بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامي
واحد تهران مرکزی
دانشکده علوم پایه ، گروه فیزیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسي ارشد
(M.Sc)

گرایش : حالت جامد

عنوان:
شبیه سازی نانو تکثیر کننده های الکترون گازی (NGEM) ساخته شده با کمک آندایز آلومینیم

استاد راهنما :
دکتر شهیار سرآمد

استاد مشاور :
دکتر مهدی خاکیان قمی

پژوهشگر :
مهدی یعقوبی

تابستان ۱۳۹۱

تقدیم به :

پدر و مادر و همسر عزیزتر از جانم

تشکر و قدر دانی

در به انجام رسیدن این پروژه اساتید گرانقدری مرا یاری نموده اند که بر خود لازم می دانم از ایشان تشکر نمایم .

از استاد ارجمندم آقای دکتر شهیار سرآمد که پیشرفت و کسب نتایج موفقیت آمیزم را مرهون راهنمایی های ارزنده ایشان می دانم، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

همچنین لازم می دانم از تمامی کسانی که مرا در این پروژه یاری کردند به ویژه جناب آقای دکتر وحید اسماعیلی به واسطه همکاریشان تشکر و قدردانی کنم.

بسمه تعالی

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب مهدی یعقوبی دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک گرایش حالت جامد با شماره دانشجویی ۸۷۰۸۵۱۱۹۶۰۰ اعلام مینمایم که کلیه مطالب مندرج در این پایان نامه

با عنوان : شبیه سازی نانو تکثیر کننده های الکترون گازی (NGEM) ساخته شده با کمک آندایز آلومینیم

حاصل کار پژوهشی خود بوده و چنانچه دستاوردهای پژوهشی دیگران را مورد استفاده قرار داده باشم ، طبق ضوابط و رویه های جاری ، آن را ارجاع داده و در فهرست منابع ذکر نموده ام .

علاوه بر آن تاکید می نمایم که این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح ، پایین تر یا بالاتر ارائه نشده و چنانچه در هر زمان خلاف آن ثابت شود ، بدین وسیله متعهد میشوم ، در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام توسط دانشگاه ، بدون کوچکترین اعتراض آنرا بپذیرم .

تاریخ و امضاء

بسمه تعالی

در تاریخ :

دانشجوی کارشناسی ارشد ، آقای مهدی یعقوبی از پایان نامه خود دفاع نموده و با

نمره بحروف و با درجه

مورد تصویب قرار گرفت .

امضاء استاد راهنما

چکیده به منظور چاپ در پژوهشنامه دانشگاه

آشکار ساز تکثیر کننده گازی الکترونGEM از یک فویل متخلخل عایق از جنس کاپتون با چگالی بالا با آرایش هندسی منظم به ضخامت ۵۰ میکرومتراست که برروی آن لایه نازکی ازمس لایه نشانی می شود. با اعمال پتانسیل متفاوت بین دو سر فویل میدان الکتریکی در داخل حفره ها به وجود آمده وباعث می شود هر حفره به منزله یک تکثیر کننده عمل کند.این آشکار ساز در بسیاری از شاخه ها ازجمله فیزیک هسته ای ،فیزیک انرژی بالا ،تصویربرداری پزشکی و.... کاربرد دارد.

هدف اصلی این پروژه شبیه سازی طبقه تکثیر کننده الکترونی گازی GEM در ابعاد میکرو ونانو یا NGEM به وسیله نرم افزار COMSOL و هم چنین کد بسیار قدرتمند GARFIELD است که به منظور ساخت نانو حفره های این آشکارساز روش آندایزینگ آلومینیوم به عنوان طبقه تکثیر کننده معرفی شده است .

در این پروژه ابتدا هندسه آشکارساز و میدان الکتریکی آن توسط COMSOL شبیه سازی شده و سپس این نتایج وارد نرم افزار گارفیلد میگردد و سپس توسط این نرم افزار با محاسبه ضرایب گاز و با توجه به میدان الکتریکی و قسمت قبل ، سرعت رانشی ، ضریب نفوذ ، ضریب تاون سند الکترون در آشکارساز و همین طور بهره آن شبیه سازی و محاسبه می شود.

