مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد۱، شمارهٔ ۲، بهار ۱۳۹۲

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: ٤٣١١١- ٣١٤٨٦

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 گاردرینگ و الکترودهای جمع کننده گرافیتی با حجم حساس $۲۰۰cm^3$ می‌باشد و تفاوت آن با نمونه‌های قبلی، شکل حلقوی آن و حفره ای ۷cm 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 درIPEN موسسه هسته ای 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.

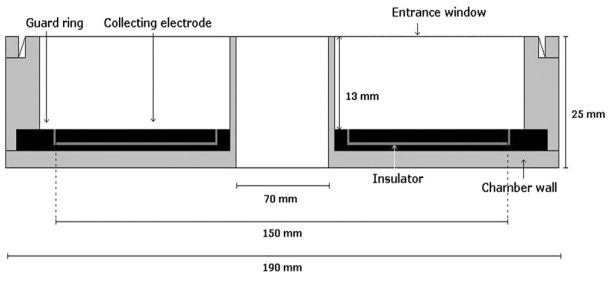
کلیدواژگان: اتاقک یونش، اشعه X، الکترود گرافیتی، ضریب کالیبراسیون.

۱. مقدمه

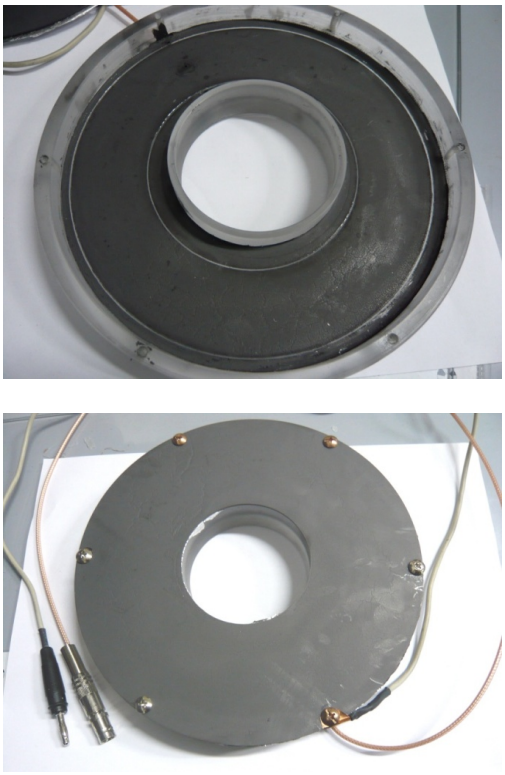
اتاقک‌های یونش، کاربردی‌ترین آشکارسازهای رادیویی هستند. آن‌ها ساده و آسان تهیه می‌شوند و سریع پاسخ می‌دهند و بسته به مواد به کار رفته در آن‌ها، ساختار یا حجمشان، برای هدف‌های مختلفی استفاده می‌شوند. این اتاقک‌های یونش در درمان رادیوتراپی و همچنین در روش‌های رادیولوژی تشخیصی برای اطمینان دادن به پرتودهی درست به بیمار مورد استفاده است که در کولیماتور پرتو X جاسازی می‌شوند. در آزمایشگاه‌های کالیبراسیون، این اتاقک‌ها برای تصحیح هر تغییری در استاندارد 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 $۲۰۰cm^3$ است.

۲.۱. طراحی و مواد ساخت

بدنه و پیکرهٔ 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 کواکسیل، 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 استیبیلیپان ۳۰۰kv 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 نقشهٔ 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، صفحهٔ رویی اتاقک یونش ساخته شده نیز پوشش گرافیتی دارد، که در جمع‌آوری بارها از سطح الکترودهای گرافیتی نقش به‌سزایی دارد و گاردرینگ‌ها به عمق ۲ میلی‌متر نشان داده شده است.



شکل (۱): نقشهٔ 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 نشتی، پایداری و تکرارپذیری بر روی اتاقک یونش ساخته‌شده انجام گرفته که به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود [۲].

