بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه مازندران

دانشکده علوم پایه

گروه فیزیک هسته‌ای

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته فیزیک هسته‌ای

موضوع:

طراحی و ساخت مقسم ولتاژ اوئن جهت PMT مدل XP4312 به منظور جداسازی نوترون-گاما

استاد راهنما:

دکتر سید محمد متولی

اساتید مشاور:

دکتر محمدرضا پهلوانی

مهندس اسمعیل بیات

دانشجو:

سیداله کُر

بهمن ماه ۱۳۹۰

تشکر و قدردانی

سپاس زیبنده‌ی توست، ای آنکه مهربانترینی؛

ای پروردگار عالم و ای محبوب بی‌همتا ...

با سپاس فراوان از استاد راهنمای گرامی و بزرگوار جناب آقای دکتر سیدمحمد متولی و اساتید مشاور محترم جناب آقای دکتر محمدرضا پهلوانی و جناب آقای مهندس اسمعیل بیات، که با حسن خلق، صبر و شکیبایی خویش، در تمامی مراحل این پژوهش راهنمایم بودند و این پژوهش، بدون راهنمایی و مساعدت‌های بی دریغ ایشان امکان پذیر نبود؛ اساتید و انسانهای وارسته‌ای که شاگردی ایشان برایم مایه‌ی غرور و افتخار است.

همچنین از تمامی معلمان، دبیران، اساتید گرامی و دوستان بزرگوارم که در تمامی مراحل تحصیل یار و راهمنایم بودند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تقدیم به:

پدر، مادر، برادر و خواهرانم

آنان که آسایش امروز خود را فدای آرامش

آینده‌ام کرده‌اند...

چکیده

تابش نوترون همواره با گامای چشمه نوترون و گامای ثانویه حاصل از اندرکنش نوترون با مواد اطراف همراه است. بنابراین در برخی موارد مانند دزیمتری نوترون، تست حفاظ‌های نوترونی، و... که تغییرات طیف نوترون سریع مدنظر می‌باشد؛ جداسازی نوترون-گاما بکار می‌رود. یکی از روش‌های جداسازی نوترون-گاما روش ساده، سریع و ارزان اوئن می‌باشد. پارامتر مهم در این روش، طراحی و ساخت مقسم ولتاژ اوئن بطور مجزا جهت هر مدل PMT است. در این تحقیق مقسم ولتاژ اوئن مختص PMT مدل XP-4312 طراحی و ساخته شد. سپس با استفاده از سل حاوی سوسوزن مایع NE-213، آشکارساز مناسبی مونتاژ گردید. تفکیک نوترون-گاما در این آشکارساز برای چشمه ^{241}Am-Be با اکتیویته 100mCi، از 500keV انرژی نوترون قابل انجام است. نتایج نشان داد که آشکارساز اوئن حاصل، توانایی خوبی در جداسازی نوترون سریع از گامای همراه دارا می‌باشد.

واژگان کلیدی:

جداسازی نوترون-گاما، روش اوئن، مقسم ولتاژ، PMT مدل XP4312، سوسوزن مایع NE-213.

« فهرست مطالب »

