



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

تعیین وابستگی بازده آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص به قطر چشمه‌های فیلتر کاغذی

سید محمد، متولی: یوسف، رضایی: محمدرضا، زارع: محمدعلی، محمدی

^۱ دانشگاه مازندران، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک هسته‌ای

^۲ دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده:

آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص (HPGe) یکی از اساسی‌ترین وسایل در آزمایش‌های فیزیک هسته‌ای است. عملکرد این سیستم‌ها اغلب نیازمند آگاهی دقیق از بازدهی آشکارسازی است. در کار تحقیقاتی، وابستگی بازده آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص تخت به عنوان یک تابع از قطر چشمه‌های فیلتر کاغذی در محدوده انرژی 611keV - 13 مورد مطالعه قرار گرفت. افزایش انرژی فوتون تغییرات قابل توجهی در بازده آشکارساز، در محدوده‌ی انرژی کمتر از 60keV و بالای 60keV خواهد داشت. همچنین ملاحظه می‌شود که بازده آشکارساز با افزایش قطر چشمه کاهش می‌یابد و تقریباً وابستگی خطی به قطر چشمه دارد.

کلید واژه: بازده، آشکارساز ژرمانیوم فوق خالص، چشمه فیلتر کاغذی

مقدمه

هر ذره ممکن است بسته به نوع و انرژی ذره، نوع و اندازه‌ی آشکارساز، بدون هیچ برهمکنشی از آشکارساز بگذرد، و یا ممکن است علامتی که تولید می‌کند آنقدر کوچک باشد که نتوان با دستگاه‌های الکترونیکی در دسترس، آن را ثبت نمود و یا ممکن است پنجره آشکارساز، آن را از ورود به آشکارساز باز دارد. کمیتی که نسبت ذرات شمرده شده را می‌دهد بازدهی آشکارساز (\square) نام دارد [۱]. بازدهی آشکارساز را می‌توان با اندازه‌گیری یا با محاسبه تعیین کرد. روشهای زیادی برای اندازه‌گیری بازدهی آشکارساز به کار برده شده‌اند [۲-۳]. اما ساده‌ترین و شاید دقیق‌ترین آنها روش استفاده از یک چشمه‌ی درجه‌بندی شده، چشمه‌ای با قدرت معلوم، است. اخیراً بررسی بازده آشکارساز HPGe با استفاده از مفهوم آشکارساز نقطه‌ای مجازی برای چشمه‌های نقطه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت [۴]. در برخی کارهای قبلی، از سیستم مختصات کروی بدست آمده از تحلیل مستقیم انتگرال‌های بیضوی، در محاسبه بازده آشکارساز، برای هر پیکربندی چشمه-آشکارساز استفاده شده است [۵-۶]. با توجه به اینکه اکثر فعالیت‌های گذشته در محدوده انرژی بالای 60keV صورت گرفته است، در پژوهش حاضر با ساخت چشمه‌های فیلتر کاغذی در



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

قطرهای مختلف که محدوده انرژی ۱۳-۶۶۱ keV را پوشش می‌دهند، علاوه بر بررسی فعالیت‌های قبلی، وابستگی بازده آشکارساز HPGe تخت را به قطر چشمه‌های فیلتر کاغذی، بصورت تجربی مورد بررسی قرار می‌دهیم.

روش کار

بعد از پردازش طیف‌ها توسط نرم افزار OMNIGAM سطح خالص زیر قله‌های مورد نظر محاسبه می‌شود. بازدهی مطلق فوتوپیک‌ها برای هر قله با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$${}_{(1)}\varepsilon(\%) = \frac{Net\ Area}{(Act_{(Bq)}) * (B.R._{(\%)}) * (t_{(sec.)})} * 100$$

که در این رابطه، \square بازدهی مطلق آشکارساز است که بر حسب درصد می‌باشد. Act اکتیویته بر حسب بکرل، t زمان طیف‌نگاری بر حسب ثانیه، $B.R.$ نسبت انشعابی انرژی مورد نظر بر حسب درصد و $Net\ Area$ سطح خالص زیر قله‌ها می‌باشد. برای انجام آزمایش از آشکارساز HPGe تخت استفاده شده است که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات آشکارساز

آشکارساز HPGe	قطر (cm)	ضخامت (cm)	سطح فعال (cm ²)	پنجره ورودی
تخت	۴/۴	۱/۵	۱۵	بریلیوم

