جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

«توصیف آشکار سازهای نیمه هادی سه بعدی نوترونهای حرارتی»

آشکار سازی های نیمه هادی نوترون برای رادیوبیولوژی نوترون و شمارش آن دارای اهمیت بسیار زیادی هستند. آشکار سازی های ساده سیلیکونی نوترون ترکیبی از یک دیود صفحه ای با لایه ای از یک مبدل مناسب نوترون مثل LiF٦ می باشند. چنین وسایلی دارای بهره آشکار سازی محدودی می باشندکه معمولاً بیشتر از ٥٪ نیست. بهره آشکار سازی را می توان با ساخت یک ساختار میکرونیD٣ به صورت فرو رفتگی، حفره یا سوراخ و پر کردن آن با ماده مبدل نوترون افزایش داد. اولین نتایج ساخت چنین وسیله ای در این مقاله ارائه شده است.

آشکار سازهای سیلیکونیN با حفره های هرمی شکل در سطح پوشیده شده با LiF٦ ساخته شده و سپس تحت تابش نوترونهای حرارتی قرار گرفتند. طیف ارتفاع پالس انرژی تابش شده به حجم حساس با شبیه سازی مورد مقایسه قرار گرفت. بهره آشکار سازی این وسیله در حدود ٦.٣٪ بود. نمونه هایی با سایز ستونهای مختلف ساخته شد تا خواص الکتریکی ساختارهای سه بعدی مورد مطالعه قرار گیرد.ضرایب جمع آوری بار در ستونهای سیلیکون از ١٠تا٨٠٠ nm عرض و ٨٠تا 200 nmارتفاع با ذرات

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

آلفا اندازه گیری شد. بهره آشکار سازی یک ساختار D۳ کامل نیز شبیه سازی شد. نتایج نشان از تقویت بهره آشکار سازی با فاکتور ٦در مقایسه با آشکار سازهای صفحه ای استاندارد نوترون دارد.

۱. مقدمه و اهداف: آشکار سازهای نوترونی نمی توانند مستقیماً برای آشکار سازی نوترونهای حرارتی به کار روند و باید از ماده ای استفاده کرد که نوترونها را به صورت تشعشع قابل آشکار سازی در آورد. مواد مختلفی برای این منظور وجود دارند که در بین آنها Li٦ از همه مناسب تر به نظر می رسد. واکنش گیر افتادن نوترون در Li٦ دارای سطح مقطع ۹٤۲ b در انرژی نوترونی eV۰.۰۲۵۳ است.

$$Li+n\rightarrow\propto(2.05MeV)+3H(2.73MeV٦$$

مواد مبدل با پایه Li٦ دارای سطح مقطع گیر انداختن نورونهای بالایی بوده و انرژی محصولات تولید شده آن نیز برای آشکار شدن به قدر کافی بالا می باشد. هدف نهایی آشکار سازR&D که در اینجا شرح داده می شوند ایجاد یک سنسور تصویر برداری نوترون با حساسیت بالا و قدرت تفکیک فضایی مناسب است. ما قبلاً با موفقیت چیپMedipix-2 با چیپ سنسور صفحه ای پوشیده با مبدل نوترون Li٦ را آزمایش کرده ایم. قدرت تفکیک فضایی چنین

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

وسیله ای در حدود ۶۵nm(نشانه ای از FWHMتابع پخش خطی) به خوبی با ابزارهای تصویر برداری نوترون قابل رقابت است. نسبت سیگنال به نویز(SNR) آشکارسازی سیلیکون نیز بالاتر از آشکار سازهای نوترونی فعلی است. با این وجود بهره آشکار سازی چنین آشکارسازهای نیمه هادی صفحه ای(نسبت تعداد آشکار شده به تعداد نوترون برخوردی) در حدود۵٪ محدود می باشد. بهره آشکارسازی را می توان با ایجاد حفره یا سوراخ هایی (ساختار ۳D) در بدنه آشکار ساز سیلیکون افزایش داد.

۲. آشکار سازی آشکارسازهای نوترونی صفحه ای:

برای پیش بینی بهره آشکارسازی ساختار صفحه ای از یک بسته نرم افزار شبیه سازی مونت کارلو استفاده شد. این بسته ترکیبی بود ازMCNP-4C (شبیه سازی انتقال نوترونی) با SRIM/TRIM (قدرت توقف) و کد مونت کارلو C++ متعلق به خودمان(شبیه سازی انتقال انرژی، طیف ارتفاع پالس، بهره آشکار سازی و....)

شکل ۱بهره آشکار سازی را در مقابل ضخامت ماده مبدل۶LI) LIF غنی شده تا ۸۹٪)، اول برای تشعشع قدامی که منحنی مقدار بیشینه ۴.۴۸٪ را در ضخامت ۷mg/cm2 نشان می دهد. بهره آشکار سازی در ضخامتهای

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

بیشتر از این حد کاهش می یابد چون ذرات آلفا و تریتیوم تولید شده در سطوح دورتر LiFاز مرز Si-LiF قادر به رسیدن به حجم حساس نیستند. به علاوه تعداد بیشتر نوترونها در نزدیکی سطح خارجی مبدل جذب می شوند(شکل a۲ را ببینید). منحنی دوم در شکل۱ مخصوص آشکار سازی است که از پشت تحت تابش قرار گرفته است.