عنوان..... صفحه

چکیده.....ج

فهرست مطالب .....ح

فهرست جدول‌ها .....ز

فهرست شکل‌ها و نمودارها.....ش

فصل اول: چشمه‌های نوترون

(۱-۱) مقدمه..... ۲

(۱-۲) تولید نوترون ۴

(۱-۳) روشهای تولید نوترون ۵

(۱-۳-۱) رادیو ایزوتوپها ۶

(۱-۳-۱-۱) چشمه‌های نوترون–آلفا (α,n) و انواع آن ۶

۱. چشمه ^{241}Am-^{9}Be..... ۸

۲. چشمه ^{241}Am-B و ^{241}Am-F ۹

۳. چشمه ^{242}Cm-Be..... ۱۱

۴. چشمه ^{238}Pu-^{13}C..... ۱۲

(۱-۳-۱-۲) چشمه های(γ,n) یا فوتونوترون..... ۱۴

مزایای چشمه های رادیو ایزوتوپی ۱۵

(۱-۳-۲) چشمه‌های حاصل از شکافت ۱۷

(۱-۳-۳) تولید نوترون بوسیله شتاب دهنده‌ها..... ۲۰

(۱-۳-۳-۱) واکنشهای نوترون - دوترون (d,n)..... ۲۱

(۱-۳-۳-۲) واکنشهای نوترون – پروتون(p,n) ۲۱

(۱-۳-۴) تابش‌های کیهانی ۲۱

فصل دوم: آشکارسازی و طیف نگاری نوترون

(۲-۱) مقدمه ۲۳

(۲-۲) خصوصیات عمومی آشکارسازها ۲۳

(۲-۲-۱) حساسیت ۲۳

(۲-۲-۲) پاسخ آشکارساز ۲۴

(۲-۲-۳) توان تفکیک انرژی ۲۵

(۲-۲-۴) زمان پاسخ ۲۵

(۲-۲-۵) طیف انرژی ۲۶

(۲-۳) مکانیزم‌های آشکارسازی نوترون ۲۶

(۲-۳-۱)پراکندگی ۲۷

(۲-۳-۲)جذب ۲۷

(۲-۴) آشکارسازهای گازی نوترون و ویژگی‌های عمومی آنها ۲۸

(۲-۴-۱) حساسیت آشکارسازهای نوترون به تابش گاما ۳۲

(۲-۴-۲)آشکارسازهای نوترون‌های حرارتی ۳۵

(۲-۴-۳)آشکارسازهای نوترون‌های سریع ۳۸

(۲-۴-۴) اتاقک‌های شکافت ۴۱

(۲-۴-۵) آشکارسازهای پوشانده شده با ^{10}B ۴۲

(۲-۵) سوسوزن‌ها و ویژگی‌های عمومی ۴۳

(۲-۵-۱) پیشینه ۴۳

(۲-۵-۲) مکانیزم برهمکنش‌های نوترون و گاما ۴۶

(۲-۵-۳) سوسوزن‌های آلی مایع ۴۹
چند نکته ۵۱
(۲-۵-۴) جداسازی شکل پالس ۵۳
(۲-۶) قسمتهای تشکیل‌دهنده‌ی آشکارساز سوسوزن ۵۶
(۲-۶-۱) فوتومولتی پلایر ۵۶
(۲-۶-۱-۱) فوتوکاتد ۵۸
(۲-۶-۱-۲)سیستم اپتیک الکترون ۵۹
(۲-۶-۱-۳) تکثیرکننده‌ی الکترون (دینودها) ۵۹
(۲-۶-۱-۴) فضای جمع آوری آند ۶۲
حساسیت آند ۶۳
پالس آند ۶۳
(۲-۶-۱-۵) بهره PMT ۶۴
(۲-۶-۱-۶) جریان تاریک PMT ۶۴

فصل سوم: روشهای جداسازی نوترون و گاما

(۳-۱) مقدمه‌ای بر الکترونیک هسته‌ای ۶۷
(۳-۲) سیستم الکترونیکی مورد نیاز ۶۸
(۳-۲-۱) پالس الکتریکی ۶۸
(۳-۲-۲) سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال ۶۹
(۳-۲-۳) سیگنال‌های سریع و کند ۷۱
(۳-۲-۴) استاندارد NIM ۷۲
(۳-۲-۵) انتقال سیگنال ۷۳
(۳-۲-۶) کابل‌های هم محور ۷۴