آشکارساز به یک تحلیلگر چند کاناله (MCA) متصل می‌باشد و طیف‌ها با استفاده از نرم افزار DAS جمع آوری شده است. رادیونوکلئیدهای مورد استفاده جهت طیف‌گیری، شامل ${}^{137}\text{Cs}$ ، ${}^{109}\text{Cd}$ ، ${}^{\text{Co}}$ ، ${}^{133}\text{Ba}$ ، ${}^{241}\text{Am}$ می‌باشند. چشمه‌ها محدوده انرژی ۱۳-۶۶۱ keV را پوشش می‌دهند. این رادیونوکلئیدها با اکتیویته‌ای حدود ۱kBq بطور همگن، روی سطح چشمه‌های فیلتر کاغذی، با قطرهای ۱cm و ۲cm و ۳cm و ۴cm نشانده شده‌اند. در این پژوهش برای هر رادیونوکلئید ۴ قطر در نظر گرفته شده است. بطور کل برای انجام این پژوهش ۲۰ چشمه رادیواکتیو ساخته شد. سطح زیر قله تمام-انرژی به کمک نرم‌افزار OMNIGAM اندازه‌گیری و برای دستیابی به خطای کمتر، زمان شمارش را بقدر کافی طولانی در نظر گرفته‌ایم.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

بحث و نتیجه‌گیری

بعد از اتمام طیف‌گیری از تمام قطرها در فاصله ۲ سانتی‌متری از سطح آشکارساز، طیف‌ها با استفاده از نرم افزار OMNIGAM تحلیل شدند. در جدول ۲ مقادیر تجربی بازده برای انرژی‌های مختلف نشان داده شده است. جدول ۲- مقادیر تجربی بازده برای همه قطرها، در انرژی‌های مختلف، در فاصله ۲cm از سطح آشکارساز.

انرژی (keV)	بازده (%)			
	قطر ۱cm	قطر ۲cm	قطر ۳cm	قطر ۴cm
۱۳/۹	۲/۳	۱/۷۹	۱/۷۶	۱/۶۸
۱۴/۴۱	۵/۲۳	۴/۵۵	۴	۳/۹۲
۱۷/۷۴	۸/۱	۷	۶/۴۷	۵/۸۵
۲۰/۰۸	۹/۱۲	۷/۵۱	۷/۳۷	۶/۴۴
۲۶/۳۴	۱۰/۵۴	۸/۵۲	۷/۴۹	۷/۳۸
۵۹/۵۴	۱۱/۲۲	۱۰/۱۹	۹/۴۳	۷/۹۵
۸۸/۰۳	۷/۶۷	۷/۴۶	۷/۲۸	۶/۵۸
۱۲۲/۰۶	۵/۱۱	۴/۵۸	۴/۱۴	۴/۰۱
۱۳۶/۴۷	۴/۸۶	۴/۴۱	۳/۹۱	۳/۶۷
۲۷۶/۳۹	۱/۶۲	۱/۵۹	۱/۵۷	۱/۴۸
۳۰۲/۸۵	۱/۴۲	۱/۳۲	۱/۳۱	۱/۲۹
۳۵۶/۰۱	۱/۱۵	۱/۰۵	۱/۰۲	۱
۳۸۳/۸۴	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۶۵	۰/۶۱
۶۶۱/۶۶	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۲۳

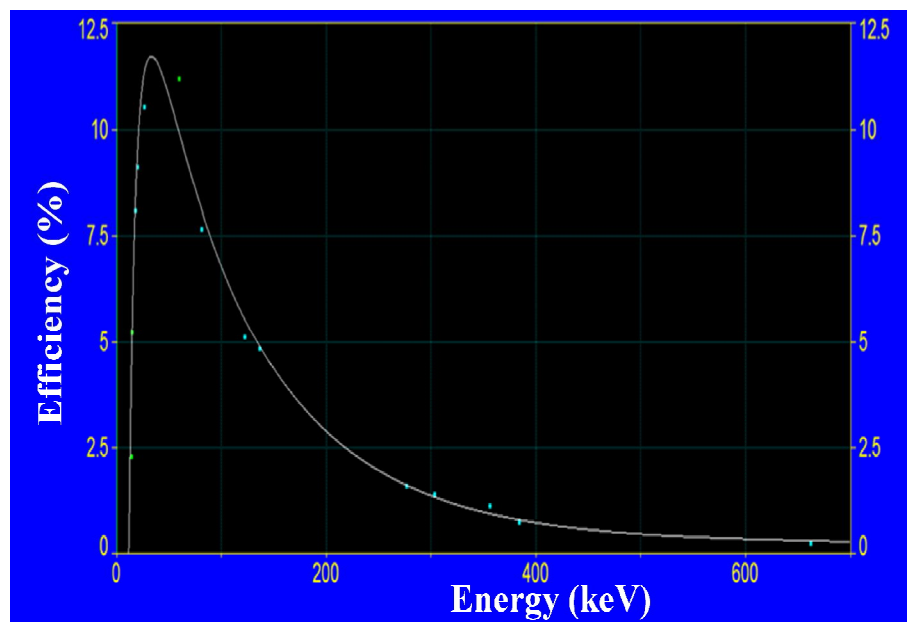
با استفاده از اطلاعات بدست آمده از جدول ۲، نمودار بازدهی را بر حسب انرژی، برای تمام قطرها ترسیم کردیم. به عنوان نمونه، در شکل ۱، نمودار بازدهی بر حسب انرژی را برای چشمه‌های با قطر ۱cm مشاهده می‌کنید.



