



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

مقایسه عملکرد سوسوزن‌های پلاستیک PS-600 و BC-400

اسمعیل بیات^{*}، محسن روشن^۱، حسین حیدری^۲، فرشید ضیایی^۳، سید مهرداد جلیلیان^۳

^{*} سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشگاه کاربردی پرتوها

^۱ دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه پرتوپزشکی

^۲ دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده شیمی

^۳ پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

چکیده:

سوسوزن‌ها در زمینه آشکارسازی انواع تابش بسیار پرکاربرد می‌باشند. سوسوزن پلاستیک یکی از انواع آشکارسازهای سوسوزن است که به دلیل ویژگی‌های متمایزی از قبیل قیمت کم، بازده نوری بالا، قابلیت ماشین‌کاری و سرعت پاسخ سریع کاربرد فراوانی دارد. در این تحقیق به مقایسه عملکردی دو نوع آشکارساز سوسوزن پلاستیک PS-600 ساخت ایران و BC-400 ساخت آمریکا پرداخته می‌شود. آشکارسازها از لحاظ بازده نوری، بازدهی و قدرت تفکیک در سه ابعاد مختلف با یکدیگر مقایسه شدند. همچنین میزان تخریب بر اثر نور آفتاب در آنها مقایسه گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، سوسوزن پلاستیک PS-600 جایگزین مناسبی برای BC-400 می‌باشد.

کلید واژه: آشکارساز سوسوزن، پلاستیک، بازدهی، چشمه گاما.

مقدمه

آشکارساز سوسوزن به ماده‌ای گفته می‌شود که تحت تابش پرتوهای یونیزان از خود خواص تابندگی^۱ نشان می‌دهد [۱]. آشکارسازی تابش‌های یونیزان با استفاده از نور سوسوزنی ایجاد شده در مواد سوسوزن از قدیمی‌ترین روش‌ها است. این روش هنوز هم یکی از پرکاربردترین روش‌ها در آشکارسازی و طیف‌سنجی انواع تابش‌ها از قبیل آلفا، بتا، گاما و نوترون می‌باشد. یکی از پرکاربردترین آشکارسازهای سوسوزن، آشکارساز سوسوزن پلاستیک است [۲]. در این آشکارساز، مواد ساطع‌کننده فلورسانس، در بستری از ماتریس پلیمری جامد قرار داده شده‌اند [۳]. از جمله مزایای این گونه آشکارسازها بازده نور خروجی بالا، سرعت پاسخ در حد نانوثانیه، قابلیت تولید در اشکال مختلف و حجم‌های بزرگ و خصوصیات مقاومتی بالا در برابر شرایط محیطی مختلف را می‌توان نام برد [۴]. در این مقاله به بررسی عملکرد آشکارساز سوسوزن پلاستیک PS-600 ساخت ایران^۲ و مقایسه آن با

^۱luminescence

^۲www.RSDco.ir



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

آشکارساز پلاستیک BC-400 ساخت شرکت BICRON پرداخته می شود. شرکت BICRON واقع در امریکا، سابقه طولانی در ساخت انواع آشکارسازهای سوسوزن دارد.