برای آشکار ساز گازی میکرو چند نوع گاز مختلف مورد بررسی قرارگرفته و از بین آنها ترکیب آرگون و دی اکسید کربن به نسبت ۷۰٪-۳۰٪ و آرگون خالص به جهت رفتار بهینه اش در شبیه سازی ، انتخاب شده است.

برای نانو آشکارساز نیزبا بهینه سازی هندسه با کمک شبیه سازی ، ضخامت نانو حفره ۱ میکرومتر و قطرآن ۳۰۰ نانومتر بدست آمد.

این آشکار ساز گازی نانودیگر نیازی به ولتاژ بالانداشته و با اعمال ولتاژ بسیار پایین می توان به بهره مناسب دست یافت .از خصوصیات این آشکارسازمی توان به قابل حمل بودن و قیمت ارزان آن اشاره نمودعلاوه بر آنکه امکان ساخت آن در داخل کشور میسر است .اگرچه بهره آشکار ساز

گازی نانو نسبت به نوع میکروآن کمتر می باشد اما برای جبران آن و رسیدن به بهره های بالاتر می توان از تعداد طبقات دوگانه یا سه گانه استفاده نمود .

نکته قابل ذکر دیگرآنکه شبیه سازی آشکار ساز گازی نانو برای اولین بار در جهان و در کشور صورت گرفته و تا کنون چنین شبیه سازی در مقیاس نانو انجام نشده است.

همچنین نرم افزار قدرتمند گارفیلد نیز برای اولین بار در کشور استفاده شده است که می تواند راهگشای بسیاری از پژوهشگران درزمینه شبیه سازی آشکار سازهای گازی باشد.

فهرست مطالب

فهرست شکل ها..... ه

فهرست جدول ها..... ط

چکیده..... ۱

فصل اول

۱-۱آشکار سازهای گازی..... ٤

۱-۱-۱ رابطه بین ولتاژ و بار جمع‌آوری شده..... ٦

۱-۲ آشکار ساز های تناسبی..... ۸

۱-۳ آشکار ساز تناسبی نانو..... ۹

۱-٤ آشکار ساز تکثیر کننده گازی الکترون..... ۹

۱-۵ روش آندایزینگ برای ساخت آشکارسازهای نانو..... ۱۰

۱-٦ استفاده از فیلم آلومینای متخلخل آندی به منظور ساخت آشکار ساز تناسبی نانو ۱۱

فصل دوم

۲-۱ انواع مختلف شمارنده‌های گازی..... ۱۵

۲-۲ اتاقک‌های یونش..... ۱۸

۲-۲-۱ شکل‌گیری تپ در یک اتاقک یونش..... ۱۸

۲-۳ اتاقک‌های یونش جریانی..... ۲۲

۲-٤ شمارنده‌های تناسبی..... ۲۷

۲-٤-۱ تکثیر در شمارنده‌های گازی تناسبی..... ۲۷

۲-۵ تکثیر کننده الکترونی گازی..... ۳۱

۲-۵-۱ اصول عملکرد GEM ۳۳
۲-۵-۲ پارامتر های مورد بررسی در تکثیر کننده الکترون گازی ۳۵
۲-۵-۳ هندسه های مختلف GEM ۳۹
۲-۵-٤ کاربرد های تکثیر کننده الکترون گازی GEM ٤۰
۲-۵-۵ دیگر خصوصیات تکثیر کننده گازی الکترون ٤۲
۲-٦ روش آندایزینگ آلومینیوم به منظور ساخت آشکار ساز گازی نانو ٤۵
۲-۷ آشنایی با فیلم آلومینای متخلخل آندی ٤۷
۲-۷-۱ آندایزینگ آلومینیم و ساختار آلومینای متخلخل آندی ٤۸
۲-۷-۲ ساختار کلی آلومینای متخلخل آندی ٤۹
۲-۷-۲-۱ قطر حفره در روش آندایزینگ آلومینیم ۵۰
۲-۷-۲-۲ فاصله بین حفره‌ای در روش آندایزینگ آلومینیم ۵۳
۲-۷-۳ ضخامت لایه اکسیدی- آندی در روش آندایزینگ آلومینیم ۵۵
۲-۷-٤ نمودارهای جریان/ ولتاژ- زمان آندایزینگ ۵٦
۲-۷-۵ شکل‌گیری حفره‌ها و رشد آلومینای متخلخل ٦۲
۲-۷-۵-۱آندایزینگ آلومینیم خودسازمان یافته ٦۲