در ضخامتهای بالا تراز۷mg/cm2، بهره آشکار سازی در حدود ٤.٩٠٪ثابت باقی می ماند. نوترونها به صورت قابل ترجیحی در نزدیکی مرز مبدل نیمه هادی جذب می شوند)شکل(b.2 و بهره آشکارسازی اشباع شده و مستقل از ضخامت آشکار ساز می باشد.

طیف انرژی تابشی در آشکار ساز صفحه ای ساده اندازه گیری شد(شکل ۳). نمونه مورد استفاده یک آشکارساز سیلیکونی ٥×٥mm2و ۳۰۰ µm ضخامت بود. مقاومت حجم n-type در حدود ٥kΩcm بود. بخشی از نمونه با لایه ای ازLiF٦ با ۸۹٪ لیتیوم پوشانده شده بود(به این دلیل فقط بخشی از آن پوشانده شده بود تا بخشی به صورت فضای باز برای کالیبراسیون انرژی با ذرات آلفای منبع کالیبراسیون در اختیار داشته باشیم). طیف حاصل را با نتایج شبیه سازی مونت کارلو مقایسه کردیم. شبیه سازی به خوبی با نتایج اندازه گیری شده مطابقت داشت. نمونه از پشت با دسته پرتو نوترون حرارتی

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

مورد تابش قرار گرفت. اندازه گیریها در کانال افقی (هدایت نوترون) راکتور تحقیقاتی هسته ای LVR-15 در موسسه فیزیک هسته ای دانشگاه چک در Rez در نزدیکی پراگ انجام پذیرفتند. فلوی نوترون در حدود۱۰۶cm-2s-1در قدرت راکتور۸MW بودند.

آلفا و تریتون تولید شده از واکنش گیر انداختن نوترون حرارتی اغلب در جهتهای متضاد به حرکت در می آیند (شکل٤) آشکارساز صفحه ای ساده یکی از دو ذره الفا یا تریتون را آشکار می کند نه هر دو را. بنابر این طیف انرژی تابشی هرگز دارای انرژی بالاتر مربوط به تریتون نخواهد بود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۳. بهره آشکارسازی آشکارسازهای دارای حفره هرمی:

نمونه آزمایشی دوم دارای آرایه ای از حفره های هرمی معکوس ایجاد شده بوسیله قلم زنی سیلیکون با KoH بودپایه هرم به ابعاد ۶۰×۶۰ µm2 و به عمق ۲۸mm فاصله بین هرم ها نیز۲۳µm بود. اندازه چیپ مجدداً ۵×۵mm2 با ضخامت۳۰۰µm و مقاومت در حدود۵kΩcm بود. حفره ها دارای دو سطح بین مبدل نوترون وآشکارساز بودند. برعکس طیف آشکار سازها صفحه ای (شکل۵) در اینجا طیف دارای وقایع با انرژی بیش از۲.۷۳MeV است چون اگر واکنش در ناحیه نزدیک به نوک هرم رخ دهد، هر دو ذره (آلفا تریتون) آشکار خواهند شد.

برای پیش بینی بهره آشکار سازی نوترونهای حرارتی در سطح حفره های هرمی نیز از شبیه سازی استفاده شد. منحنی شکل ۷حاوی وابستگیهای شبیه سازی شده بهره آشکار سازی به ضخامت۶LiF برای آشکارساز بدون حفره و دارای حفره هرمی است.

در هر دو مورد آشکارساز از هر دو جهت تحت تابش قرار گرفت. حفره های هرمی بهره آشکارسازی را از ۴.۹۰٪به ۶.۳۰٪افزایش دادند که به معنای

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

افزایش نسبی ۲۸٪می باشد. در شکل۷ می توان دید که در مبدل نازک تر افزایش بهره آشکارسازی به افزایش سطح آشکارساز مربوط است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۴. بهره آشکارسازی آشکارسازهای D۳ نوترون:

فن آوری نیمه عادی امکان ایجاد ساختارهای D۳ در نیمه هادیها را فراهم می کند که می توان باعث افزایش سطح بین مبدل نوترون و حجم حساس آشکارساز شود. چنین ژئومتری امکان استفاده از حجم بزرگ تر مبدل نوترون را ضمن حفظ احتمال زیاد آشکارساز ذرات ثانویه فراهم می کند و لذا بهره آشکارسازی نوترونهای حرارتی در مقایسه با آشکارسازهای صفحه ای یا دارای حفره های هرمی افزایش می یابد.

دو نمونه از ساختارها شبیه سازی شدند، یکی با پروب مکعب (شکل۸) و دیگری با پروب استوانه(شکل۹). عمق پروب در هر دو مورد mm۲۳۰ بود. منحنی ها نشاندهنده وابستگی شبیه سازی بهره آشکار سازی نوترون حرارتی به عرض یا قطر حفره دارند. هر منحنی برای چگالی متفاوت ماده مبدل پوششی رسم شده است. بهره آشکار سازی د رحدود۳۳٪ در مقایسه با آشکارساز صفحه ای ساده تقریباً٦ برابر شده است.