روش کار

آشکارسازهای پلاستیک PS-600 و BC-400 در سه اندازه مختلف $1 \times 1 \times 0.1$ ، $2 \times 2 \times 0.2$ و $3 \times 3 \times 0.3$ آماده گردید. کلیه سطوح این سوسوزن ها بخوبی پولیش داده شد. جهت تست مقایسه ای، این سوسوزن ها با استفاده از گریس سیلیکون و فویل آلومینیم روی یک لامپ PMT^۳ مدل XP2020 به قطر دو اینچ ساخت شرکت Photonis به ترتیب مونتاژ گردیدند. این لامپ دارای زمان عبور ns ۳۰، گستردگی زمان عبور ns ۲/۴ و دوازده داینود می باشد. مقسم ولتاژ مدل 2025Za بدلیل دارا بودن خروجی آند و داینود و همچنین شکل خروجی آند مناسب استفاده گردید. جهت بررسی پارامترهای آشکارسازها از دو چشمه گامای Cs-137 و Na-22 با اکتیویته تقریبی $1 \mu\text{Ci}$ قرار گرفته در یک فاصله مشخص از آشکارساز استفاده شد. شکل آشکارساز سوسوزن ۲ اینچ مونتاژ شده را نشان می دهد. جهت مقایسه سوسوزن ها، طیف گاما توسط مدار الکترونیک مطابق شکل ۲ ثبت گردید. تنظیمات مدار در اندازه گیری با سوسوزن های با ابعاد یکسان ثابت بود. به علت عدم تطبیق قطرهای سوسوزن ۱ و ۳ اینچ با قطر لامپ از فیکسچر استفاده شد. با توجه به اینکه پرتو گاما فقط توسط پدیده کامپتون در سوسوزن های پلاستیک اندرکنش می کند، به منظور مقایسه طیف ها، سه پارامتر در نظر گرفته شد: کانال لبه کامپتون؛ این مشخصه معیاری از ارتفاع پالس یا بازده نوری آشکارساز پلاستیک بوده و مکان آن، کانال متناظر با ۸۹٪ شمارش ماکزیمم کامپتون در شیب نزولی پیوستار می باشد [۵]، رزولوشن انرژی؛ این مشخصه بر اساس برازش تابع گوسی روی قله لبه کامپتون و از تقسیم FWHM بر کانال مرکزی قله گوسی بدست می آید، شمارش کل زیر طیف؛ شمارش کل معیاری از بازده آشکارسازی سوسوزن می باشد. این سه پارامتر محاسبه شده و نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

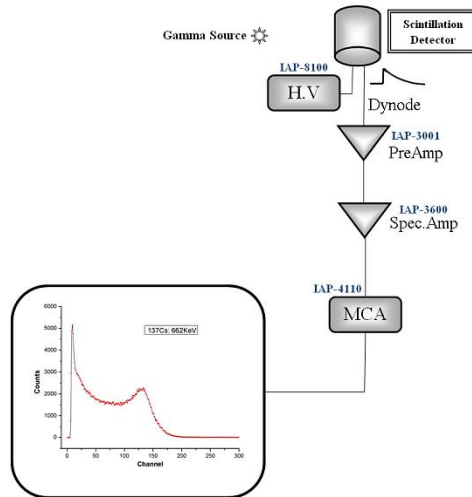
شکل ۱- آشکارساز مونتاژ شده با ابعاد $2 \times 2 \times 0.2$

³ Photo Multiplier



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۲- مدار الکترونیک طیف نگاری

با توجه به تفاوت فرمولاسیون این دو نوع سوسوزن، به منظور مقایسه میزان حساسیت در مقابل شرایط بدمحیطی و مشاهده میزان تخریب، از هر نوع سوسوزن، یک نمونه با اندازه $1 \times 1 \text{ cm}$ به مدت ۳۰ شبانه روز در فضای باز و در معرض تابش آفتاب قرار داده شد و سپس طیف آن ها ثبت گردید.

نتایج

طیف گامای چشمه ^{137}Cs نمونه های PS-600 در مقایسه با نمونه های BC-400 با ابعاد یکسان در شکل ۳ دیده می شود. کانال لبه کامپتون، رزولوشن و شمارش کل برای هر سوسوزن در جدول ۳ آورده شده است. خطی بودن پاسخ آشکارسازها با استفاده از طیف گامای چشمه ^{22}Na و چشمه ^{137}Cs برای سوسوزن های $2 \times 2 \text{ cm}$ بررسی گردید. این چشمه ها دارای انرژی های ۵۱۱ keV، $661/6 \text{ keV}$ و $1274/53 \text{ keV}$ می باشند که قله های کامپتون آن ها به ترتیب در انرژی های $340/76 \text{ keV}$ ، $477/3 \text{ keV}$ و $1061/7 \text{ keV}$ قرار می گیرد [۲]. در شکل ۴، نمودار کانال-انرژی آشکارساز PS-600 نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات حاصل از طیف آشکارسازهای پلاستیک PS-600 و BC-400 در ابعاد مختلف.