فصل سوم

روش تحقیق ٦۵
۳-۱ نرم افزار COMSOL Multiphysics ٦۷
۳-۱-۱ مقدمه ٦۷
۳-۱-۲ تاریخچه COMSOL ٦۷
۳-۱-۳ محیط نرم افزار COMSOL Multiphysics ٦۸
۳-۱-٤ انتخاب مدل مساله در MODEL Navigator ٦۹

۳-۱-۵ ترسیم هندسه مساله (DROW Mode) ٦۹
۳-۱-٦ اعمال معادلات و شرایط مرزی ۷۰
۳-۱-۷ مش بندی ۷۱
۳-۱- ۸ حل مساله :(SOLVE Mode) ۷۲
۳-۱-۹ پس پردازش (POST Precessing) ۷۲
۳-۲بدست آوردن میدان الکتریکی به کمک نرم افزارCOMSOL Multiphysics ۷۲
۳-۳ طریقه شبیه سازی آشکار ساز گازی به وسیله نرم افزار گارفیلد ۷۵
۳-٤ مواد، تجهیزات و روش کلی انجام آزمایش‌ها ۹۲
۳-٤-۱نمونه‌ها ۹۲
۳-٤-۲شستشو تمیزکاری ۹۲
۳-٤-۳ فرآیند الکترو پولیش ۹۳
۳-٤-٤فرآیند آندایزینگ مرحله اول ۹۳
۳-٤-۵ فرایند زدودن اکسید آندی اولیه ۹۳
۳-٤-٦ فرایند آندایزینگ مرحله دوم ۹٤
۳-٤-۷عملیات آماده سازی برای بررسی تصاویر SEM ۹٤

فصل چهارم

٤-۱ نتایج شبیه سازی میدان الکتریکی با COMSOL Multiphysics ۹۸
٤-۲ نتایج محاسبه ضرایب گاز با استفاده از گارفیلد ۱۰٦
٤-۲-۱ نتایج بررسی ترکیب آرگون – ایزوبوتان ۱۰٦
٤-۲-۲ نتایج بررسی ترکیب آرگون خالص ۱۰۸
٤-۲-۳ نتایج بررسی ترکیب دی اکسید کربن خالص ۱۰۹
٤-۲-٤ نتایج بررسی ترکیب آرگون ۹۰٪ - دی اکسید کربن ۱۰٪ ۱۱۰

٤-٢-٥ نتایج بررسی ترکیب آرگون ٨٠٪ - دی اکسید کربن ٢٠٪ ١١٢
٤-٢-٦ نتایج بررسی ترکیب آرگون ٧٠٪ - دی اکسید کربن ٣٠٪..... ١١٣
٤-٢-٧ نتایج مربوط به شبیه سازی میدان الکتریکی ورانش الکترون در آشکار ساز گازی..... ١١٥
٤-٣ محاسبه بهره و رسم نمودار آن برای دو گاز مختلف ١١٧
٤-٤ برآورد زمانی از زمان گذار الکترون از حفره و همچنین زمان گذار الکترون تا آند ١١٩
٤-٥ نتایج بررسی گازو محاسبه و شبیه سازی آن و به دست آوردن بهره..... ١٢٠
٤-٦ نتایج مربوط به معرفی ساخت آشکار ساز با روش آندایزینگ..... ١٢٦

