



نشریه تابش و فناوری هسته‌ای، سال دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴

بررسی تاثیر شیب‌های دمایی بر تابع پاسخ آشکارسازهای سوسوزن

مرتضی مقدری امیری^{۱*}، امیدناصر قدسی^۲

^۱ کارشناسی ارشد، گروه فیزیک هسته‌ای، دانشگاه مازندران، بابلسر، مازندران، ایران

^۲ دانشیار، گروه فیزیک هسته‌ای، دانشگاه مازندران، بابلسر، مازندران، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵ - تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۲/۳۱)

چکیده

در این مقاله بر روی وابستگی تابع پاسخ آشکارسازهای سوسوزن $CsI(Tl)$ به شیب‌های دمایی کار شده است. در واقع اثرات سرد کردن آشکارسازهای سوسوزن $CsI(Tl)$ به قطر 40 mm و طول 120 mm و تکثیرکننده فوتونی به قطر 40 mm و طول 50 mm را در گستره دمایی 30°C تا $30^\circ\text{C}+$ را بر روی شکل پالس خروجی و قدرت تفکیک این آشکارسازها برای طیف سنجی پرتوهای متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل شده در این پژوهش نشان می‌دهد که این آشکارساز سوسوزن تحت ولتاژ 670 V ، که بهترین ولتاژ اندازه‌گیری شده برای این آشکارساز می‌باشد و در گستره دمایی بیان شده رفتار خطی کاهشی از خود نشان می‌دهد، همچنین از دمای 30°C تا $30^\circ\text{C}-$ ، قدرت تفکیک انرژی از $0,2169$ به $0,3237$ تغییر یافته است، بنابراین می‌توان بیان نمود که قدرت تفکیک این آشکارساز 50% تضعیف شده است.

واژه‌های کلیدی: آشکارساز سوسوزن $CsI(Tl)$ ، تکثیرکننده فوتون، قدرت تفکیک، شیب‌های دمایی

* مازندران، بابلسر، دانشگاه مازندران، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک هسته‌ای، کد پستی: ۴۷۴۱۵-۴۱۶

پست الکترونیکی: morteza_moghaddari@yahoo.com

۱. مقدمه

آشکارسازی گاما با بهترین قدرت تفکیک و بالاترین تابع پاسخ، همیشه حائز اهمیت بوده است. آشکارساز سوسوزن از موادی کریستالی تشکیل شده است که وقتی تابش یوننده از آن عبور می‌کند تولید نور می‌کند. کریستال سزیم یدید با فعال ساز تالیم CsI(Tl) به عنوان یک کریستال رایج در سنتیلاتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کریستال دارای بازده $64800 \text{ photons/MeV}$ برای تابش‌های گاما در دردمای اتاق می‌باشد [۲،۱].

هدف از انجام این آزمایش این است که احتمال دارد کریستال و تکثیرکننده فوتونها با برانگیختگی حرارتی که در اثر شیب‌های دمایی که به آن اعمال می‌نماییم تحت تاثیر قرار بگیرند و قدرت تفکیک و تابع پاسخ متفاوتی را نسبت به دمای اتاق از خود نشان بدهد. مطلب دیگری که باید بیان کرد این است که ممکن است شرایط آزمایش به نحوی باشد که محدود به دمای خاصی باشد، بنابراین ارائه یک لیست از حساسیت سنتیلاتور به دما می‌تواند ما را در این کار یاری کند [۳،۱].

۲. روند آزمایش

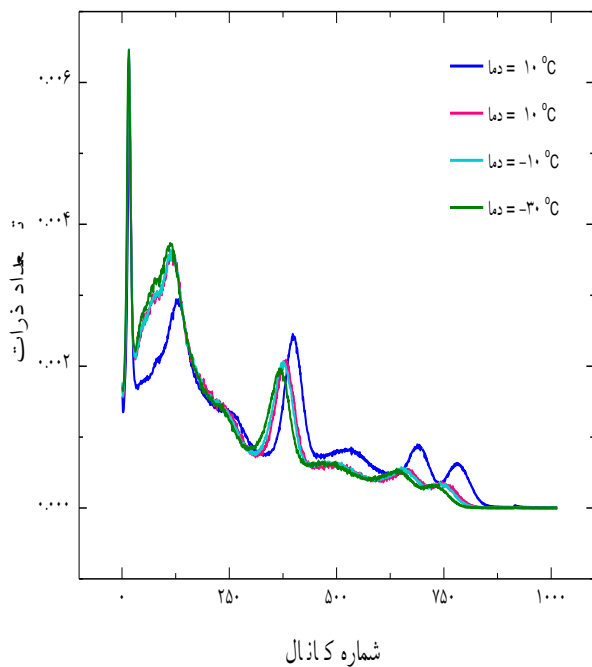
در این قسمت بر روی وابستگی تابع پاسخ آشکارسازهای سوسوزن (سنتیلاتورها) به شیب‌های دمایی کار شده است. در واقع اثرات سرد کردن سنتیلاتورها را بر روی شکل پالس خروجی و قدرت تفکیک این آشکارسازها برای طیف‌سنجی پرتوهای متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج ارائه شده در این کار نشان می‌دهد که بهترین دمای ممکن برای بهرمنند شدن از بهترین عملکرد آشکارسازهای سوسوزن چه دمایی می‌باشد