(۳-۲-۷) تطابق امپدانس ۷۶
(۳-۲-۸) خط‌های درنگ ۷۸
(۳-۲-۹) شکل‌دهی پالس ۷۹
(۳-۳) زمان‌گیری ۸۱
(۳-۳-۱) روش زمان‌گیری لبه‌ی صعودی ۸۲
(۳-۳-۲) روش زمان‌گیری گذر ـ از ـ صفر ۸۲
(۳-۳-۳) روش زمان‌گیری کسر ـ ثابت ۸۳
(۳-۳-۴) روش زمان‌گیری ARC ۸۴
(۳-۴) آشنایی مختصر با یونیت‌های مورد استفاده ۸۴
(۳-۵) معرفی سوسوزن NE-213 ..... ۸۶
(۳-۶) جداسازی پالس‌های نوترون و گاما ۹۰
(۳-۶-۱) جداسازی نوترون-گاما به روش زمان پرواز ۹۰
(۳-۶-۲) جداسازی نوترون-گاما به روش تبعیض شکل پالس ۹۱
(۳-۶-۲-۱) روش جداسازی اوئن ۹۲
(۳-۷) مقایسه روش های جداسازی ۹۵
(۳-۸) تعریف پارامترهای جداسازی ۹۶
(۳-۸-۱) بایاس (تعیین انرژی آستانه) ۹۶
(۳-۸-۲) ضریب شایستگی FOM ۹۸
(۳-۸-۳) نسبت قله به دره (P/V) ۹۹
(۳-۸-۴) Cross Talk ۹۹

فصل چهارم: طراحی و ساخت مقسم ولتاژ اوئن جهت PMT مدل XP4312 به منظور جداسازی نوترون-گاما

(۴-۱) مقدمه ۱۰۱

(۴-۲) معرفی لامپ تکثیرکننده‌ی فوتونی مدل XP4312 ..... ۱۰۱

(۴-۳) مقسم ولتاژ ۱۰۵

(۴-۳-۱) نحوه‌ی اعمال ولتاژ ۱۰۵

(۴-۳-۲) انواع توزیع ولتاژ بین دینودها ۱۰۶

(۴-۴) شبیه سازی مدار مقسم ولتاژ ۱۰۹

(۴-۵) فرمولبندی روش اوئن ۱۱۱

(۴-۶) طراحی مدار مقسم ولتاژ اوئن ۱۱۳

(۴-۷) چیدمان مدار جداسازی نوترون-گاما به روش اوئن ۱۱۵

(۴-۷-۱) تجهیزات الکترونیکی مورد نیاز ۱۱۵

(۴-۷-۲) آماده‌سازی آشکارساز ۱۱۷

(۴-۷-۳) انجام جداسازی نوترون-گاما توسط آشکارساز با سوسوزن NE-213 به روش اوئن ۱۱۷

فصل پنجم: بحث، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات

(۵-۱) نکات مهم ۱۲۲

(۵-۲) بحث و نتیجه‌گیری ۱۲۲

(۵-۳) پیشنهادات ۱۲۴

منابع ۱۲۵

چکیده لاتین ۱۲۸

فهرست جدولها

عنوان ..... صفحه

فصل اول

جدول(۱-۱): ویژگی‌های ذره نوترون ۲

جدول(۱-۲): انرژی بستگی آخرین نوترون هسته‌های سبک ۵

جدول(۱-۳): انواع چشمه‌های نوترونی با نیمه عمر بالا و خصوصیات آنها ۱۳

جدول(۱-۴): مشخصات چشمه‌های نوترون(α , n) ۱۳

جدول(۱-۵): واکنشهای (α,n) برای هسته های سبک ۱۴

جدول(۱-۶): مشخصات چشمه های فوتونوترون ۱۶

جدول(۱-۷): خصوصیات مهم‌ترین چشمه‌های نوترونی در حال فعالیت یا در دست ساخت در جهان ۱۸

جدول(۱-۸): مشخصات چشمه‌های نوترون شکافت خود به خود ۱۹

فصل دوم

جدول(۲-۱): احتمال برهمکنش گاما و نوترون در برخی آشکارسازها ۳۳

جدول(۲-۲): انرژی ذخیره شده از نوترون و گاما در برخی آشکارسازهای تناسبی گازی و سوسوزنها ۳۴

جدول(۲-۳): مقادیر نوعی بازدهی و حساسیت به تابش گاما برای بعضی از آشکارسازهای رایج نوترون ۳۵

