ساخت دستگاه اندازه گیری نحوه توزیع الکترون در باریکه شتابدهنده رودترون

علی محمد پورصالح[1]

سازمان انرژی اتمی ایران(مرکزتحقیقات وکاربرد پرتو فرآیند یزد)

چکیده:

برای اندازه گیری توزیع بارو نحوه پخش شدن ذره باردار الکترون در سطح مقطع باریکه های الکترون تولیدی در شتابدهنده رودترون مر کز پرتو فرآیند یزد اقدام به طراحی وساخت یک دستگاه جدید بر اساس اندازه گیری جریان الکتریکی جاری شده دریک سیم مسی در مقابل باریکه الکترون ناشی از میزان بار الکتریکی یا تعداد الکترونهای موجوددرباریکه الکترون نمودیم در این دستگاه سیم مسی بوسیله یک استپ موتورو مدارات کنترل کامپیوتری با فواصل زمانی معین کل سطح مقطع بیم الکترون را جاروب میکند تا تراکم ذره الکترون را درنقاط مختلف از سطح مقطع بیم بصورت نموداری مشخص کند بطوری که نتایج آن بسیار موفقیت آمیز بوده یکی از فوائد این دستگاه مقاومت در مقابل دز در یافتی بسیار زیاد است از ویژگی های آن سرعت و سهولت استفاده وقابلیت اندازه گیری و مقایسه درحداقل وحداکثرانرژی وجریان بیم الکترون ناشی ازشتابدهنده رودترون است

واژه های کلیدی: باریکه الکترون(بیم الکترون)- شتابدهنده رودترون –استپ موتور(موتور پله ای)

مقدمه:

طبق تعریف جریان الکتریکی عبارت است از عبور بار الکتریکی از یک سطح نسبت به زمان که بصورت رابطه (۱)بیان می شود

$$i = \frac{q}{t}, q = ne \Rightarrow i = \frac{ne}{t} \quad \text{رابطه (۱).....}$$

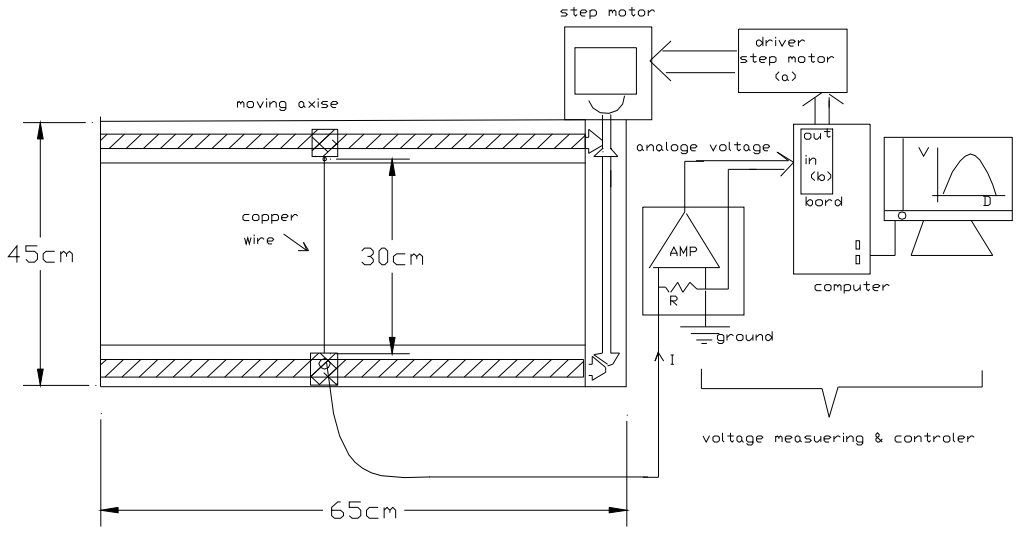
باتوجه به رابطه(1) ما با در دست داشتن جریان باریکه ذرات باردار وداشتن بار ذره الکترون($e = 1.6\times10^{-19} c$)میتوانیم تعداد الکترون ساطع شده دربباریکه را در واحد زمان بدست آوریم مثلا" شتابدهنده الکترون در مرکز پرتوفرآیند یزد قادربه تولید پرتوهای الکترون باانرژی 10Mevو توان حداکثر100KW می باشد این توان مبین این است که شتابدهنده رودترون باریکه الکترون با حداکثر انرژی ۱۰ MeV وجریانی بین صفرتا۱۰ MA تولید میکند جریان باریکه طبق رابطه (1) تعیین کننده تعداد ذره باردار در باریکه است. حال اگر یک سیم مسی که یک سر آن آزادبوده را به پراب یک آمپر متر جریان مستقیم وصل نمائیم همچنین پراب دیگر آمپر متر را به زمین(ارت) بعنوان نقطه مرجع وصل نمائیم و آنرا در معرض باریکه الکترون قرار دهیم مشاهده می شوددر ابتدابدلیل خنثی بودن بارهای مثبت ومنفی در سیم آمپر مترجریان الکتریکی صفر را نشان میدهد ولی هنگامی که باریکه الکترون به سیم برخورد میکند بسته به جریان بیم آمپرمترجریان الکتریکی متناظر با آن را نشان میدهد لذا در صورتی که جریان بیم افزایش یابد میزان جریان الکتریکی در سیم نیز بیشتر می شود حال اگر این سیم را توسط دستگاهی بطور منظم وبا فواصل زمانی مشخص در سطح مقطع بیم جابجا کنیم و جریان های الکتریکی مختلف متناظر با آن را با

[1] سازمان انرژي اتمي-مركز تحقيقات وكاربرد پرتو فرآيند يزد-صندوق پستي۳۸۹-۸۹۱۷۵يزد-

کامپیوتر نمونه گیری ونمودارهای آنرا رسم کنیم میتوان به چگونگی توزیع وشارذرات بار دار در نقاط مختلف ازسطح مقطع باریکه ذرات بار دار پی برد

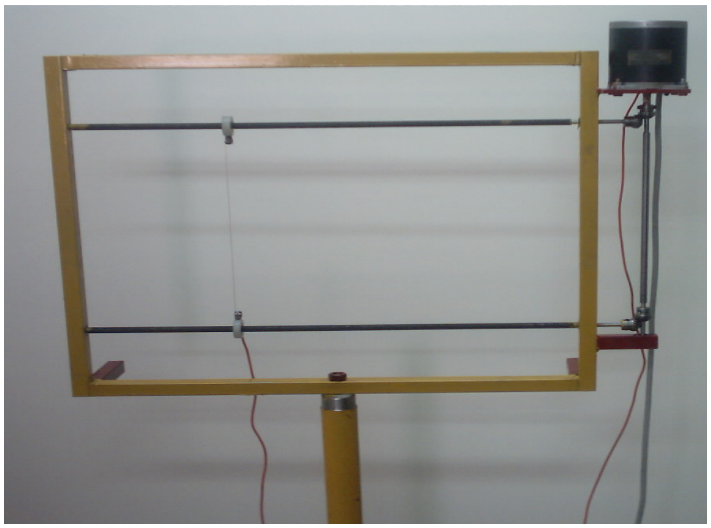
روش کار:

برای آگاهی از نحوه توزیع و چگالی ذرات باردارالکترون در کلیه نقاط از سطح مقطع باریکه الکترون لازم بود تا دستگاهی طراحی نموده وبسازیم که جوابگوی نیاز طرح باشد در این طرح با توجه به اینکه که سطح یک هادی الکتریکی مانند یک سیم مسی در معرض بمباران ذرات باردار ناشی از بیم است و ما می بایست جریان الکتریکی جاری شده ناشی ازتبادل و موازنه بار الکتریکی بین سطح سیم و زمین که بعنوان نقطه مرجع است را اندازه گیری کنیم هرچندمی توان اینکاررا بصورت دستی با یک آمپر متر حساس و دقیق انجام داد که در جای خود نیز قابل استفاده و مفید خواهد بودولی بدلیل اینکه اولا" مقدار جریان قابل اندازه گیری کوچک است وثانیا" ما باید در فا صله دورتر از محل بیم که قسمت اصلی دستگاه قرار دارد به کاراندازه گیری و ثبت اطلا عات توسط کامپیوتر بپردازیم برای سهولت اندازه گیری از یک مبدل جریان الکتریکی به ولتاژ الکتریکی که یک مقاومت الکتریکی یک مگا اهم است استفاده می کنیم تا طبق رابطه (۲) V=RIکه به قانون اهم معروف است با عبور جریان الکتریکی از مقاومت در دو سر مقاومت ولتاژی متناظر باحاصلضرب جریان در مقاومت حاصل شود در ضمن برای مواقعی که جریان بیم خیلی ضعیف است می توانیم از یک تقویت کننده استفاده کنیم همچنین در این دستگاه می بایست سیم مسی در مقابل بیم الکترون دارای حرکتی منظم وحساب شده باشد تا میزان جریان الکتریکی بین سیم مسی زیر بیم با زمین که ناشی از بار الکترونهای برخوردی به سیم است در نقاط مختلف از سطح مقطع بیم اندازه گیری شودتا به حضورالکترون و هم چنین میزان چگالی وتراکم جمعیتی الکترون پی ببریم در شکل (۱) طرح کلی دستگاه را مشاهده می کنید



شکل (1) طرح کلی دستگاه ساخته شده برای اندازه گیری توزیع بار الکتریکی باریکه الکترون

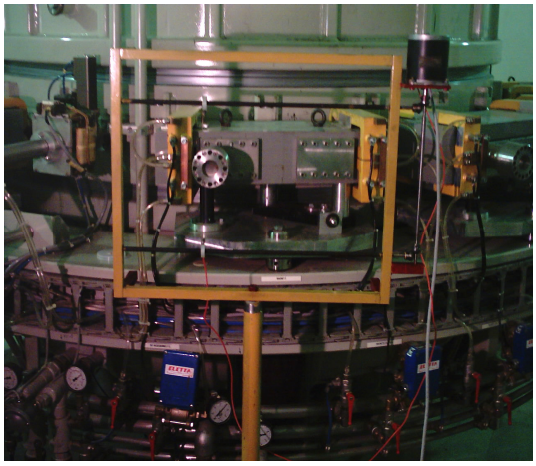
دستگاه مطابق شکل (۱)متشکل از یک قاب فلزی وشافت ومحور رزوه شده جهت انتقال توان حرکتی و جابجائی سیم مسی است قاب فلزی به طول ۶۵ وعرض ۴۵ سانتیمتر است.سیم مسی با سطح مقطع $0.5mm^2$ متصل به یک فیبر فشرده عایق بندی شده از محور است سیم مسی توسط دو بالشتک کاملا" کشیده شده است در انتهای قاب یک استپ موتورنصب است که حرکت آرام پله ای سیم مسی را ممکن می سازد میزان چرخش در هر پله استپ موتورمورد استفاده ۱/۸ درجه در هر پله است. حرکت پله ای استپ موتور با اعمال به نوبت پالسهای الکتریکی به فازها استپ موتور صورت می گیرد . استپ موتور به یک مدارراه انداز الکترونیکی متصل است در این مدار راه انداز از یک مدار راه انداز موتورهای پله ای استفاده گردیده است . موتور پله ای مورد استفاده در این پروژه دارای چهار فاز بوده و برای یک دور چرخش کامل نیازمند ۲۰۰ پالس می باشد ($1.8^\circ \times 200 = 360^\circ$). بااعمال پالسهای الکتریکی به درایورمیتوان موقعیت موتور را تعریف کرده و آن را کنترل کند .در شکل(۲)قسمت اصلی دستگاه ساخته شده شامل قاب فلزی با قسمت متحرک واستپ موتورو سیم مسی را مشاهده می نمائید.



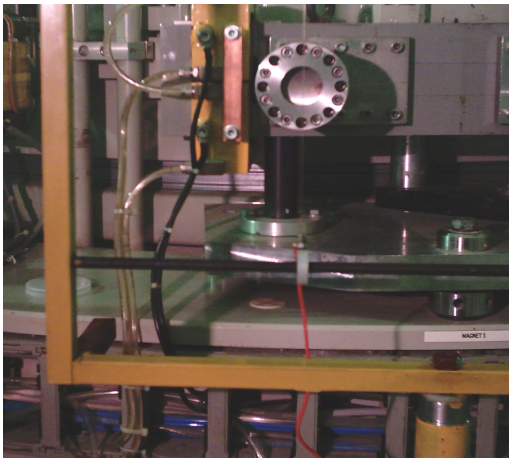
شکل (۲)قسمت اصلی دستگاه ساخته شده

برد درایور استپ موتور شامل چهار تریستور بوده که به فازهای استپ موتور وصل است و این تریستور ها برای تحریک فازهای استپ موتور می بایست پالسهای الکتریکی منظمی را دریافت کنند تا استپ موتور متناسب با این پا لسها حرکت کند با افزایش یا کاهش فرکانس این پالسها سرعت استپ موتور نیز افزایش یا کاهش می یابد و با قطع ارسال پالس استپ موتور سریعا" متوقف می شود ارسال این پالسها به درایور استپ موتور از طریق یک برد الکترونیکی که در داخل کامپیوتر نصب می گردد انجام می شود این برد یک برد (I/O)کامپیوتری یا در واقع یک برد مبدل آنالوگ به دیجیتال وبالعکس است این برد دارای چهار ورودی و خروجی آنالوگ و هشت ورودی وخروجی دیجیتال است خروجی های یک تا چهار از پورت دیجیتال

خروجی جهت ارسال پالس به درایور استپ موتوراستفاده می گردد وورودی یک از پورت ورودی آنالوگ جهت قرائت ولتا ژ ارسالی از مبدل که ناشی از جریان الکتریکی حاصله از حرکت سیم مسی مقابل بیم الکترون است مورد استفاده قرار می گیرد این برد از طریق یک نرم افزار وبرنامه کامپیوتری کنترل می شود در این برنامه کامپیوتری که با زبان برنامه نویسی Cنوشته شده است با فرمانهای سخت افزاری در این نرم افزار فرمان مدارات به گونه ای تنظیم شده که در ابتدا ولتاژ ورودی یک آنالوگ خوانده و ذخیره می شودسپس بعداز گذشت زمان قابل تنظیم که در اینجا دو ثانیه در نظر گرفته شده است خروخیهای دیجیتال برد کامپتوی فعال شده تا پالس لازم جهت حرکت استپ موتورو بطبع آن سیم مسی را در فاصله قابل تنظیم مکانی که در نرم افزار دو میلیمترتنظیم گردیده است را ارسال کند پس از این حرکت مجددا" استپ موتور متوقف و کامپیوتربمدت دو ثانیه به اندازه گیری و ثبت ولتا ژ ارسالی از مبدل که ناشی از جریان الکتریکی حاصله از حرکت سیم مسی مقابل بیم الکترون است می پردازدلذا قرائت و ثبت ولتاژ فقط در زمان توقف سیم مسی صورت می گیرد این عملیات مرتبا" تکرار می شود یعنی در هر مرحله سیم مسی دو میلیمتر حرکت میکندو در هر مرحله توقف بمدت دو ثانیه ولتاژ آن اندازه گیری و ثبت میگردد تا کل سطح مقطع بیم طی شوددر این موقع است که ما ولتاژی را در ورودی کامپیوتر قرائت نمی کنیم در شکلهای ۳و۴قسمت اصلی دستگاه اندازه گیری را درفاصله ۲۰سانتی متری مقابل یکی از خروجیهای شتابدهنده رودترون که باریکه الکترونی با انرژی 1MeVرا میتوان از آن خارج کرد نشان می دهد



شکل(۳)دستگاه در کنار یکی از خروجیهای شتابدهنده

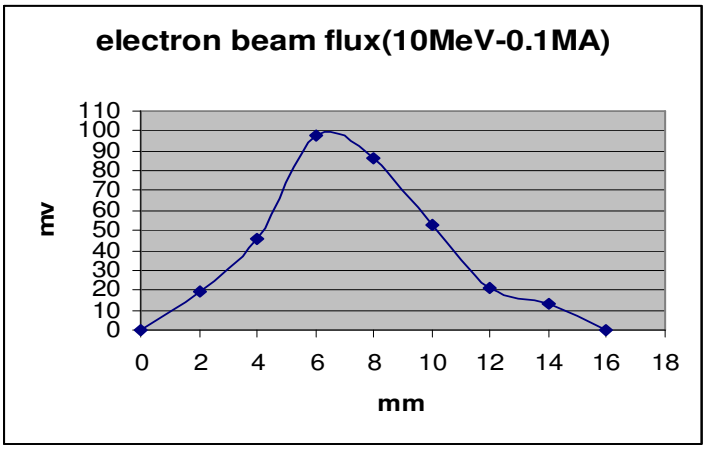


شکل(۴)حرکت سیم مسی دستگاه در مقابل بیم الکترون

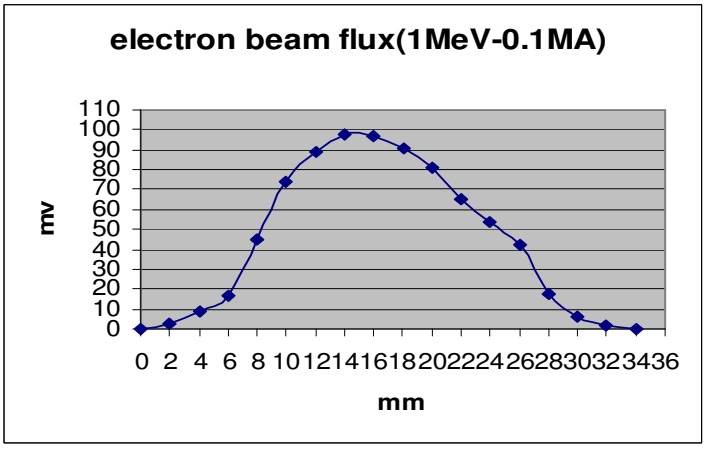
نتایج:

با آنالیز اطلاعات بدست آمده ازکامپیوتر میتوان نمودار قرائت ولتا ژ ارسالی از مبدل که ناشی از جریان الکتریکی حاصله از حرکت سیم مسی مقابل بیم الکترون است وفواصل حرکتی آن در سطح مقطع باریکه با انرژی وجریانهای مختلف از بیم الکترون را رسم کرد

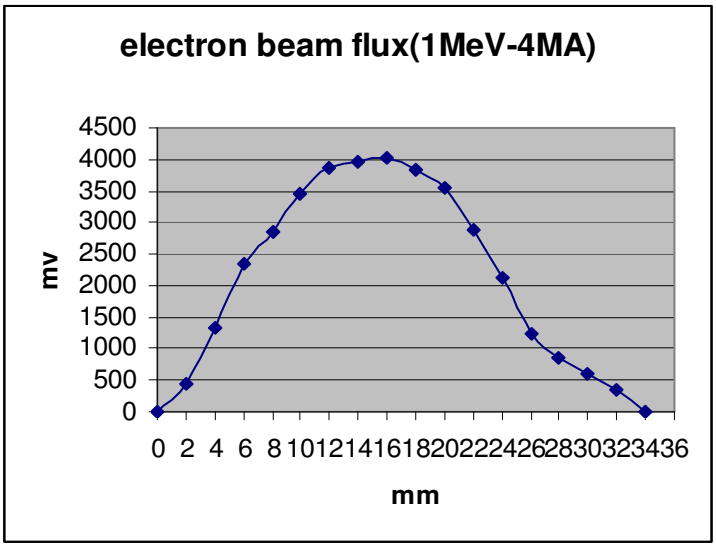
دراینجا تنها چند نمونه از نمودارهای بدست آمده که در تمامی انداره گیریها دستگاه اندازه گیری درفاصله ۲۰ سانتی متری از خروجی بیم بوده و محور افقی آن بر اساس فواصل معین حرکتی در مجاورت سطح مقطع بیم الکترون بر حسب میلی متر و محورعمودی آن بر اساس ولتاژ قرائت شده برحسب ولت است را مشاهده میکنید



نمودار (1) توزیع بیم الکترون با انرژی 10 MeV وجریان 0.1 MA



نمودار(2) توزیع بیم الکترون با انرژی 1MeV وجریان0.1MA



نمودار(3) توزیع بیم الکترون با انرژی1MeVوجریان4MA

بطوری که ملاحظه میشود میتوان گفت که بطورتقریبی توزیع الکترون دارای توزیع ماکسول است.و تجمع بار در مرکز سطح مقطع بیم بالاتر از نقاط دیگر است همچنین چنانچه از نمودارها مشاهده میگردد عامل اصلی آشکار سازی پرتو ذرات باردار میزان بار آن پرتو ناشی از جریان بیم است بطوری که متناسب بامیزان افزایش جریان بیم ولتاژ قرائت شده نیز افزایش میابد ولی افزایش انرژی بیم با توجه به نمودارهای ۱و۲ تاثیر گذار نیست همچنین با توجه به این نمودارها مشاهده می شود که منحنی بدست آمده برای بیم الکترون با انرژی 1MeV پهن تر از 10MeVاست این نیتجه مبین این است که هر چه انرژی بیم الکترون افزایش یابد بیم همگراتر خواهد بود

بحث و نتیجه گیری :

آشکاز سازی بیم الکترون در شتابدهنده رودترون تا کنون تنها از طریق فیلمهای دزیمتری ویا استفاده از صفحه لومینسانس بوده ولی در هیچ کدام نمی توان بیم الکترون با جریان بالا را بصورت پویا وزنده آشکار نموده درفیلمهای دزیمتری ما پس از پرتودهی میتوانیم به قرائت فیلم بپردازیم که این روش عموما" جهت دزیمتری پرتودهی کالا بکار می رود همچنین در مورد صفحه لومینسانس نیز که در اثر برخورد بیم الکترون از خود نور مرئی ساطع می کند میتوان جابجائی بیم را مشاهده نمودولی از این وسیله نیز فقط درجریانهای بسیار کم درحدمیکرو آمپر وآن هم درمدت زمان کوتاه میتوان استفاده نمود زیرا به دلیل شکنندگی و ایجاد حرارت بوسیله بیم میشکندو همچنین برای روئت آن نیازمند دوربین هائی هستیم که قادر باشند در محیطهای پرتو زا کار کنند تا بدینوسیله تصویر را به محلی دور از پرتو انتقال داد هر چند این روشها نیز در جای خود مفید فایده است ولی به وضوح نمی توان به نحوه توزیع و تراکم جمعیتی الکترون در نقاط مختلف از سطح

مقطع بیم الکترون پی برد.بوسیله این روش اگر بخواهیم بطور نسبی به وجودیا عدم وجودبیم نیـز پـی ببـریم مثلا اگر هدف فقط شناسایی و تنظیم بیم باشد میتوان به یک ولتاژ قرائت شده اکتفا کرددر این زمینه با اجرای این طرح مشکل عمده شتابدهنده رودترون خصوصا"درتنظیم بیم در خطوط انتقا ل بیم حل گردید. .همچنـین با این روش و جاروب کردن بیم دردو جهت عمودی و افقی میتوان امیتـانس بـیم را مـورد بررسـی وانـداره گیری قرار داد. ازاین دستگاه با در نظر گرفتن پلاریته عکس نسبت بـه الکتـرون میتـوان در مـورد ذره بـاردار پرتون نیز استفاده نمودپس بطور کلی با این روش که درواقع اندازه گیـری میـزان تجمـع بـارالکتریکی پرتـو ذرات بار دار بر یک سیم هادی تحت تابش است میتوان بیم ذرات باردار را از نظـر موقعیـت مکـانی ونحـوه توزیع بیم ذرات باردار در انرژی و جریان بالا بصور ت پویا مورد بررسی قرار داد

سپاسگذاری:

در پایان از رهنمودهای ارزنده استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمد لامعی و همچنین اساتید محتـرم آقایـان دکتر علی پذیرنده ودکتر غضنفر میرجلیلی کمال تشکرو سپاسگذاری را دارم

مرجع:

1-Humphries,jr, standly- (November 2002) charged particle beams.(pege93-132)
Department of electrical and computer engineering.university of new mexico