فصل پنجم

جمع بندی..... ١٢٧

فصل ششم

پیشنهادات..... ١٢٩
پیوست ها و ضمائم..... ١٣١
منابع..... ١٣٩
چکیده انگلیسی ١٤١

فهرست شکل ها

شکل (۱-۱)..... ٤
شکل (۱-۲)..... ٦
شکل (۱-۳)..... ٦
شکل (۱-٤)..... ۸
شکل (۲-۱)..... ۱٦
شکل (۲-۲)..... ۱۸
شکل (۲-۳)..... ۲۰
شکل (۲-٤)..... ۲۱
شکل (۲-٥)..... ۲۳
شکل (۲-٦)..... ۲۳
شکل (۲-۷)..... ۲٤
شکل (۲-۸)..... ۲٥
شکل (۲-۹)..... ۲٦
شکل (۲-۱۰)..... ۲۷
شکل (۲-۱۱)..... ۲۹
شکل (۲-۱۲)..... ۳۰
شکل (۲-۱۳)..... ۳۲
شکل (۲-۱٤)..... ۳٤
شکل (۲-۱٥)..... ۳٤
شکل (۲-۱٦)..... ۳٦
شکل (۲-۱۷)..... ۳٦
شکل (۲-۱۸)..... ۳۷

شكل (٢-١٩) ٣٨
شكل (٢-٢٠) ٣٩
شكل (٢-٢١) ٤٠
شكل (٢-٢٢) ٤١
شكل (٢-٢٣) ٤٢
شكل (٢-٢٤) ٤٢
شكل (٢-٢٥) ٤٣
شكل (٢-٢٦) ٤٣
شكل (٢-٢٧) ٤٤
شكل (٢-٢٨) ٤٥
شكل (٢-٢٩) ٤٩
شكل (٢-٣٠) ٥٧
شكل (٢-٣١) ٥٨
شكل (٣-١) ٦٩
شكل (٣-٢) ٧٠
شكل (٣-٣) ٧١
شكل (٣-٤) ٧١
شكل (٣-٥) ٧٢
شكل (٣-٦) ٧٣
شكل (٤-١) ٩٩
شكل (٤-٢) ٩٩
شكل (٤-٣) ١٠٠
شكل (٤-٤) ١٠٠

شكل (٤-٥)..... ١٠١
شكل (٤-٦)..... ١٠١
شكل (٤-٧)..... ١٠٢
شكل (٤-٨)..... ١٠٣
شكل (٤-٩)..... ١٠٣
شكل (٤-١٠)..... ١٠٤
شكل (٤-١١)..... ١٠٥
شكل (٤-١٢)..... ١٠٥
شكل (٤-١٣)..... ١٠٦
شكل (٤-١٤)..... ١٠٧
شكل (٤-١٥)..... ١٠٧
شكل (٤-١٦)..... ١٠٨
شكل (٤-١٧)..... ١٠٨
شكل (٤-١٨)..... ١٠٩
شكل (٤-١٩)..... ١٠٩
شكل (٤-٢٠)..... ١١٠
شكل (٤-٢١)..... ١١٠
شكل (٤-٢٢)..... ١١١
شكل (٤-٢٣)..... ١١١
شكل (٤-٢٤)..... ١١٢
شكل (٤-٢٥)..... ١١٢
شكل (٤-٢٦)..... ١١٣
شكل (٤-٢٧)..... ١١٣

شكل (٤-٢٨) ١١٤
شكل (٤-٢٩) ١١٤
شكل (٤-٣٠) ١١٥
شكل (٤-٣١) ١١٥
شكل (٤-٣٢) ١١٦
شكل (٤-٣٣) ١١٦
شكل (٤-٣٤) ١١٧
شكل (٤-٣٥) ١١٨
شكل (٤-٣٦) ١١٨
شكل (٤-٣٧) ١١٩
شكل (٤-٣٨) ١٢٠
شكل (٤-٣٩) ١٢٠
شكل (٤-٤٠) ١٢١
شكل (٤-٤١) ١٢١
شكل (٤-٤٢) ١٢٢
شكل (٤-٤٣) ١٢٢
شكل (٤-٤٤) ١٢٣
شكل (٤-٤٥) ١٢٣
شكل (٤-٤٦) ١٢٤
شكل (٤-٤٧) ١٢٤
شكل (٤-٤٨) ١٢٥
شكل (٤-٤٩) ١٢٥

