

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

طراحی و ساخت آشکارساز سوسوزن پلاستیکی برای ضخامت سنج بتا

مجتبی عسکری له‌داربنی^۱، سیده زهرا اسلامی راد^۲، علی طاهری^۱، رضا قلی پور پیوندی^۱

۱- سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

۲- دانشگاه قم، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

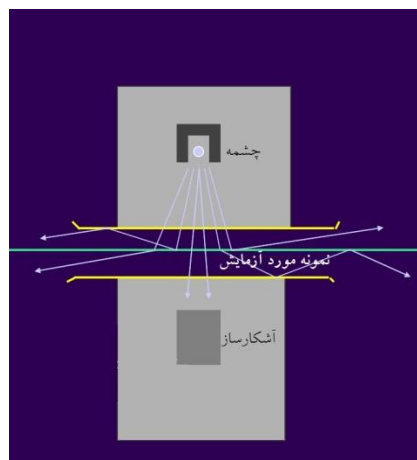
چکیده

امروزه ضخامت‌سنج‌های پرتو بتا استفاده فراوانی در صنایع کاغذ و پلیمر دارند. از فواید سیستم‌های ضخامت‌سنجی هسته‌ای این است که بدون هیچ تماسی با اشیاء کار می‌کنند، غیر مخرب هستند و می‌توانند اندازه‌گیریهای آنلاین، با سرعت بالا انجام دهد. در این مقاله هدف طراحی و ساخت آشکارساز برای پرتو بتا با استفاده از سوسوزن پلاستیک می‌باشد. نتایج به دست آمده توسط چشمه ^{147}Pm با نیمه عمر ۲,۶۳ سال و برای ورق‌های پلی پروپیلنی با ضخامت ۲۰ تا ۴۰ میکرون با دقت بهتر از ۱,۵ درصد می‌باشد و میزان حساسیت آشکارساز ساخت شده برای چشمه بتا ^{147}Pm به چشمه‌های گاما ^{137}Cs و ^{60}Co به ترتیب ۵,۶ و ۷,۷ برابر می‌باشد.

کلید واژه: ضخامت‌سنج، بتا، چشمه ^{147}Pm ، سوسوزن پلاستیک

مقدمه

ضخامت‌سنج‌های پرتو بتا استفاده فراوانی در صنایع کاغذ و پلیمر دارند. از دلایل استفاده از این سیستم‌ها این است که اگر ضخامت ورق‌های تولیدی در کارخانجات از یک حدی بیشتر باشد امکان چاپ بر روی آنها ممکن نمی‌باشد [۱]. برد ذرات بتا به دلیل ماهیت فیزیکی درون ماده بسیار کم است به همین دلیل برای ضخامت‌سنجی در ضخامت‌های میکرونی بسیار مناسب می‌باشند. اصول عملکرد ضخامت‌سنج‌های هسته‌ای بر اساس مکانیزم گسیل پرتو و جذب آن در داخل ماده می‌باشد [۲-۵].



شکل ۱: نحوه قرار گیری چشمه و آشکارساز

۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

آشکارسازهای متداول برای پرتو بتا آشکارسازهای گازی با پنجره مناسب می‌باشند. از معایب این آشکارساز این است که چون به صورت گازی هستند دارای بازدهی پایین‌تری نسبت به آشکارسازهای جامد هستند. لذا در این مقاله هدف ساخت آشکارساز از ورقه نازک سوسوزن می‌باشد برای استفاده در ضخامت‌سنج پرتو بتا می‌باشد.

اساس کار آشکارسازهای سوسوزن تولید نور در کریستال می‌باشد.

در PMT نور تولید شده توسط آشکارساز سوسوزن به فوتوکاتد برخورد کرده و الکترون تولید می‌شود و این الکترون‌ها با اعمال ولتاژ بین داینودها تکثیر می‌شوند تا در نهایت در آند جمع می‌شوند.

ضخامت‌سنج‌های تابش هسته‌ای به دو دسته ضخامت‌های پرتو گاما و بتا تقسیم می‌شوند. برای ورق‌های ضخامت کم از پرتو بتا و برای ورق‌های با ضخامت زیاد از پرتو گاما استفاده می‌شود.

