیدی خلق و شدت لومینسانس تغییر پیدا کرده و به موجب آن فوتوپیک در انرژی 0.662 MeV ظاهر می گردد. با توجه به آزمایشهای انجام شده مشخص شد که تک بلور NaI به همراه ناخالصی Tl(0.1) بهره نوری بهتری داشته و قدرت تفکیک انرژی آن 12٪ در انرژی 0.662 MeV بدست آمد.

مقدمه

روشهای مختلفی که معمولاً برای رشد تک بلورها مورد استفاده قرار می گیرند. ممکن است به صورتی که در اینجا طرح کلی آن ارائه شده طبقه بندی شوند. این روشها به رشد از مذاب، رشد از بخار، رشد از محلولهای فوق اشباع و روشهای دیگر تقسیم گردد، که رشد از مذاب مهمترین این روشها است.

برتری رشد بلور از مذاب نسبت به بعضی از روشهای رشد این است که در این روش خلوص بدست آمده بیشتر بوده و ما می توانیم نابجاییها و عیبهای کمتری را در این رشد داشته باشیم، در نتیجه بلور رشد یافته کاملتر بوده و ابعاد بزرگتری را خواهد داشت. رشد کریستال از مذاب، بخاطر کاربرد وسیعی، دارای اهمیت ویژه‌ای می باشد. اکثر مواد به این روش قابل رشد می باشند. یکی از انواع روشهای رشد از مذاب، روش چکرالسکی (Czoralski) می باشد [1-3].

این روش، روشی است که مذاب در درون بوتله به تدریج یخ می زند و به یک تک بلور تبدیل می شود. آشکارسازها، اعم از سنتیلاتورها (سوسوزنها)، نیمه هادی ها، دزیمترها و همچنین محیطهای فعال لیزری و ابزار و ادوات اپتیکی، از جمله کاربردهای مهم در علم بلورشناسی و رشد بلور می باشد [3-5]. نوع و مقدار هر ناخالصی می تواند بر طول موج و نیز مقدار جذب اثر گذاشته و سپس طول موج لومینسانس و همچنین مقدار آن را تحت تاثیر قرار دهد. زمان واهلش نیز مقدار مراکز جذب F و فاکتورهای دیگر می تواند بر انتخاب ماده اصلی جهت ساخت



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

آشکارساز سنتیلاتور اثر گذار باشد. انتخاب بلورهایی چون NaI(Tl) , CsI(Tl,Na) , LiI(Eu) و... به عنوان آشکارساز سنتیلاتور در کاربردهای هسته ای می باشد [6-7]. اما چیزی که در اینجا حائز اهمیت است، نحوه نگرش ما به سنتیلاتور و روش رسیدن به یک سنتیلاتور ایده آل و یا حداقل انتخاب یک سنتیلاتور مناسب می باشد. به عبارت دیگر برای رسیدن به یک ماده لومینسانس با بهره دهی نوری مناسب می بایست به نکات مهمی توجه کرد. چگونگی رشد تک بلوری با نابجاییهای کم، همچنین دستیابی به مقدار مناسبی از ناخالصی و توزیع یکنواخت آن در تک بلور از جمله نکات تعیین کننده ای است که بایستی در نظر گرفت.

رشد تک کریستال NaI(Tl)

پودر NaI را در بوتله پلاتینی می ریزیم. دانه‌ای از جنس NaI تهیه کرده و سپس مکان بوتله را طوری تنظیم می کنیم که دانه دقیقاً در وسط بوتله قرار گیرد. پس از انجام این عملیات، درب کوره را بسته و با پمپ روتاری محفظه را تا 2-10mbar خلا می کنیم. سپس تا فشار 1.2 atm گاز آرگون وارد محفظه کرده و مجدداً خلا می کنیم، این کار را 3 بار تکرار کرده و در آخر با وارد کردن گاز آرگون تا همان فشار، سیستم را برای رشد آماده می کنیم. دمای کوره را بالا برده تا پودر کاملاً ذوب شود. در دمای 650°C پودر کاملاً ذوب می گردد، پس از ذوب شدن آنها، ناخالصی یدور تالیوم را به صورت مرحله به مرحله بر روی مذاب می اندازیم. سیستم چرخش را با 20 دور بر دقیقه و سرعت کشش 3 mm/h انتخاب کردیم.