جدول(۲-۴): نمونه‌هایی از سوسوزن‌های پلاستیک و مایع برای آشکارسازی نوترون ۴۷

جدول(۲-۵): خصوصیات برخی از پنجره‌های بکار رفته در PMTها ۵۸

فصل سوم

جدول(۳-۱): مشخصات پالس‌های منطقی مثبت کند در استاندارد NIM ۷۳

جدول(۳-۲): مشخصات پالس‌های منطقی سریع منفی طبق استاندارد NIM ۷۳

جدول(۳-۳): مشخصات انواع کابل‌های هم محور ۷۵

جدول(۳-۴): مقایسه ویژگی‌های بعضی از رایج‌ترین سوسوزن‌های آلی ۸۶

جدول(۳-۵): ویژگی‌های سوسوزن مایع آلیNE-213 ..... ۸۷

جدول(۳-۶): برخی از مشخصات سوسوزن مایعNE-213 ..... ۸۸

فصل چهارم

جدول (۴-۱): برخی ویژگیهای لامپ XP4312..... ۱۰۳

جدول(۴-۲): بهره و خطی سازی انواع توزیع ولتاژ..... ۱۰۸

فهرست شکلها

فصل اول

شکل(۱-۱): مدل اتمی سرامیک ابر رسانای اکسید ایتریم-باریم-مس، که توسط پراکندگی نوترون تعیین شده است..... ۳

شکل(۱-۲): انواع کپسول‌های مورد استفاده در چشمه‌های (α , n)..... ۷

شکل(۱-۳): طیف انرژی نوترون چشمه‌ی ^{241}Am-Be که توسط آشکارساز استیلبن اندازه‌گیری شده است..... ۹

شکل(۱-۴): طیف نوترون چشمه ^{241}Am-Be که با دتکتور ^{3}He گرفته شده است..... ۹

شکل(۱-۶): طیف نوترون چشمه ^{241}Am-F..... ۱۰

شکل(۱-۵): طیف نوترون چشمه ^{241}Am-B..... ۱۰

شکل(۱-۷): طیف نوترون چشمه ^{242}Cm-Be..... ۱۱

شکل(۱-۸): طیف انرژی نوترون چشمه ^{238}Pu-^{13}C..... ۱۲

شکل(۱-۹): طیف نوعی پاره‌های شکافت خود به خود ^{252}Cf..... ۲۰

فصل دوم

شکل(۲-۱): پراکندگی کشسان نوترون در مختصات مرکز جرم و آزمایشگاهی..... ۲۷

شکل(۲-۲): نمونه‌ای از سیستم شمارش نوترون از نوع آشکارسازهای گازی..... ۲۸

شکل(۲-۳): منحنی ارتفاع پالس بر حسب ولتاژ اعمال شده برای نشان دادن عملکرد نواحی مختلف..... ۳۰

شکل(۲-۴): سطح مقطع‌های واکنش‌های ^{3}He(n,p)، ^{10}B(n,α) و ^{6}Li(n,α)..... ۳۶

شکل(۲-۵): طیف ارتفاع پالس برای نوترون‌های حرارتی از آشکارساز ^{3}He..... ۳۷

شکل(۲-۶): منحنی پلاتو نوعی برای آشکارساز ^{3}He..... ۳۷

شکل(۲-۷): طیف ارتفاع پالس دیفرانسیلی برای نوترون‌های حرارتی با یک آشکارساز BF_3 تناسبی..... ۳۸

شکل(۲-۸): سطح‌مقطع پراکندگی الاستیک برای ^{4}He و ^{1}H..... ۳۹

شکل(۲-۹): طیف ارتفاع-پالس دیفرانسیلی آشکارساز تناسبی ^{4}He ناشی از چشمه نوترونی ^{252}Cf..... ۴۰

شکل(۲-۱۰): شمای کلی قسمت‌های تشکیل دهنده یک آشکارساز سوسوزن ۴۴

شکل(۲-۱۱): وابستگی انرژی احتمال برهمکنش برای برهمکنش‌های نوترون و گاما در NE213..... ۴۸

شکل(۲-۱۲): بازده نور برای پروتون‌ها همیشه کمتر از بازده نور برای الکترون‌های دارای انرژی مشابه می‌باشد..... ۴۹