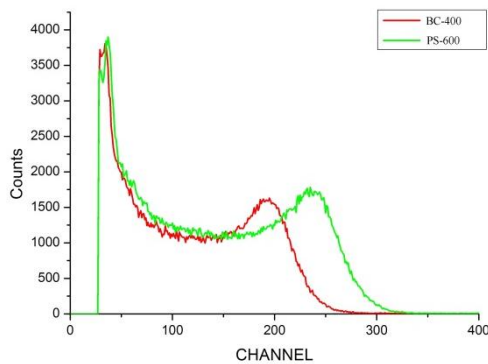
اختلاف نسبی (%)	PS-600	BC-400	مشخصه	ابعاد
0.6	640	636	کانال لبه کامپتون	1 inch
7.9	31.6	34.3	رزولوشن	
9.1	141281	129535	شمارش کل	



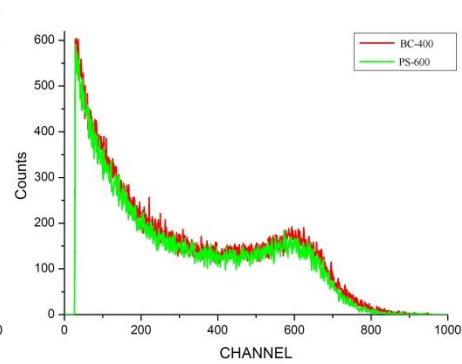
بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

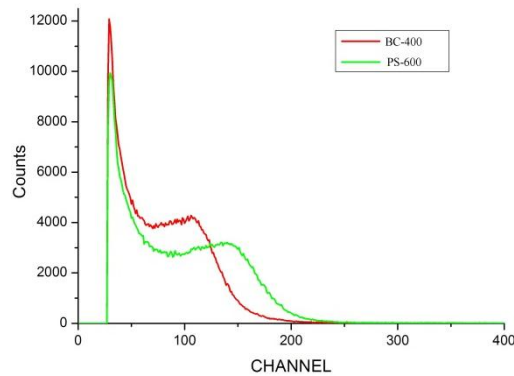
22.2	248	203	کانال لبه کامپتون	2 inch
18.9	25.7	31.7	رزولوشن	
26.9	375703	295950	شمارش کل	
29.9	152	117	کانال لبه کامپتون	3 inch
3.5	46.9	48.6	رزولوشن	
1.4	541950	534477	شمارش کل	



(ب)



(الف)



(ج)

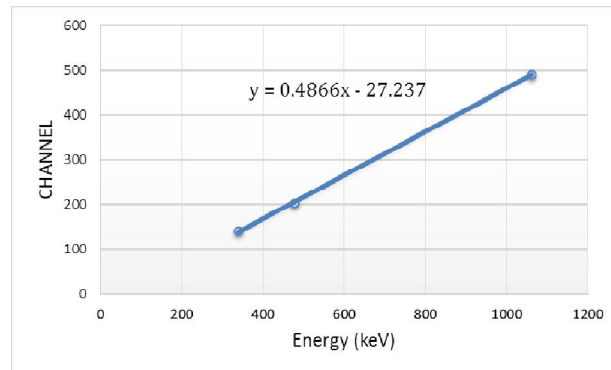
شکل ۳- طیف گامای چشمه Cs-137 آشکارسازهای پلاستیک PS-600 و BC-400 در ابعاد الف)

" $1 \times 1 \times 0.1$ " (ب) " $2 \times 2 \times 0.2$ " و ج) " $3 \times 3 \times 0.3$ ".