بحث و بررسی

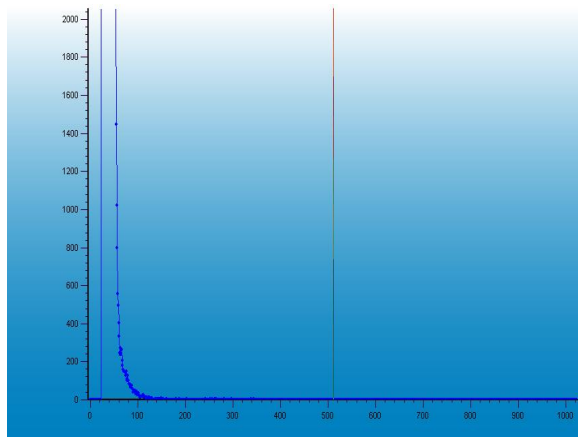
بلورها پس از پولیش و برش در مقابل چشمه ^{137}Cs با انرژی 0.662MeV قرار داده و طیف گامای حاصل از آنها را بررسی می کنیم در ضمن مشخصات طیف گیری عبارتند از:

- 1- طیف گیری در مدت زمان 300 ثانیه انجام شد.
- 2- چشمه مورد استفاده سزیم بوده و فعالیت آن 1 میکرو کوری می باشد.
- 3- فاصله چشمه تا نمونه که به فتومولتی پلایر متصل شده 5 میلی متر است.

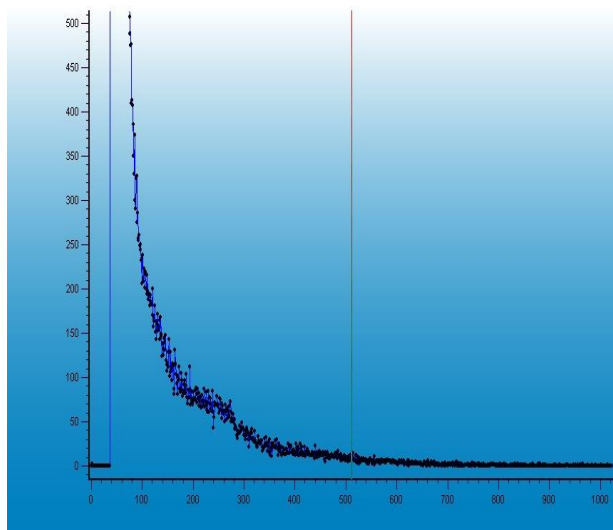


بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل (۱): منحنی پاسخ زمینه در مقابل چشمه ^{137}Cs با انرژی 0.662MeV



شکل (۲): منحنی پاسخ آشکارساز NaI(Tl-0.2) برای انرژی 0.662MeV

نتایج حاصل از طیف نگاری گویای این مطلب است که بلور نسبت به حالت زمینه حساس شده ولی شکل طیف، ظاهریک طیف ایده‌آل را ندارد.

با توجه به شکل (۲) تأثیر ناخالصی (0.2%) Tl را در شبکه بلوری NaI را می‌توان بصورت زیر بیان کرد: در شبکه بلوری تحت تابش و در مجاورت ناخالصی یون Tl^+ ، مراکز دام اندازی برای الکترون‌ها ایجاد می‌شود و در آن ترازهای اصلی دام، مختص به بلور میزبان می‌باشد. همچنین وجود عنصر Tl بعنوان یک فعال ساز و مرکز لومینسانس در



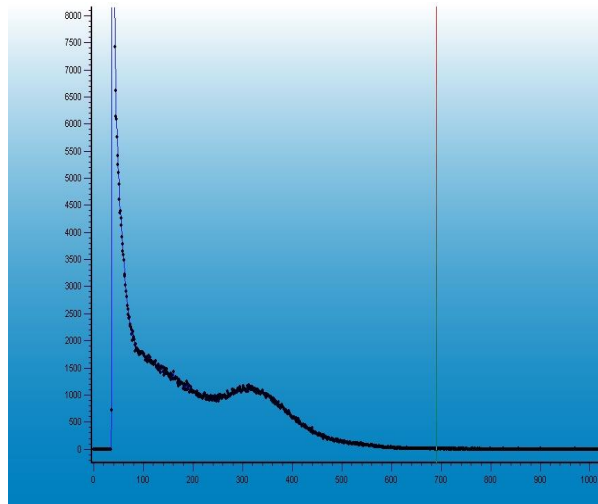
بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکم ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شبکه بلوری مطرح می شود، بطوریکه تغییر غلظت در افزایش حساسیت اندازه گیری قدرت تفکیک انرژی موثر می باشد.