۱.۲. آزمایش جریان نشتی

جریان نشتی قبل و بعد از پرتودهی‌ها باید اندازه گرفته شود. بالاترین میزان جریان نشتی باید کمتر از ٪۱ جریان یونش تولید شده توسط حداقل نرخ دز مورد استفاده (۲٦ mGy / min) باشد. حد جریان نشتی پیشنهادی بین المللی٪ ۵ از پائین ترین میزان کرمای هوا موثرتر می‌باشد. مقاومت اتاقک یونش ساخته شده چون در حین پرتودهی کاهش می‌یابد سبب بروز جریان نشتی می‌شود که این جریان نشتی می‌تواند با جریان اصلی ناشی از یونها و الکترونهای جمع شده و منجر به خطا در اندازه‌گیری شود. در صورتیکه مقدار جریان نشتی بعد از قطع پرتودهی در مدت زمان کوتاهی به کمتر از ٪ ۱ جریان اصلی برسد می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.^{90}Srرا روی اتاقک قرار می‌دهیم و صبر می‌کنیم

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

$$I = q_1 - q_2 / t_1 - t_2 \qquad (۱)$$

$$= (۱.۱۰۵\ nC - ۱.۱۰۰ nC) / (۱۰۵\ s - ۱۷۰۰\ s) =$$

$$۰.۰۰۳۱۳۵ (nA)$$

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

۲.۲. آزمایش پایداری و تکرارپذیری

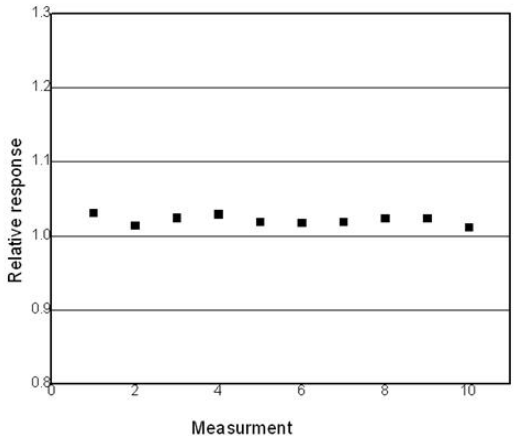
آزمایش تکرارپذیری شامل ۱۰ مرتبه اندازه‌گیری متوالی بار جمع‌آوری شده است. خطای استاندارد این آزمایش نباید بیشتر از ۳٪ متغیر باشد. این آزمایش با استفاده از ^{90}Sr انجام می‌شود و به این ترتیب که ^{90}Sr را روی اتاقک در یک نقطه مشخص گذاشته و در تمامی مراحل ^{90}Sr را در همان نقطه قرار می‌دهیم، ۵ الی ۱۵ 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 ۳۰s 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 نشتی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = q / t \qquad (۲)$$

$$= ۰.۴۴\ (pC) / ۱۶۰۲\ s = ۰.۰۰۰۲۷۵\ (pA)$$

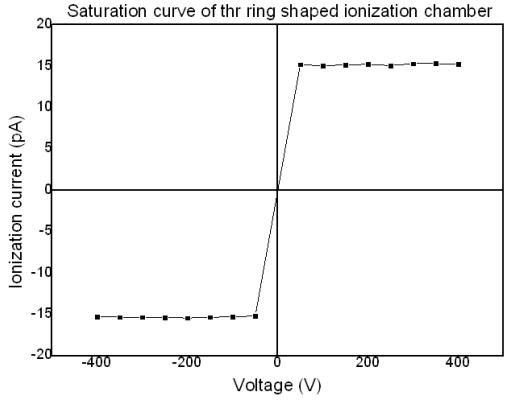
همان‌طور که در شکل (۳) دیده می‌شود، میزان جریان نشتی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و این در کارآیی اتاقک یونش ساخته شده تأثیر به‌سزایی خواهد داشت.



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 ۳۰cm از فاصلهٔ محور کانونی اشعهٔ 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 (low current :۱۱۵pA) تنظیم شده اعمال و زمان را نیز ۳۰s تنظیم می‌کنیم. ولتاژهای اعمال شده در محدودهٔ ٤۰۰ V – تا ٤۰۰V + می‌باشند (شکل ٤).