ذرات بتا دارای طیف پیوسته‌ای از انرژی هستند که از صفر تا انرژی جنبشی بیشینه E_{max} گسترش دارد. تعداد ذرات بتا، که از ضخامت t عبور می‌کنند با تقریب خوبی عبارت است از [۶]:

$$N(t) = N(0)e^{-\mu t} \quad (1)$$

که μ ضریب ثابت جذب جرمی است. مقدار μ به طور تجربی به صورت تابعی از انرژی بیشینه بتا تعیین شده و عبارت است از:

$$\mu(m^2/kg) = 1.7(E_{max}) - 1.4 \quad (2)$$

که E_{max} بر حسب MeV است.

روش کار

در این مقاله ابتدا به بررسی چشمه‌های مناسب برای ضخامت‌سنجی پرتو بتا می‌پردازیم. برای ساخت ضخامت‌سنج بتا ابتدا باید چشمه مناسب را انتخاب نمود. چشمه‌های بتا مورد استفاده در ضخامت‌سنجی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: رادیوایزوتوپ‌های مناسب برای ضخامت‌سنجی بتا

$E_{max}(keV)$	$E_{average}(keV)$	رادیوایزوتوپ
224	61	^{147}Pm
763	244	^{204}Tl
687	251	^{85}Kr

چشمه مورد استفاده در تست ضخامت‌سنجی ^{147}Pm با اکتیویته ۵ mCi می‌باشد زیرا با توجه به انرژی پایین‌تر آن باعث حساسیت بیشتری در ضخامت‌سنجی می‌شود [۷].

بعد از انتخاب چشمه باید نوع آشکارساز سوسوزن انتخاب شود. سوسوزن پلاستیک BC-400 به عنوان آشکارساز برای پرتو بتا انتخاب شد. برای ابعاد آشکارساز باید دو مورد را در نظر گرفت:

اولاً ضخامت آشکارساز به حدی زیاد باشد که پرتوهای بتا از آن عبور نکنند. ثانیاً ضخامت آشکارساز به حدی زیاد نباشد

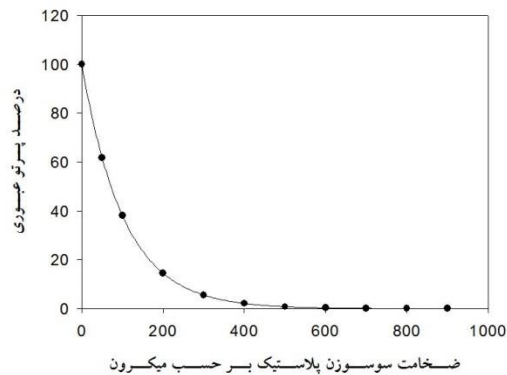
که باعث تضعیف نور تولیدی توسط پرتوهای بتا در داخل آشکارساز شود. همچنین بالا بودن ضخامت آشکارساز باعث

گیراندازی پرتوهای گاما می‌شود که در بعضی موارد مفید نیست.

علاوه بر موارد گفته شده با افزایش ضخامت پرتوها امکان گیراندازی پرتو گاما در داخل آشکارساز بیشتر می‌شود. با توجه

به رابطه ۱ و ۲ مقدار پرتو بتا عبوری از ضخامت آشکارساز محاسبه شده و در شکل ۲ نشان داده شده است:

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل ۲: درصد پرتوهای بتا عبوری از ضخامت‌های مختلف سوسوزن پلاستیک

با توجه به شکل ۲ حداقل ضخامتی که پرتو بتا در آن به صورت کامل جذب شوند ۸۰۰ میکرون می‌باشد. در شکل ۲ سوسوزن پلاستیک استفاده شده در آشکارساز نشان داده شده است که قطر آن ۵ سانتی متر و ضخامت ۸۰۰ میکرون می‌باشد.



شکل ۳: ابعاد سوسوزن پلاستیک استفاده شده

با توجه به ماهیت ذرات بتا برد آن در مواد خیلی کم است، به همین دلیل پنجره ورودی پرتو به داخل آشکارساز باید تا حد ممکن نازک باشد تا باعث تضعیف ذرات بتا نشود. علاوه بر این چون از PMT در سیستم آشکارسازی استفاده شده است، باید مانع عبور نور شود. پنجره آلومینیومی استفاده شده در آشکارساز در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: نمایی از پنجره آلومینیومی آشکارساز