شکل(۲-۱۳): ترازهای انرژی برای سوسوزن‌های آلی ۵۲

شکل(۲-۱۴): تفکیک بین گاما و نوترون در سوسوزن آلی ۵۳

شکل(۲-۱۵): وابستگی زمانی پالس‌های سوسوزن در استیلبن..... ۵۴

شکل(۲-۱۶): تعریف عدد شایستگیFOM..... ۵۵

شکل(۲-۱۷): نسبت بازده دیجیتال برای بخش‌های اولیه و پایانی پالس یک طیف جداسازی شکل پالس برای NE213..... ۵۵

شکل(۲-۱۸): نمایی از یک PMT و اجزاء تشکیل دهنده‌ی آن ۵۷

شکل(۲-۱۹): نمایی از تکثیر فوتون در PMT بهمراه منبع تغذیه ولتاژ بالا..... ۵۷

شکل(۲-۲۰): نمای طرح واره اپتیک الکترون برای PMT..... ۵۹

شکل(۲-۲۱): ساختار دینودهای مختلف ۶۰

شکل(۲-۲۲): میزان خطی بودن پاسخ دینودها در ساختارهای مختلف ۶۱

شکل(۲-۲۳): پیکربندیهای فضای جمع آوری بار: (a). با دینودهای متمرکزکننده؛ (b). با دینودهای پرده-کرکره‌ای ۶۲

شکل(۲-۲۴): تعداد پالسهای تاریک بر ثانیه بصورت تابعی از دما برای فوتوکاتدهای SbK Cs و $SbNa_2KCs$ ۶۳

فصل سوم

شکل(۳-۱): چند یونیت استاندارد..... ۶۷

شکل(۳-۲): مشخصات یک پالس نوعی..... ۶۸

شکل(۳-۳): پالس‌های تک قطبی و دو قطبی ۶۹

شکل(۳-۴): دو نمونه بین استاندارد (NIM BIN)..... ۷۲

شکل(۳-۵): نمایی از یک کابل هم محور..... ۷۴

شکل(۳-۶): یک کابل استاندار RG-59/U (75Ω) ۷۶
شکل(۳-۷): دو نمونه از پایان دهنده‌های استاندارد 50Ω ۷۷
شکل(۳-۸): روش‌های پایان دهی موازی و سری ۷۷
شکل(۳-۹): حالت‌های مختلف امپدانس و شیوه پایان دادن کابل‌ها ۷۸
شکل(۳-۱۰): کاربرد خط درنگ برای تولید پالس مستطیلی ۷۸
شکل(۳-۱۱): اثر خط درنگ دوگانه ۷۹
شکل(۳-۱۲): مثالی از شکل‌دهیCR-RC. مثلث نمایشگر واحد تقویت (A) است که دو مدار شکل‌دهنده را ازهم جدا می کند ۸۰
شکل(۳-۱۳): پالس خروجی بعد از کاربرد چند مدار شکل‌دهی ۸۰
شکل(۳-۱۴): شکل‌دهی پالس CR-RC ۸۰
شکل(۳-۱۵): شکل‌دهی CR-RC-CR دیفرانسیلی دوبل ۸۱
شکل(۳-۱۶): خطای زمان‌گیری مربوط به لغزش و لرزش ۸۲
شکل(۳-۱۷): زمان‌گیری با روش گذر ـ از ـ صفر ۸۳
شکل(۳-۱۸): زمان‌گیری با روش کسر ـ ثابت ۸۴
شکل(۳-۱۹): مقایسه دو روش زمان‌گیری کسر ثابت و لبه صعودی ۸۴
شکل(۳-۲۰): نور خروجی سوسوزن مایع آلیNE-213 و سوسوزن پلاستیک NE-110 برای ذرات متفاوت (از کد SCINFUL استفاده شده است) ۸۸
شکل(۳-۲۱): مدار الکترونیک آزمایش زمان پرواز TOF ۹۱
شکل(۳-۲۲): تفاوت فروافت زمانی پالس‌های نوترون و گاما در سوسوزن NE-213 ..... ۹۲
شکل(۳-۲۳): پالس سیگنال حاصل از نوترون و گاما در دایِنود آخر در مدار اوئن ۹۳
شکل(۳-۲۴): مدار جداسازی روش اوئن ۹۴
شکل(۳-۲۵): یک نمونه جداسازی نوترون-گاما به روش اوئن ۹۴