شکل (٤): نمودار منحنی اشباع اتاقک یونش ساخته شده

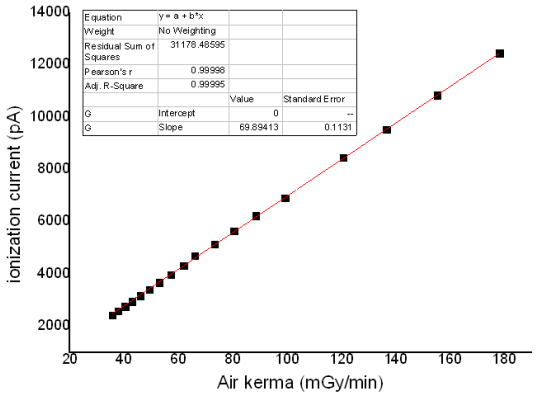
٤.۲. آزمایش پاسخ خطی

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

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 می‌آوریم:

(۳) معادلهٔ ضریب کالیبراسیون $N_k = K_{air,^{60}Co} \; I\,(nA) \times K_{TP}$

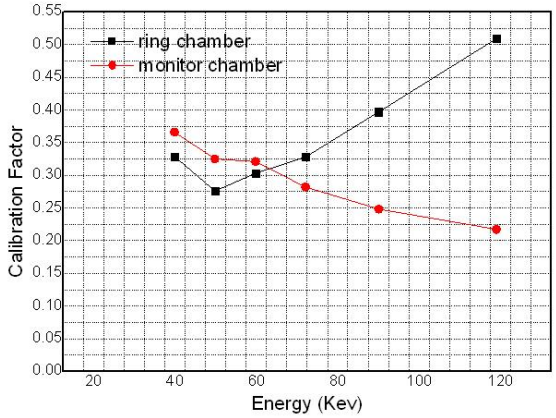
که $K_{air,^{60}Co}$ گرمای هوا برای ^{60}Co و $I\,(nA) \times K_{TP}$ جریان یونش تصحیح شده است و مقدار آن با خطای جزئی برابر (N_k = ۶۹.۸۳ (± ۰.۱۱) mGy / nC) می‌باشد. شکل (۵) نشان می‌دهد که پاسخ اتاقک بر حسب گرمای هوا ^{60}Co به صورت خطی افزایش می‌یابد.



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

۵.۲. کالیبراسیون با دستگاه مولد X

کالیبراسیون با استفاده از دستگاه اشعهٔ X نوع زیمنس استیپیلیپان kv ۳۰۰ انجام شده است. برای این کار، از دو الکترومتر PTW استفاده می‌شود، که یکی به اتاقک یونش ساخته شده و دیگری به اتاقک یونش شاهد اشعهٔ X متصل است. با گذاشتن فیلترهای متفاوت در هر مرحله از آزمایش، می‌توان میزان بار را بر حسب nC خواند. اتاقک یونش ساخته شده را در فاصلهٔ ۱m از دریچهٔ اشعه قرار دارد. نمودار مقایسه‌ای اتاقک یونش ساخته شده و اتاقک یونش شاهد دستگاه مولد اشعهٔ X بر حسب ضریب کالیبراسیون و انرژی‌های مختلف در شکل (٦) نشان داده شده است. چون اتاقک یونش ساخته شده در وسط حفره‌ای دارد که از تضعیف اشعه X عبوری می‌کاهد، لذا در انرژی‌های پایین پاسخ مناسب‌تری دارد و از یک انرژی به بالا به صورت خطی در می‌آید. این بهبود عملکرد اتاقک یونش ساخته شده را تأیید می‌کند، در نتیجه می‌توان این نتیجه را بیان کرد که اتاقک یونش ساخته شده به عنوان اتاقک یونش شاهد دستگاه مولد اشعه X به‌خصوص در انرژی‌های پایین قابل استفاده است.



شکل (٦): نمودار مقایسه اتاقک یونش ساخته شده با اتاقک شاهد دستگاه مولد اشعهٔ X (قرمز اتاقک یونش شاهد، مشکی اتاقک یونش ساخته شده)

۳. نتیجه‌گیری

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

تشکر و قدردانی

با توجه به اینکه مراحل ساخت و آزمایش‌های این اتاقک یونش در سازمان انرژی اتمی کرج بخش مونیتورینگ و دزیمتری پرتوها انجام گرفته است، لذا از همهٔ کارکنان گروه تحقیقاتی دزیمتری و مونیتورینگ پرتوها تشکر می‌شود.

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.