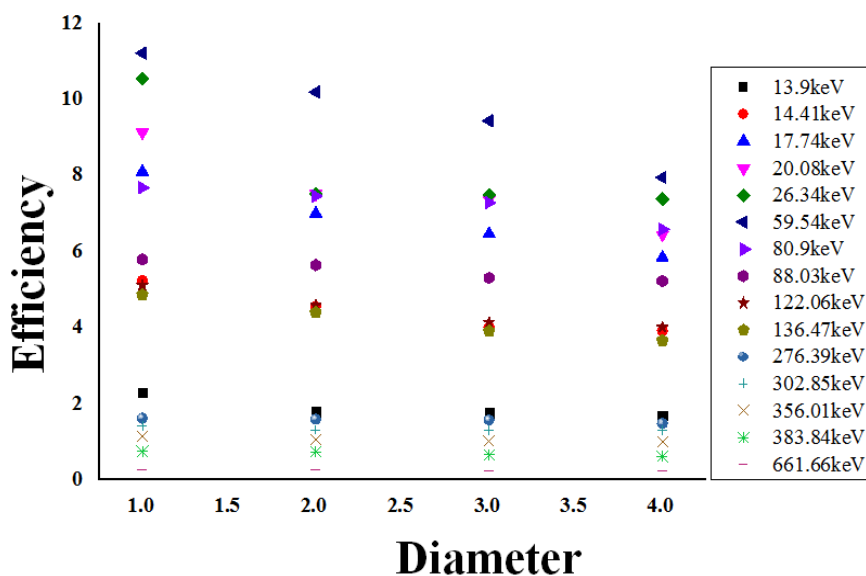
بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکمین کنفرانس هسته ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود، مقدار بازده برای محدوده انرژی ۱۳-۵۹keV با افزایش انرژی، افزایش می یابد. این رفتار در محدوده انرژی ۵۹-۶۶۱keV برعکس می باشد. در شکل ۲ نمودار بازده برحسب قطر برای همه انرژی ها رسم شده است. همانطور که در شکل دیده می شود، با افزایش قطر، بازده کاهش می یابد.



شکل ۱- نمودار بازدهی بر حسب انرژی برای چشمه با قطر ۱cm در فاصله ۲cm از سطح آشکارساز.



شکل ۲- نمودار بازده برحسب قطر چشمه فیلتر کاغذی در فاصله ۲cm از سطح آشکارساز.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

رفتار متفاوت بازده در انرژی‌های کمتر از 60keV و انرژی‌های بالاتر از 60keV ، برای همه قطرها مشاهده شد. مقدار بازده برای انرژی‌های کمتر از 60keV افزایشی و انرژی‌های بالاتر از 60keV کاهش‌ی است. مشاهده شد که مقدار بازده با افزایش قطر چشمه کاهش می‌یابد و تقریباً وابستگی خطی به قطر چشمه دارد.

مراجع

- [1] N. Tsoulfanidis, "Measurement and detection of radiation", Hemisphere Publishing Corporation, New York, (1983).
- [2] Waibel, E., Nucl. Instr. Meth. 74, 236 (1969).
- [3] Waibel, E., Nucl. Instr. Meth. 131, 133 (1975).
- [4] M. A. Mohammadi, M. R. Abdi, M. Kamali, M. Mostajaboddavati, M. R. Zare, "Evaluation of HPGe detector efficiency for point sources using virtual point detector model", Appl. Radiat. Isotopes 69, 521 (2011).
- [5] Y. S. Selim, M. I. Abbas, M. A. Fawzy, "Analytical calculation of the efficiencies of gamma scintillators I: total efficiency for coaxialdisk sources", Radiat. Phys. Chem. 53, 589 (1998).
- [6] Y. S. Selim, M. I. Abbas, "Analytical calculations of gamma scintillators efficiencies II: total efficiency for wide coaxialdisk sources", Radiat. Phys. Chem. 58, 15 (2000).