تا بتوانیم بیشترین مقدار آشکارسازی را با بهترین تابع پاسخ داشته باشیم.

در این قسمت سنتیلاتور CsI(Tl) به قطر 40 mm و طول 120 mm و تکثیرکننده فوتونی به قطر 40 mm و طول 50 mm را به وسیله نیتروژن مایع سرد نموده‌ایم و روند طیف‌گیری را در دماهای 30°C و 10°C و -10°C و -30°C مورد بررسی قرار داده‌ایم. به این علت فاصله‌های دمایی کوچک‌تری را مورد بررسی قرار نداده‌ایم که روند سردسازی سنتیلاتور و ثابت نگه داشتن دما با استفاده از نیتروژن مایع در طول فرآیند طیف‌سنجی در دماهای دلخواه بسیار سخت بوده است و در دماهایی که توانسته‌ایم دما را ثابت نگه داشته باشیم، طیف‌سنجی صورت گرفته است. به دلیل حساس بودن کریستال سنتیلاتور به دما، بسیار آهسته و با شیب دمایی بسیار کمی دما را رفته رفته پایین آوردیم، تا کل کریستال و آشکارساز تحت شوک دمایی قرار نگیرند.

مدت طیف‌سنجی در هر دما دقیقاً برابر با 3190 s بوده است. بهترین ولتاژ طیف‌سنجی مورد استفاده در این آزمایش طبق آنچه که بدست آورده‌ایم 670 V انتخاب شده است و این ولتاژ در کل فرآیند طیف‌گیری، برای تمامی دماها، ثابت نگه داشته شده است. شرایط قرارگیری آشکارساز به طور عمودی درون یک مزور آزمایشگاهی بوده است که چشمه‌های ^{137}Cs و ^{60}Co در انتهای این مزور قرار داده‌ایم.

این کار را به آن دلیل انجام داده‌ایم، تا از تماس نیتروژن مایع با آشکارساز و چشمه‌ها جلوگیری نماییم، به عبارتی این‌ها را در برابر نیتروژن مایع ایزوله نموده‌ایم و این کار به دو دلیل انجام گرفته است، اول آن که به دلیل دمای فوق العاده پایین نیتروژن مایع (-180°C) اگر تماسی با آشکارساز و چشمه‌ها



شکل ۱. طیف حاصل از طیف حاصل از چشمه های ^{137}Cs و ^{60}Co تحت ولتاژ اعمالی 670 V و در دماهای 30°C و 10°C و -10°C و -30°C .

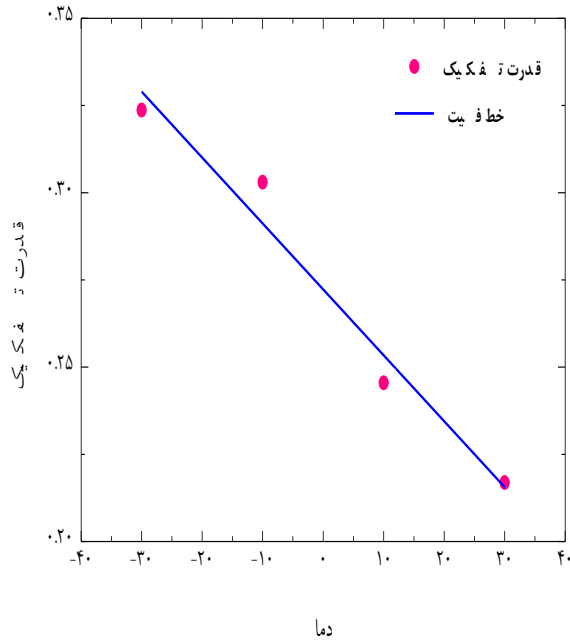
قبل از آن که به توجیه چگونگی این اتفاقات بپردازیم، بهتر است به نمودار رابطه شماره کانال با انرژی طیف‌ها در دماهای مختلف نیز نگاهی بیاندازیم. شکل ۲ به خوبی اثرات شیب‌های دمایی را روی نقاط انرژی طیف‌ها نشان می‌دهد.