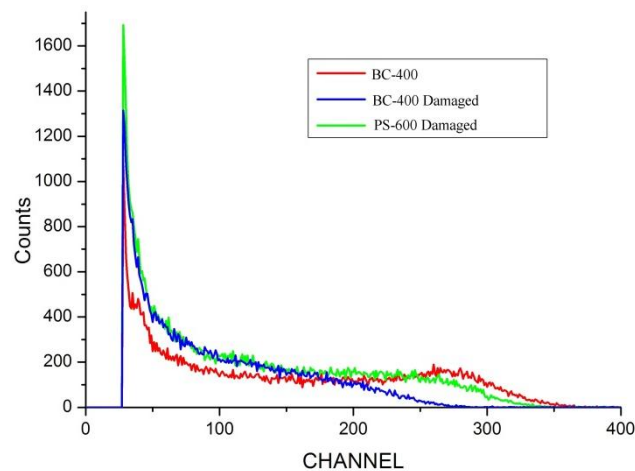
بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۴- نمودار کانال-انرژی آشکارساز PS-600.

اثر تابش یک ماهه آفتاب بر هر دو سوسوزن در طیف گامای چشمه Cs-137 مطابق شکل ۵ دیده می شود. رنگ هر دو سوسوزن تخریب شده PS-600 و BC-400 از حالت شفاف به رنگ زرد تغییر کرده است. در جدول ۲ مقایسه کمی پارامترهای این دو سوسوزن آورده شده است.



شکل ۵- طیف گامای چشمه Cs-137 سوسوزن های پلاستیک تخریب شده PS-600 و BC-400

جدول ۲- نتایج آنالیز کمی طیف سوسوزن های پلاستیک PS-600 و BC-400 تخریب شده در مقایسه با BC-400 تخریب نشده.

اختلاف نسبی با تخریب نشده (%)	PS-600 damaged	اختلاف نسبی با تخریب نشده (%)	BC-400 damaged	BC-400	مشخصه
9.8	257	27.4	207	285	کانال لبه کامپتون
27.3	41.0	47.2	47.4	32.2	رزولوشن
27.2	63662	1.0	50565	50042	شمارش کل



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۱، مشاهده می گردد که بازده نوری (بر اساس کانال لبه کامپتون) و بازده آشکارسازی (بر اساس شمارش کل زیر طیف) آشکارساز PS-600 از نمونه خارجی BC-400 بالاتر می باشد که این نتیجه در هر سه نمونه با ابعاد مختلف تایید شده است. همچنین رزولوشن انرژی PS-600 نسبت به BC-400 بهتر است. با توجه به نمودار شکل ۴، می توان نتیجه گرفت که پاسخ آشکارساز PS-600 در بازه انرژی مورد اندازه گیری خطی می باشد. میزان تخریب دو آشکارساز PS-600 و BC-400 تحت شرایط بد محیطی متفاوت بوده است. با توجه به جدول ۲، می توان نتیجه گرفت که میزان تخریب BC-400 حدود ۲۰٪ بیش از PS-600 بوده است. بهتر بودن نتایج سوسوزن PS-600 می تواند به دلیل تازگی ساخت باشد. نمونه BC-400 حدود سه سال از ساخت آن می گذرد. در مجموع می توان نتیجه گرفت که سوسوزن PS-600 جایگزین مناسبی برای BC-400 می باشد.

مراجع

1. W.R. Leo, "Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments", 2nd edition, Springer, 1994.
2. Glenn F. Knoll, "Radiation Detection & Measurement", Third Edition, New York (2000).
3. H. Nakamura, Y. Shirakawa, S. Takahashi, H. Shimizu, "Evidence of deep-blue photon emission at high efficiency by common plastic", Europhysics Letters, 21.
4. S.W. Moser, W.F. Harder, C.R. Hurlbut, M.R. Kusner, "Principles and Practice of Plastic Scintillator Design", Radiat. Phys. Chem., 31-36, 1993.
5. H. Knox, et al, "A Technique For Determining Bias Settings For Organic Scintillators", Nuclear Instruments And Methods, 1 519-525 (1972).