یدور تالییم ماده ای است به رنگ زرد وقتی این ماده به صورت ناخالصی وارد مذاب گردید از نظر ظاهری با ورود ناخالصی در شبکه بلور باعث شد تارنگ بلور متمایل به رنگ زرد پررنگ گردد که از نظر ظاهری قابل قبول نیست و نشانگر اشباع شدن ترکیب از نظر ناخالصی می باشد. پایین بودن ارتفاع فتوپیک، به دلیل افزایش تالییم می باشد. بنابراین طیف قابل قبولی را نشان نداده است.

بنابراین میزان ناخالصی را تغییر داده و هدف این مرحله ابتدا رسیدن به میزان بهینه ناخالصی، سپس رشد بلوری با شفافیت قابل قبول و گرفتن طیفی مناسب می باشد. در شکل های زیر طیف بلورهای رشد داده شده با ناخالصیهای مختلف را نشان می دهد.

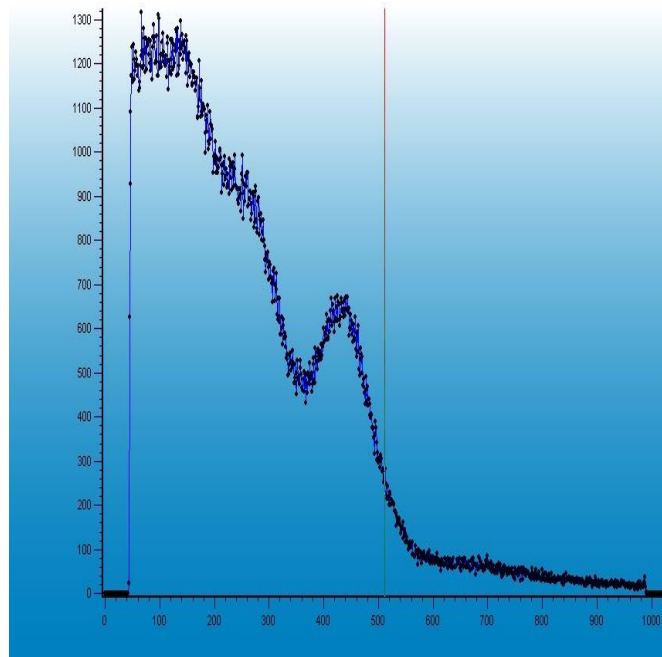


شکل (۳): منحنی پاسخ آشکار ساز NaI(Tl-0.05) برای انرژی 0.662 MeV

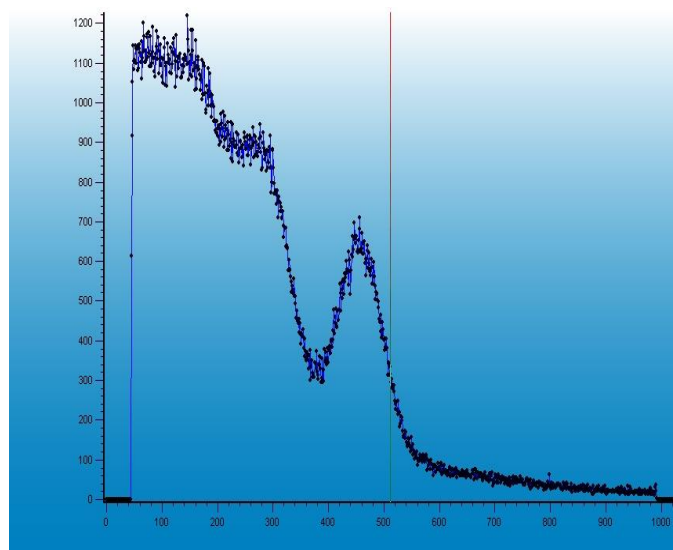


بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل (۴): منحنی پاسخ آشکارساز NaI(Tl-0.09) برای انرژی 0.662MeV