شکل(۳-۲۶): برتری جداسازی روش گذر از صفر نسبت به مقایسه بار توسط Wolski ۹۵
شکل(۳-۲۷): روش‌های تعیین نقاط خاص روی توزیع کمپتون چشمه ^{137}Cs ۹۷
شکل(۳-۲۸): تعیین ماکزیمم پس‌زنی در پیوستار کمپتون ۹۷
شکل(۳-۲۹): توزیع ارتفاع پالس جهت کالیبراسیون توسط چشمه ^{137}Cs ۹۸
شکل(۳-۳۰): طریقه محاسبه FOM ۹۸
شکل(۳-۳۱): طریقه محاسبه P/V ۹۹

فصل چهارم

شکل(۴-۱): لامپ تکثیرکننده فوتونی مدل XP4312 واجزاء تشکیل دهنده آن ۱۰۲
شکل(۴-۲): ابعاد pmt مدل XP4312 ..... ۱۰۲
شکل(۴-۳): نمودار حساسیت فوتوکاتد PMT مدل XP4312 برحسب طول موج ۱۰۴
شکل(۴-۴): نمودار بهره‌ی برخی انواع PMT ساخت شرکت فوتونیس برحسب ولتاژ اعمال شده ۱۰۴
شکل(۴-۵): انواع اتصال مقسم ولتاژ به PMT؛ a: پلاریته مثبت؛ b: پلاریته منفی ۱۰۶
شکل(۴-۶)a: توزیع ولتاژ نوعA ۱۰۷
شکل(۴-۶)b: توزیع ولتاژ نوعB ۱۰۷
شکل(۴-۶)c: توزیع ولتاژ نوعC ۱۰۸
شکل(۴-۷): نمایی از محیط کار نرم افزار ORCAD ۱۰۹
شکل(۴-۸): شبیه‌سازی مدار مقسم ولتاژ با استفاده از نرم افزار ORCAD ۱۰۹
شکل(۴-۹) a.شبیه‌سازی جریان آند ۱۱۰
شکل(۴-۹) b. شبیه‌سازی ولتاژ آند ۱۱۰
شکل(۴-۹) c. شبیه‌سازی ولتاژ بین D6 و D7 ..... ۱۱۰
شکل(۴-۹)d. شبیه‌سازی ولتاژ بین D10 و D9 ..... ۱۱۰
شکل(۴-۱۰): آنالیز پالس ولتاژ روی دایِنود آخر ۱۱۲

شکل(۴-۱۱): مدار مقسم ولتاژ اوئن طراحی شده ۱۱۴

شکل(۴-۱۲): فرم اتصالات مدار تقسیم کننده ولتاژ..... ۱۱۴

شکل(۴-۱۳): قسمتی از چیدمان سیستمهای الکترونیکی بکار رفته ۱۱۶

شکل(۴-۱۴):آشکارساز مونتاژ شده برای جداسازی به روش اوئن بهمراه چشمه رادیواکتیو..... ۱۱۷

شکل(۴-۱۵): دیاگرام جداسازی نوترون-گاما به روش اوئن..... ۱۱۸

شکل(۴-۱۶):آشکارسازی گامای حاصل از چشمه‌ی ^{22}Na ۱۱۹

شکل (۴-۱۷): نتایج جداسازی نوترون-گاما توسط مقسم ولتاژ Owen ساخته شده برای PMT مدلXP4312 ..... ۱۱۹

فصل پنجم

شکل(۵-۱): جداسازی نوترون-گامای حاصل از آشکارساز IAP-2332 با مقسم ولتاژ IAP-2025Wa..... ۱۲۳

فصل اول:

چشمه‌های نوترون