نمودار فوق نشان می‌دهد که هرچه به دماهای پایین‌تر می‌رویم شیب خط فیت شده نمودار کانال-انرژی، بیشتر می‌شود و به همین نسبت قدرت تفکیک آشکارساز نیز پایین‌تر می‌آید.

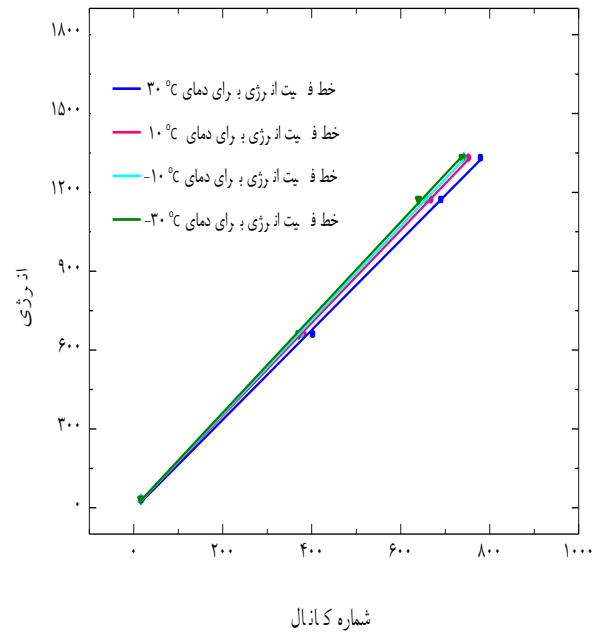
می‌داشت آسیب جدی به تجهیزات وارد می‌نمود، و دلیل دیگر آنکه چون داخل مزور هوا بوده است، روند کنترل شیب دمایی و ثابت نگه داشتن دما را برای این اندازه‌گیری فراهم نموده است. این مزور را داخل یک بشر قرار داده‌ایم و نیتروژن مایع را داخل بشر تزریق نموده و کل این سیستم را عایق بندی نموده‌ایم تا شرایط محیطی بر اندازه‌گیری‌ها تاثیرگذار نباشند. نکته دیگری که باید بیان شود این است که کل طیف‌های اندازه‌گیری شده را در هر دما نرمالایز نموده‌ایم تا بررسی دقیقی از روند تغییرات در دماها را داشته باشیم.

۳. نتایج تجربی

در این قسمت تمام این نتایج به دست آمده را در کنار هم بررسی نموده‌ایم تا اثرات شیب دمایی را بر روی اندازه‌گیری‌ها و طیف‌سنجی‌ها را باهم مقایسه نماییم. در ادامه خواهیم دید که چه نتایج از این مقایسه حاصل می‌شود. لذا بدون هیچ درنگی، به سراغ شکل ۱ می‌رویم تا طیف‌های اندازه‌گیری شده در دماهای 30°C و 10°C و -10°C و -30°C را مشاهده نماییم. آنچه که به خوبی از شکل ۱ پیداست این است هر چه به دماهای پایین‌تر می‌رویم و سنتیلاتور سردتر می‌شود، طیف‌های اندازه‌گیری شده به شماره کانال‌های کمتر منتقل می‌شوند و ارتفاع پیک‌ها نیز کاهش می‌یابند. با مقایسه نقطه به نقطه هر کدام از این طیف‌ها و محل قرارگیری پیک‌های انرژی می‌توانیم بگوییم که نور خروجی از سنتیلاتور در دماهای پایین با انرژی کمتری نسبت به همان حالت در دماهای بالاتر آشکارسازی می‌شود.



شکل ۳. نمودار رابطه قدرت تفکیک با دما که بیانگر یک رابطه خطی می باشد.



شکل ۲. نمودار رابطه شماره کانال با انرژی اتم های ^{137}Cs و ^{60}Co در دماهای 30°C و 10°C و -10°C و -30°C که بیانگر یک رابطه خطی می باشد.

در نمودار شکل ۳ بالا رابطه بین قدرت تفکیک انرژی و دما؛ $R(t) = -t \times 10^{-3} + 0.2720$ می باشد.