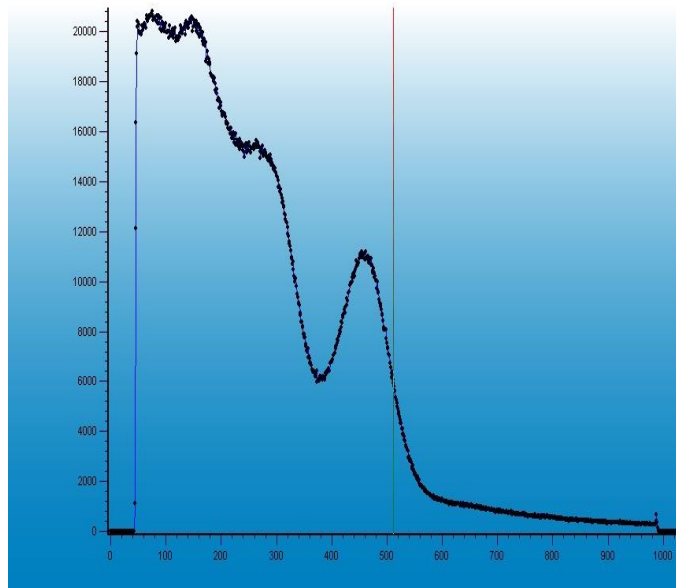


شکل (۵): منحنی پاسخ آشکارساز NaI(Tl-0.11) برای انرژی 0.662MeV



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل (۶): منحنی پاسخ آشکارساز NaI(Tl-0.10) برای انرژی 0.662 MeV

با توجه به طیفهای گرفته شده رفتار بلور بسیار نزدیک به یک بلور سوسوزن می باشد ولی باز هم بک اسکترینگ نسبت به فتوپیک بالاتر است.

از آنجا که در طیف نگاری، مقادیر FWHM و قدرت تفکیک برای یک آشکارساز حائز اهمیت است، مقادیر FWHM را برای بلورهای رشد داده شده در انرژی 0.662 MeV تعیین و مقدار قدرت تفکیک برای این انرژی تقریباً برابر با 12% می باشد که این مقدار نسبت به بلورهای قبلی کاهش پیدا کرده و همچنین همان طور که از شکل (۶) ملاحظه می کنید تمام مشخصه یک طیف ایده آل را به همراه دارد. از جمله می توان به لبه کامپتون و فتوپیک اشاره کرد که در طیف بلور قبلی (Tl-%0.20) این پدیده را مشاهده نکردیم. مقدار قدرت تفکیک بلور رشد داده شده (Tl-%0.10) با دیگر نتایج حاصل از محصولات آمریکایی، ژاپنی که برای این انرژی تقریباً 7% گزارش داده اند که این میزان را با بهینه کردن بلور جبران کرد [7-8].

نتیجه گیری:

نتایج حاصل از طیف نگاری گویای این مطلب می باشد که با تغییر درصد ناخالصی Tl به بلور میزبان NaI حساسیت مراکز لومینسانس و یا مقدار قدرت تفکیک انرژی بهتر شده است. به گونه ای که برای بهینه کردن سیستم آشکارساز، با تغییر میزان ناخالصی زیر ترازهای حرارتی ایجاد شده اند و به دنبال آن مقدار قدرت تفکیک انرژی 12% برای انرژی 0.662 MeV رسیده است.

مقدار قدرت تفکیک در انرژیهای مختلف (مطابق با گزارشات و مقالات) یکی از معیارهای اصلی برای یک بلور آشکارساز می باشد. این مقدار با دیگر محصولات آمریکایی و ژاپنی به میزان 5% خطا دارد [7] که نشان دهنده، پایین بودن حساسیت بلور می باشد. نحوه توزین ناخالصی و مقدار ناخالصی می توانند این نتایج را تغییر دهند. همچنین مقدار پودر اولیه بایستی عاری از هرگونه ناخالصی مضر باشد. که با توجه به تحریم های صورت گرفته متاسفانه



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

تمامی پودر موجود تقلبی و با درجه خلوص 98% بوده است که در آینده نزدیک با عملیات خالص سازی سعی بر این داریم که قدرت تفکیک انرژی بلور NaI(Tl) را به حد نمونه های استاندارد برسانیم.

مراجع

- [1] F. Rosenberg in "Fundamental of Crystal Growth" (1979).
- [2] R.A.Laudise , " The Growth of Single Crystals " , Prentice-hall , 1970.
- [3] B.N.Roy, " Crystal Growth from Melts " , John Willey and Sons , 1992.
- [4] Y. Kimura et al. Physica E 13 (2002) 11.
- [5] R.R. Mijangos et al. Defect Solids 158 (2003) 513.
- [6] S.K. Mohanlal et al. Cryst. Res. Technol. 38 (2003) 494.
- [7] G.F. Knoll., Radiation Detection and Measurement, Third Edition, Wiley Inc., New York, 2000.
- [8] N. Tsoulfanidis, Measurement Detection of Radiation, 1995.