فهرست جدول ها

جدول (٢-١)..... ٢٤
جدول (٢-٢)..... ٥٣
جدول (٢-٣)..... ٥٥
جدول (٢-٤)..... ٦٠
جدول (٤-١)..... ١٣٣
جدول (٤-٢)..... ١٣٤
جدول (٤-٣)..... ١٣٥
جدول (٤-٤)..... ١٣٦
جدول (٤-٥)..... ١٣٧
جدول (٤-٦)..... ١٣٨

خلاصه

آشکار ساز تکثیر کننده گازی الکترون GEM[1] از یک فویل متخلخل عایق از جنس کاپتون با چگالی بالا با آرایش هندسی منظم به ضخامت ۵۰ میکرومتراست که برروی آن لایه نازکی ازمس لایه نشانی می شود. با اعمال پتانسیل متفاوت بین دو سر فویل میدان الکتریکی در داخل حفره ها به وجود آمده و باعث می شود هر حفره به منزله یک تکثیر کننده عمل کند.این آشکار ساز در بسیاری از شاخه ها ازجمله فیزیک هسته ای فیزیک انرژی بالا ،تصویربرداری پزشکی و.... کاربرد دارد.

هدف اصلی این پروژه شبیه سازی طبقه تکثیر کننده الکترونی گازی GEM در ابعاد میکرو ونانو یا NGEM به وسیله نرم افزار COMSOL و هم چنین کد بسیار قدرتمند GARFIELD است برای ساخت نانو حفره های این آشکارساز به عنوان طبقه تکثیر کننده روش آندایزینگ آلومینیوم معرفی شده است .

در این پروژه ابتدا هندسه آشکارساز و میدان الکتریکی آن توسط COMSOL شبیه سازی شده و سپس این نتایج وارد نرم افزار گارفیلد می گردد و سپس توسط این نرم افزار با محاسبه ضرایب گاز و با توجه به میدان الکتریکی و قسمت قبل ، سرعت رانشی ، ضریب نفوذ ، ضریب تاون سند الکترون در آشکارساز و همین طور بهره آن شبیه سازی و محاسبه می شود.

برای آشکار ساز گازی میکرو چند نوع گاز مختلف مورد بررسی قرارگرفته و از بین آنها ترکیب آرگون و دی اکسید کربن به نسبت ۷۰٪-۳۰٪ و آرگون خالص به جهت رفتار بهینه اش در شبیه سازی ، انتخاب شده است.

برای نانو آشکارساز نیزبا بهینه سازی هندسه با کمک شبیه سازی ، ضخامت نانو حفره ۱ میکرومتر و قطرآن ۳۰۰ نانومتر بدست آمد.

آشکار ساز گازی نانو ارائه شده دیگر نیازی به ولتاژ بالانداشته و با ولتاژ بسیار پایین نیز می توان به بهره مناسب دست یافت.از خصوصیات این آشکارسازمی توان به قابل حمل بودن و قیمت ارزان آن اشاره نمودعلاوه بر آنکه امکان ساخت آن در داخل کشور میسر است.اگرچه بهره آشکار ساز گازی

1 Gas Electron Multiplier

نانو نسبت به نوع میکروآن کمتر می باشد اما برای جبران آن و رسیدن به بهره های بالاتر می توان از تعداد طبقات دوگانه یا سه گانه استفاده نمود .

نکته قابل ذکر دیگرآنکه شبیه سازی آشکار ساز گازی نانو برای اولین بار در جهان و در کشور صورت گرفته و تا کنون چنین شبیه سازی در مقیاس نانو انجام نشده است.

همچنین نرم افزار قدرتمند گارفیلد نیز برای اولین بار در کشور استفاده شده است که می تواند راهگشای بسیاری از پژوهشگران درزمینه شبیه سازی آشکار سازهای گازی باشد.

فصل اول

مقدمه