بسط آنها قرار گرفته
ت، دو مقایسه گر LL

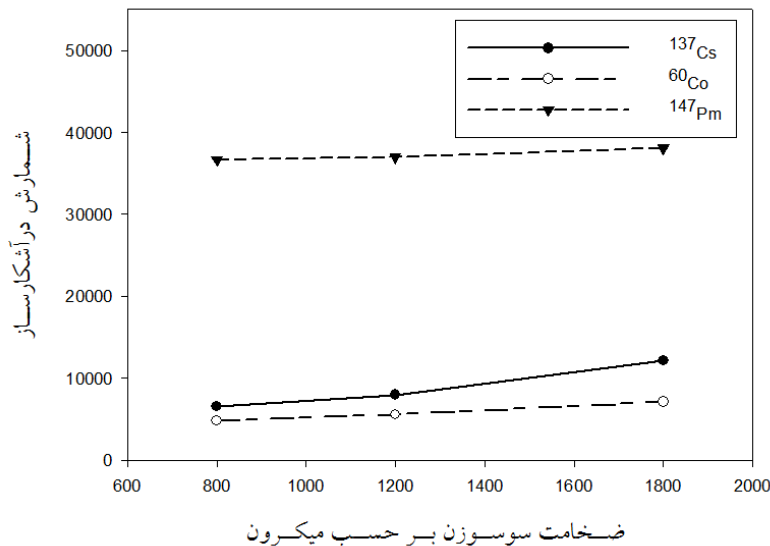
و UL، یک مولد پالس مربعی، یک شمارنده و یک ارسال کننده آر ایه داده ها در قالب یک رشته ده بیتی با پروتکل RS-232 به کامپیوتر می‌باشد.

چشمه و آشکارساز در فاصله ۵
است. مدار الکترونیک به کار ر
و UL، یک مولد پالس مربعی، یک شمارنده و یک ارسال کننده آر ایه داده ها در قالب یک رشته ده بیتی با پروتکل RS-232 به کامپیوتر می‌باشد.

۱۶ و ۵ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

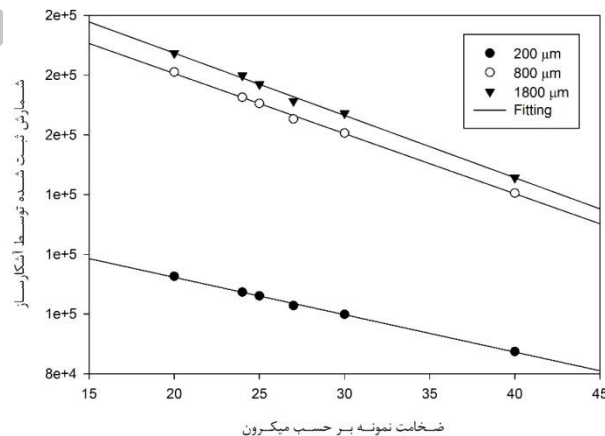
نتایج

یکی از موارد که در آشکارسازهای پرتو بتا از اهمیت بالایی برخوردار است، این است که میزان شمارش پرتو گاما کم باشد. به همین دلیل میزان شمارش دو چشمه پرتوزا گاما ^{137}Cs و ^{60}Co با چشمه ^{147}Pm به ازای اکتیویته ۱ mCi به ازای ضخامت‌های مختلف آشکارساز سوسوزن در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵: شمارش در آشکارساز به ازای ضخامت‌های مختلف نمونه

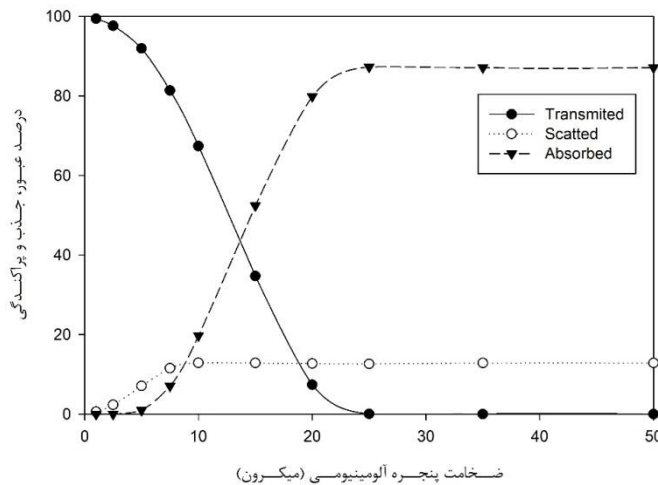
همانطور که در نمودار مشخص است میزان حساسیت آشکارساز برای چشمه بتا ^{147}Pm به چشمه‌های گاما ^{60}Co و ^{137}Cs به ترتیب ۶، ۵، ۷ و ۷ برابر می‌باشد. در شکل ۶ نتایج تست ضخامت‌سنجی آشکارساز با استفاده از ورق‌های پلی پروپیلنی نشان داده شده است. در این شکل شمارش‌های ثبت شده برای ضخامت‌های مختلف از سوسوزن پلاستیکی و نمونه نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشخص است رفتار سیستم به صورت کاملاً خطی می‌باشد و به ازای هر میکرون اختلاف شمارش برابر ۲۰۰۰ است.