۵. آزمایشهای ساختارهای سه بعدی:

۱-۵. توصیف نمونه ها و اندازه گیریها: شبیه سازی نمی تواند به این سوال پاسخ دهد که تا چه قدر نازکی دیواره هنوز امکان جمع آوری بار کافی برای

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

ایجاد سیگنال الکتریکی کافی را دارد. نمونه ها در کارخانه Stanford Nanofabrication ساخته شدند تا تحت آزمایش با ذرات آلفا از$Am(5.48MeV^{241})$ قرار بگیرند و بهره جمع آوری بار (CCE) این ساختارها تعیین شود. همه نمونه ها دارای ضخامت$300\mu m$ بوده و حاوی آرایه هایی از ستون ها با قطر متفاوتی (شکل۱۰)(از$808\mu m \times 808\mu m$ تا$10\mu m \times 10\mu m$) می باشند. دو سری از نمونه ها دارای ستونهایی با ارتفاع ۸۰ و$200\mu m$ بودند.مقاومت پخش n-type در حدود$2k\Omega cm$ بود. اتصال Pnدر پشت نمونه قرار داشت. (شکل۱۰b). ستونها با یک پروب در ارتباط بودند (شکل۱۰c). هر ستون اندازه گیری شده در هوا تحت تابش ذرات آلفا ازAm^{241} قرار گرفته و ارتفاع طیف پالسی اندازه گیری شد(فاصله بین منبع و نمونه در حدود$1cm$ بود و لذا آلفا قبل از برخورد در حدود از$950KeV$انرژی را از دست می داد).ستونها به صورت مایل تحت تابش قرار گرفتند تا تعداد ذرات آلفای برخوردی به نوک حفره حداقل شود. هرچه ستونها کوچکتر بودند، زمان اندازه گیری طولانی تری مورد نیاز بود. برای دستیابی به زمان اندازه گیری منطقی(دهها ساعت) ستون از سمت پهن ترشان تحت تابش قرار گرفتند. (شکل۱۰) بایاس به کار رفته در تمام اندازه گیریها $60V$ بود.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۵-۲: نتایج اندازه گیری: اولین طیف در شکل۱۱ مربوط به ستون۸۰۸ µm ×808 (بزرگترین ساختار) است. طیف دوم مربوط به نازک ترین ستون تحت اندازه گیری۷۲×۳۱۰ µm (ستونهای کوچکتر به این دلیل مورد اندازه گیری قرار نگرفتند که اتصال آنها با نوک پروب از نظر مکانیکی دشوار است).

برای مقایسهCCE، موقعیت قله بزرگترین ستون به عنوان نقطه مرجع ستونهای کوچکتردر شکل۱۲ در نظر گرفته شد. منحنی شکل۱۲ وابستگی موقعیت قله اندازه ستون مشخص (همیشه کوچکترین قطر در مورد ستونهای مربعی)را برای یک ستون نمونه با ارتفاع µm۸۰ نشان می دهد. موقعیت قله تا اندازه ستون µm۳۰ ثابت می ماند. سپس قله آلفا به سرعت به سمت انرژی های پایین تر منتقل می شود.

ذرات آلفای Am۲٤۱ قبلاً تمام انرژی خود را در چنین ستونهای نازکی واگذار نکرده اند.برد آلفای MeV٥.٤٨ در Si در حدود µm۲۸ است .

با این وجود می توان به این نتیجه رسید کهCCE تقریباً ۱۰۰٪ در اندازه ستون µm۳۰ است و حتی ساختاری با عرض µm۱۰ نیز مقدار قابل توجهی از بار را به عنوان یک شمارنده ذرات سنگین جذب می کند. برای اندازه گیریCCE در

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

ستونهای نازک تر می توان از یک منبع به خوبی کولیمیت شده ذرات باردار سنگین استفاده کرد.

۶. بحث و بررسی:

خواص آشکارسازی آشکار سازهای نوترونی صفحه ای،صفحه ای با حفره های سطحی هرمی (نیمه صفحه ای) و D۳ شبیه سازی شدند. همه انواع آنها دارای مبدل بودند. شبیه سازی بهره آشکار سازی ٤.٩٪ (آشکارسازی صفحه ای)، ٦.٣٪ (آشکارساز هرمی) و بیش از ۳۳٪برای ساختارهایD۳ را پیش بینی کرد. شبیه سازی با اندازه گیری طیف ارتفاع پالس در موارد صفحه ای و نیمه صفحه ای اعتبار سنجی شد. با استفاده از طیف سنجی ذرات آلفا مشخص شد که حتی ساختارهای D۳ با µm۱۰ عرض و ارتفاع µm۸۰ نیز می توانند به عنوان شمارندگی نوترون در ساختارهایD۳ پر شده با مبدل نوترون تمرکز خواهند کرد.