۴. بحث و نتیجه گیری

در این قسمت به بررسی چگونگی تاثیر شیب های دمایی بر روی تابع پاسخ آشکارساز پرداخته ایم. آنچه که واضح است این است که انرژی و برانگیختگی حرارتی در حجم شبکه کریستالی CsI(Tl) تاثیر به سزایی دارد. وقتی که سنتیلاتور در دمای بالاتری قرار دارد، انرژی شبکه بلوری آن افزایش می یابد و طیف تابندگی حاصل از شبکه کریستالی میزبان (CsI) و ناخالصی افزوده شده (Tl) افزایش می یابد، انرژی حاصل از اتم های میزبان به اتم ناخالصی داده شده و در نهایت فوتون هایی با انرژی بالاتر را تابش می کنند، بنابراین

روند تضعیف شدن قدرت تفکیک بر حسب دما را می توانیم در جدول ۱ مشاهده نماییم. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که کاهش دما با روند تضعیف شدن قدرت تفکیک انرژی دارای یک رابطه خطی می باشد که این فرآیند را می توانیم در نمودار زیر مشاهده نماییم.

جدول ۱. روند تضعیف قدرت تفکیک انرژی بر حسب دما.

دما	قدرت تفکیک انرژی
30°C	۰,۲۱۶۹
10°C	۰,۲۴۵۵
-10°C	۰,۳۰۳۰
-30°C	۰,۳۲۳۷

طیف‌هایی با انرژی پایین‌تر خواهیم داشت [۶-۴].

مراجع

- [1] J.D. Valentine, W.W. Moses, S. E. Derenzo, D. K. Wehe, G.F. Knoll, Temperature dependence of CsI(Tl) gamma-ray excited scintillation characteristics, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, 1993.
- [2] N. Tsoufanidis, Measurement and Detection of Radiation, *Taylor & Francis*, 1995.
- [3] M. Grodzicka, et al., Characterization of CsI (Tl) at a wide temperature range (-40°C to $+22^{\circ}\text{C}$), *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, 707, 11, 2013.
- [4] C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8th Edition, *Wiley*, 2005.
- [5] Y. M. Galperin, Introduction to Modern Solid State Physics, *Amartya Kishore*, 2014.
- [6] G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement. *John Wiley and Sons*, New York, 1979.

در ورودی تکثیرکننده فوتون، فوتوالکترون‌هایی با انرژی بالاتری خواهیم داشت، به همین دلیل پیک‌ها و طیف‌هایی با ارتفاع بیشتر و شماره کانال‌های بالاتر در سیگنال خروجی از تحلیلگر چند کاناله مشاهده می‌نماییم که همه این‌ها بیان‌کننده این مطلب است که هرچه دما بالاتر باشد (در گستره دمایی اندازه‌گیری شده در این آزمایش) طیف‌هایی با انرژی بیشتر خواهیم داشت و قدرت تفکیک آشکارساز نیز دارای کیفیت بهتری خواهد بود [۳].

دلیل دیگر است که برای نیمه‌رساناها بر خلاف رساناها، هر چه دما افزایش یابد، گاف انرژی بین تراز رسانش و تراز ظرفیت و همچنین تراز اکسیتونی کاهش می‌یابد، بنابراین تعداد بیشتری از حامل‌های بار در پدیده آشکارسازی شرکت خواهند نمود و آشکارسازی بهتری صورت می‌پذیرد، اما بر عکس، زمانی که نیمه‌رساناها سرد می‌شوند، گاف انرژی افزایش یافته و تعداد حامل‌های باری که شانس گذار بین ترازها را بدست می‌آورند، کمتر می‌شود و در نتیجه

Investigation of temperature gradient effect on the response function of scintillators

M. Moghaddari^{1*}, M. N. Ghodsi²

1. M. Sc. Department of physics, Mazandaran University, Babolsar, Mazandaran, Iran

2. Associate Professor, Department of Physics, University of Mazandaran, Babolsar, Mazandaran, Iran

** Corresponding author's E-mail: morteza_moghaddari@yahoo.com*

(Received: 14/1/2015- Accepted: 22/5/2015)

Abstract

In this paper, we worked on the effects of temperature gradient on response function of CsI (TI) scintillator. In fact, the cooling effects for temperature range from +30°C to -30°C on the output pulse shape and resolution of this detector is studied, which our scintillator's diameter and length are 40mm and 120mm, respectively, and also, the coupled photomultiplier with this scintillator has 40mm and 50mm diameter and length, respectively. The generated results under 670 V, which is the best voltage that we measured for this scintillator in the room temperature, and in this mentioned temperature range, our scintillator demonstrated the decreasing linear behavior. Thus, for temperature range from +30°C to -30°C, the energy resolution of this scintillator has changed from 0.2169 to 0.3238, so we can conclude that energy resolution has decreased 50 %.

Keywords: *CsI (TI) Scintillator, Photomultiplier, Energy Resolution, Temperature gradient*