شکل ۶: شمارش در آشکارساز به ازای ضخامت‌های مختلف سوسوزن پلاستیکی و نمونه

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

یک نکته حایز اهمیت در این میان تاثیر ضخامت پنجره آلومینیومی بر نتایج بدست آمده است. به همین میزان عبور، جذب و پراکندگی ذرات بتای برخورد کننده با پنجره برای انرژی میانگین چشمه پروتیموم (۶۱ keV) توسط نرم افزار CASINO [۸] شبیه سازی شد. شکل ۷ نتایج بدست آمده را نشان می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، ضخامت ۱۰ میکرونی که برای پنجره آلومینیومی در این آزمایش در نظر گرفته شده، باعث تضعیفی در حدود ۳۳٪ می گردد (با در نظر گرفتن پراکندگی).



شکل ۷: درصد جذب، پراکندگی و عبور ذرات بتا در مواجهه با پنجره آلومینیومی با ضخامت های مختلف

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصله نشان می‌دهد میزان حساسیت آشکارساز برای چشمه بتا ^{147}Pm به چشمه گاما ^{137}Cs و ^{60}Co به ترتیب ۶، ۵ و ۷، ۷ برابر می‌باشد. همچنین پس از ضخامت‌سنجی با استفاده آشکارساز ساخته شده رفتار دستگاه در ضخامت‌های میکرونی به صورت خطی می‌باشد. نتایج به دست آمده توسط چشمه ^{147}Pm با نیمه عمر ۲، ۶۳ سال و برای ورق‌های پلی پروپیلنی با ضخامت ۲۰ تا ۴۰ میکرون با دقت بهتر از ۱، ۵ درصد می‌باشد که این دقت برای استفاده در صنایع بسیار مناسب می‌باشد. آشکارساز سوسوزن پلاستیک ساخته شده می‌تواند جایگزین مناسبی برای آشکارسازهای گازی می‌باشد.

مراجع

- [1] Fearnside, K, "Beta-ray thickness gauges for industrial use", Journal of the British Institution of Radio Engineers, Vol. **11**, (1951).
- [2] "Beta-backscatter thickness measurer", NDT & E International, Vol. **31**, (1998) 219.
- [3] N. B. Allen and J. K. Terence; "A linear β -ray thickness gauge", The International Journal of Applied Radiation and Isotopes, Vol. **27**, (1976) 126-127.
- [4] K.J. Law; "Another thickness gauge", Non-Destructive Testing, Vol. **6**, (1973) 119-121.
- [5] R. Liljestrang and G. Blanpied and G.W. Hoffmann and J.E. Spencer and J.R. Rhode; "Target thickness uniformity gauge", Nuclear Instruments and Methods, Vol. **138**, (1976) 471-477.
- [۶] اندازه گیری و آشکارسازی تابش‌های هسته‌ای، نیکلاس سولفایندیس، ترجمه دکتر رحیم کوهی و دکتر محمود هادی‌زاده یزدی، صفحه ۱۹۹-۲۰۰.
- [7] Manoj Kumar and J. Udhayakumar and J. Nuwad and Rakesh Shukla and C.G.S. Pillai and Ashutosh; "Development of a ^{147}Pm source for beta-backscatter thickness gauge applications Beta gauge thickness: Instrument Practice"; Journal of the Franklin Institute, Vol. **4**, No. 10 (1950) 442.



۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ شماره ۱ و ۲

[8] CASINO—Monte Carlo Simulation of Electron Trajectory in Solids. [Online]. Available: <http://www.gel.usherbrooke.ca/casino>, accessed Jan. 09, 2015.

Archive of SID

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه

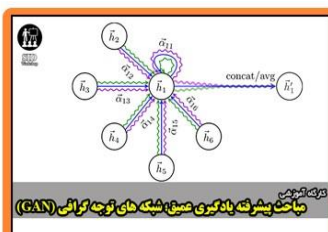


فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی