

طراحی و ساخت اتاقک یونش حلقوی شکل با الکترودهای محافظ گرافیتی

سارا افتخاری^۱، حسین زمانی زینلی^{۲*} و ارژنگ شاهور^۲

^۱ گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

^۲ دزیمتری و مونیتورینگ پرتوها، پژوهشکده تحقیقات کشاورزی پزشکی و صنعتی، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران

* کرج، انتهای بلوار مؤذن، مرکز تحقیقات هسته‌ای، پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی، کد پستی: ۳۱۴۸۶-۴۳۱۱۱

پست الکترونیکی: hzeinali@nrcam.org

چکیده

اتاقک یونش حلقوی شکل با حجم حساس بزرگ که برای اولین بار در پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی در ایران اقدام به ساخت آن شد، اتاقک یونش با گاردینگ و الکترودهای جمع کننده گرافیتی با حجم حساس 200cm^3 می‌باشد و تفاوت آن با نمونه‌های قبلی، شکل حلقوی آن و حفره ای 7cm در وسط آن می‌باشد که اجازه عبور پرتوهای ایکس مستقیم را بدون تضعیف می‌دهد. در نتیجه می‌توان از آن بعنوان مونیتور شاهد برای اندازه‌گیری نوسانات پرتو خروجی لامپ‌های اشعه ایکس برای دزیمتری دقیق و پرتودهی استاندارد در آزمایشگاه‌های استاندارد ثانویه از آن استفاده نمود. قبلا این نمونه با الکترودهای آلومینیومی در IPEN موسسه هسته‌ای برزیل ساخته و آزمایش شده بود، که تفاوتی که ما در نمونه ساخت خود از نمونه ساخته شده آن‌ها داده ایم، این است که ما تمام پوشش داخل اتاقک را از گرافیت کرده ایم و آلومینیوم در آن به کار نبرده ایم. با تغییر الکترودها از آلومینیوم به پوشش گرافیتی بهبود عملکرد این اتاقک یونش را در آزمایش‌های پایداری، تکرارپذیری، خطی بودن، منحنی اشباع، اثر پلاریته و کالیبراسیون نتیجه گرفتیم که با نتایج بین المللی هم خوانی دارد.

کلیدواژگان: اتاقک یونش، اشعه X، الکترو گرافیتی، ضریب کالیبراسیون.

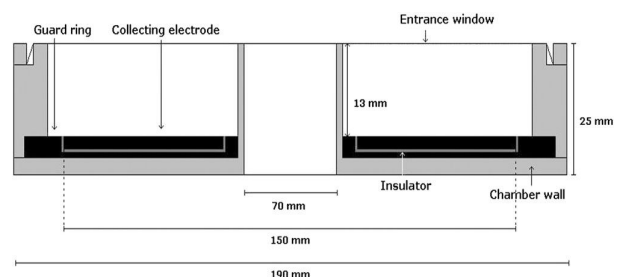
۱. مقدمه

شدت پرتوهای رادیویی در هنگام کالیبراسیون استفاده می‌شوند [۱]. کار ما ساخت اتاقک یونش هوای آزاد ساخته شده در IPEN (مؤسسه هسته‌ای برزیل) با الکترودهای گرافیتی است. ساخت این نوع اتاقک برای اولین بار در کشور صورت می‌گیرد و هدف از ساخت این اتاقک تشخیصی حلقوی شکل با الکترودهای گرافیتی، بالا بردن عملکرد این نوع اتاقک است. این اتاقک یونش صفحه موازی با یک حفره مرکزی می‌باشد که حجم حساس آن 200cm^3 است.

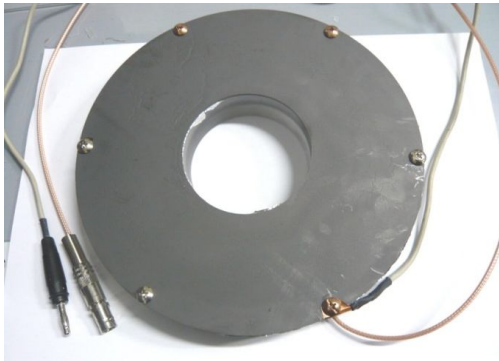
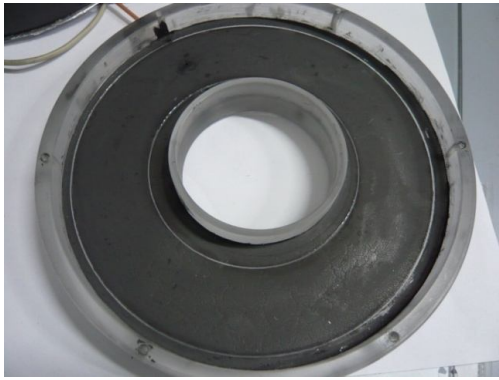
اتاقک‌های یونش، کاربردی‌ترین آشکارسازهای رادیویی هستند. آن‌ها ساده و آسان تهیه می‌شوند و سریع پاسخ می‌دهند و بسته به مواد به کار رفته در آن‌ها، ساختار یا حجمشان، برای هدف‌های مختلفی استفاده می‌شوند. این اتاقک‌های یونش در درمان رادیوتراپی و همچنین در روش‌های رادیولوژی تشخیصی برای اطمینان دادن به پرتودهی درست به بیمار مورد استفاده است که در کولیماتور پرتو X جاسازی می‌شوند. در آزمایشگاه‌های کالیبراسیون، این اتاقک‌ها برای تصحیح هر تغییری در استاندارد

۲.۱. طراحی و مواد ساخت

بدنه و پیکره اصلی این اتاقک از پلکسی گلاس است که به راحتی و با قیمت مناسب یافت می‌شود. الکترودهای آن از جنس گرافیت است که به صورت اسپری گرافیتی رویه آن‌ها را (coating) می‌پوشانیم. برای اتصال الکترودها به دستگاه‌ها از کابل کوکاسیل، فیش موزی (banana) و فیش BNC استفاده می‌کنیم. الکترومتر PTW مدل (UNIDOS E 2670) ساخت آلمان که برای اندازه‌گیری ولتاژ و جریان اتاقک مورد استفاده قرار می‌گیرد. چشمه ^{90}Sr برای آزمایشات تکرارپذیری و پایداری و دستگاه مولد پرتو X در پژوهشکده دزیمتری و مونیتورینگ پرتوهای کرج، که یک دستگاه نوع زیمنس استیسیلیان 300 kv است و برای پرتودهی اتاقک، و دستگاه مولد ^{60}Co در آزمایش خطی بودن مورد استفاده قرار می‌گیرد. طراحی اتاقک یونش حلقوی شکل گرافیتی بر اساس نقشه شماتیک که در شکل (۱) نشان داده شده، صورت گرفته است و اتاقک یونش ساخته شده در شکل (۲) نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل (۲) دیده می‌شود، صفحه رویی اتاقک یونش ساخته شده نیز پوشش گرافیتی دارد، که در جمع‌آوری بارها از سطح الکترودهای گرافیتی نقش به‌سزایی دارد و گارد رینگ‌ها به عمق ۲ میلی‌متر نشان داده شده است.



شکل (۱): نقشه شماتیک اتاقک یونش حلقوی شکل گرافیتی



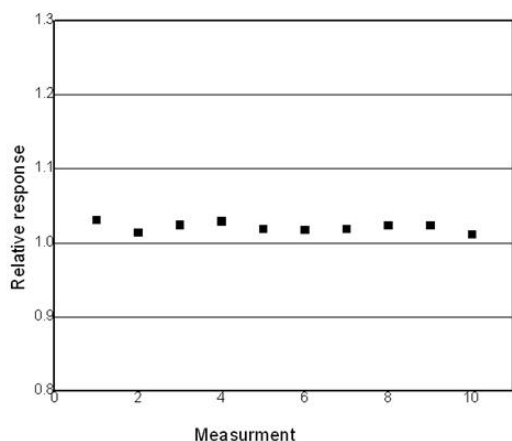
شکل (۲): اتاقک یونش ساخته شده با پوشش گرافیتی

۲. آزمایش‌ها

چندین آزمایش از جمله منحنی اشباع، اثر پلاریته، پاسخ خطی، جریان ناشی، پایداری و تکرارپذیری بر روی اتاقک یونش ساخته شده انجام گرفته که به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود [۲].

۱.۲. آزمایش جریان ناشی

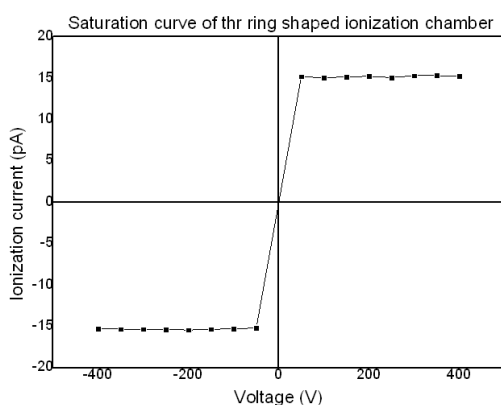
جریان ناشی قبل و بعد از پرتودهی‌ها باید اندازه گرفته شود. بالاترین میزان جریان ناشی باید کمتر از ۱٪ جریان یونش تولید شده توسط حداقل نرخ دز مورد استفاده (26 mGy / min) باشد. حد جریان ناشی پیشنهادی بین المللی ۵٪ از پائین‌ترین میزان کرمای هوا موثرتر می‌باشد. مقاومت اتاقک یونش ساخته شده چون در حین پرتودهی کاهش می‌یابد سبب بروز جریان ناشی می‌شود که این جریان ناشی می‌تواند با جریان اصلی ناشی از یونها و الکترونها جمع شده و منجر به خطا در اندازه‌گیری شود. در صورتیکه مقدار جریان ناشی بعد از قطع پرتودهی در مدت زمان کوتاهی به کمتر از ۱٪ جریان اصلی برسد می‌توان از آن صرف‌نظر کرد. ^{90}Sr را روی اتاقک قرار می‌دهیم و صبر می‌کنیم



شکل (۳): نمودار پاسخ نسبی آزمایش پایداری برای اتاقک یونش ساخته شده

۳.۲. آزمایش منحنی اشباع

آزمایش منحنی اشباع برای این انجام می‌شود تا بهینه‌ترین ولتاژ کاری مناسب را برای اتاقک یونش تعیین کند. با دادن ولتاژهای متفاوت به لوله اشعه X و قرار دادن اتاقک یونش در ۳۰ cm از فاصله محور کانونی اشعه X و اندازه‌گیری بار بر حسب pc و در هر مرحله ۵ بار انجام می‌شود. برای ولتاژهای منفی جای اتصالات مثبت و منفی را تعویض می‌کنیم. این ولتاژهای متفاوت را با استفاده از الکترومتر PTW (۱۵ pA : low current) تنظیم شده اعمال و زمان را نیز ۳۰ s تنظیم می‌کنیم. ولتاژهای اعمال شده در محدوده ۴۰۰ V - تا ۴۰۰ V + می‌باشند (شکل ۴).



شکل (۴): نمودار منحنی اشباع اتاقک یونش ساخته شده

۴.۲. آزمایش پاسخ خطی

برای آزمایش خطی بودن ابتدا فقط اتاقک را با دستگاه ^{60}Co پرتو دهی می‌کنیم تا جریان ناشی به صفر برسد، سپس در فاصله‌های مختلف میزان بار را می‌سنجیم. با استفاده از میانگین

تا میزان بار اندازه‌گیری شده توسط الکترومتر به ۱ nC برسد، هنگامیکه این میزان بار پدیدار شد سریعاً میزان بار و زمان را یادداشت کرده و سپس ^{90}Sr را برمی‌داریم و ۳۰ s صبر می‌کنیم تا تغییری در میزان ناشی بار ایجاد شود. حال با استفاده از بارهای اندازه‌گیری شده میزان جریان ناشی نهایی را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{q_1 - q_2}{t_1 - t_2} \quad (1)$$

$$= \frac{(1.105 \text{ nC} - 1.100 \text{ nC})}{(105 \text{ s} - 1700 \text{ s})} = 0.003135 \text{ (nA)}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان جریان ناشی بسیار پایین و ناچیز است که این نتیجه خوبی برای اتاقک یونش ساخته شده می‌باشد.

۲.۲. آزمایش پایداری و تکرارپذیری

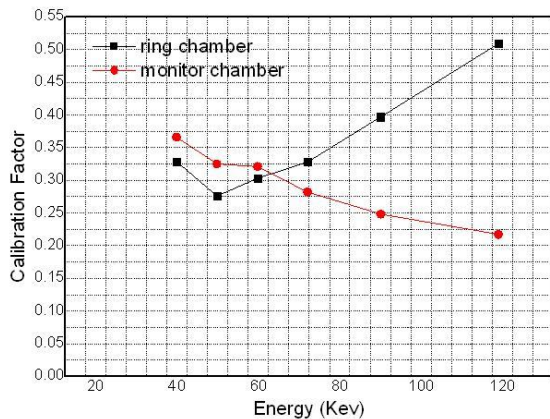
آزمایش تکرارپذیری شامل ۱۰ مرتبه اندازه‌گیری متوالی بار جمع‌آوری شده است. خطای استاندارد این آزمایش نباید بیشتر از ۳٪ متغیر باشد. این آزمایش با استفاده از ^{90}Sr انجام می‌شود و به این ترتیب که ^{90}Sr را روی اتاقک در یک نقطه مشخص گذاشته و در تمامی مراحل ^{90}Sr را در همان نقطه قرار می‌دهیم، ۵ الی ۱۵ دقیقه منتظر می‌مانیم تا اتاقک به حالت پایدار (stable) برسد و میزان بار یکسانی را در هر بار اندازه‌گیری تکرار می‌کند. آزمایش پایداری همان برآورد کردن آزمایش تکرارپذیری در مدت زمان معینی است. ^{90}Sr را روی اتاقک قرار می‌دهیم و سپس هر ۳۰ s میزان بار را یادداشت می‌کنیم و این کار را در هر مرحله ۱۰ بار تکرار می‌کنیم.

سپس با تقسیم بار اندازه‌گیری شده بر مدت زمان سپری شده، میزان جریان ناشی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{q}{t} \quad (2)$$

$$= \frac{0.44 \text{ (pC)}}{1602 \text{ s}} = 0.000275 \text{ (pA)}$$

همان‌طور که در شکل (۳) دیده می‌شود، میزان جریان ناشی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و این در کارایی اتاقک یونش ساخته شده تأثیر به‌سزایی خواهد داشت.



شکل (۶): نمودار مقایسه اتاقک یونش ساخته شده با اتاقک شاهد دستگاه مولد اشعه X (قرمز اتاقک یونش شاهد، مشکی اتاقک یونش ساخته شده)

۳. نتیجه گیری

در این پروژه برای اولین بار در کشور، اتاقک یونشی با الکترودهای گرافیتی ساخت شده است. اتاقک یونش به واسطه نوع طراحی و مواد به کار رفته در آن بسیار کم هزینه و مقرون به صرفه است و می توان بهبود عملکرد آن را نسبت به نمونه قبلی ساخته شده با الکترودهای آلومینیومی در IPEN مؤسسه هسته ای واقع در برزیل با توجه به نتایج حاصل از آزمایش می توان مشاهده کرد. از این اتاقک یونش می توان به عنوان اتاقک یونش شاهد برای دستگاه مولد اشعه X استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

با توجه به اینکه مراحل ساخت و آزمایش های این اتاقک یونش در سازمان انرژی اتمی کرج بخش مونیتورینگ و دزیمتری پرتوها انجام گرفته است، لذا از همه کارکنان گروه تحقیقاتی دزیمتری و مونیتورینگ پرتوها تشکر می شود.

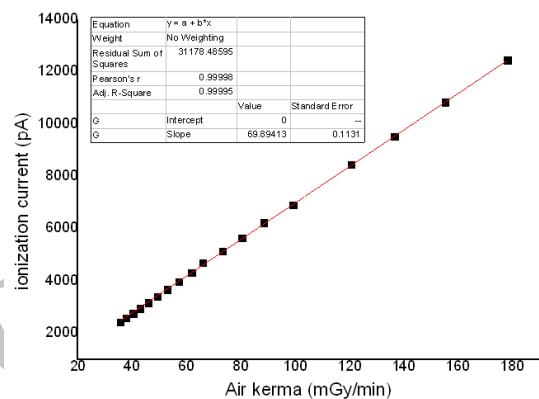
مراجع

- [1] Knoll G.E, Radiation Detection and Measurement, John Wiley and son, Third Edition, 2002, 116,119, 757.
- [2] Yoshizumi, Maria.T, Vivolo, Vitor, Caldas, Linda, Preliminary studies of a new monitor ionization chamber. Institute de pesquisas Energeticas e Nucleares (IPEN), Brazil, 2009, 620-622.
- [3] Yoshizumi, Maria.T., Caldas, Linda, A new ring shaped graphite monitor ionization chamber. Institute de pesquisas Energeticas e Nucleares (IPEN), Brazil. 2009, 207-210.

بارهای هر مرحله، جریان یونش تصحیح شده را در هر مرحله به دست آورده، سپس با استفاده از گرمای هوا برای ^{60}Co و جریان یونش محاسبه شده، ضریب کالیبراسیون اتاقک یونش ساخته شده را به دست می آوریم:

$$N_K = K_{air, ^{60}\text{Co}} I \text{ (nA)} \times K_{TP} \quad (3)$$

که $K_{air, ^{60}\text{Co}}$ گرمای هوا برای ^{60}Co و K_{TP} جریان $I \text{ (nA)}$ یونش تصحیح شده است و مقدار آن با خطای جزئی برابر $(N_K = 69.83 (\pm 0.11) \text{ mGy / nC})$ می باشد. شکل (۵) نشان می دهد که پاسخ اتاقک بر حسب گرمای هوا ^{60}Co به صورت خطی افزایش می یابد.



شکل (۵): پاسخ خطی اتاقک یونش گرافیتی ساخته شده

۵.۲. کالیبراسیون با دستگاه مولد X

کالیبراسیون با استفاده از دستگاه اشعه X نوع زیمنس استیلیپان kv 300 انجام شده است. برای این کار، از دو الکترومتر PTW استفاده می شود، که یکی به اتاقک یونش ساخته شده و دیگری به اتاقک یونش شاهد اشعه X متصل است. با گذاشتن فیلترهای متفاوت در هر مرحله از آزمایش، می توان میزان بار را بر حسب nC خواند. اتاقک یونش ساخته شده را در فاصله 1m از دریچه اشعه قرار دارد. نمودار مقایسه ای اتاقک یونش ساخته شده و اتاقک یونش شاهد دستگاه مولد اشعه X بر حسب ضریب کالیبراسیون و انرژی های مختلف در شکل (۶) نشان داده شده است. چون اتاقک یونش ساخته شده در وسط حفره ای دارد که از تضعیف اشعه X عبوری می کاهد، لذا در انرژی های پایین پاسخ مناسب تری دارد و از یک انرژی به بالا به صورت خطی در می آید. این بهبود عملکرد اتاقک یونش ساخته شده را تأیید می کند، در نتیجه می توان این نتیجه را بیان کرد که اتاقک یونش ساخته شده به عنوان اتاقک یونش شاهد دستگاه مولد اشعه X به خصوص در انرژی های پایین قابل استفاده است.