



# بیت و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

## طراحی و ساخت یک اتاقک یونش حلقوی جهت دزیمتری بیم الکترونی

بابک شریفی: حسین زمانی زینلی: ارژنگ شاهور: علی نگارستانی

<sup>۱</sup> دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، گروه مهندسی هسته ای  
<sup>۲</sup> سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشگاه کاربردی پرتوها

### چکیده:

تابش تحت بیم های الکترونی یکی از مناسب ترین روش های درمان تومور های سرطانی سطحی می باشد. با توجه به منحنی های توزیع دز بیم الکترونی، الکترون ها بیشترین انرژی را در عمق های کم بر جا می گذارند که همین امر منجر به توجه روزافزون استفاده از بیم های الکترونی برای درمان تومور های سطحی، بویژه تومور های پوستی شده است. درمان توسط بیم الکترونی نیازمند یک دزیمتر جهت اندازه گیری شدت بیم الکترونی بدون ایجاد تضعیف در مسیر بیم می باشد. این طرح به ساخت یک اتاقک یونش حلقوی با حفره مرکزی اشاره دارد. حفره مرکزی تعبیه شده منجر به عبور بخشی از بیم بدون تضعیف شده که در عین حال اتاقک یونش نیز قادر به دزیمتری بیم الکترونی می باشد. آزمایش های کنترل کیفیت در آزمایشگاه استاندارد دزیمتری نیز دلیلی بر صحت این ادعا می باشد.

**کلید واژگان:** بیم الکترونی، دزیمتر حلقوی با حفره مرکزی، تست های کنترل کیفیت.

### ۱. مقدمه

باریکه الکترونی به طور گسترده برای درمان تومور های سطحی، به ویژه تومور های پوستی مورد استفاده قرار می گیرد. درمان تومور ها تحت تابش پرتو های یونیزان نیازمند یک دزیمتر با دقت بالا جهت اندازه گیری میزان دز جذب شده و همچنین تضعیف صورت گرفته بر روی باریکه حین عبور از بافت بدن هستند [۱]. اتاقک های یونش به دلیل اقتصادی بودن و پاسخ مناسب، یکی از مناسب ترین ابزار های دزیمتری پرتو های یونیزان می باشند [۲]. به دلیل ماهیت بیم الکترونی، حین عبور از موانع پیش رو و دزیمتر های رایج، شدت تضعیف و منحرف می شود، که همین امر منجر به نامناسب بودن این دزیمتر ها جهت دزیمتری بیم الکترونی می شود. در این طرح، به ساخت یک اتاقک یونش حلقوی با حفره مرکزی پرداخته شده است. تعبیه حفره مرکزی منجر به عبور بیم بدون تضعیف شده و در عین حال بخشی از بیم که به اتاقک یونش برخورد می کند منجر به اندازه گیری شدت بیم توسط دزیمتر خواهد شد [۳]. طراحی الکتروود جمع کننده یون بوسیله ورقه گرافیتی مخصوص با



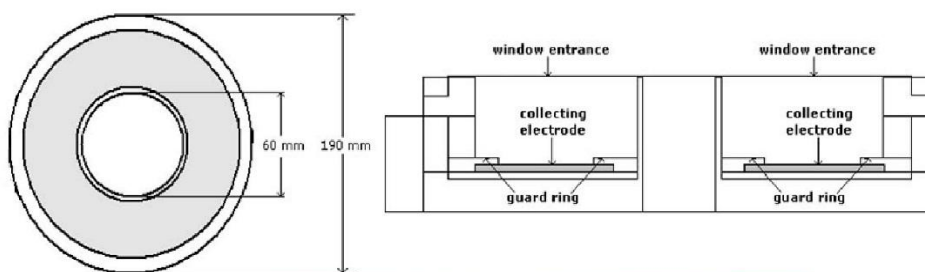
# بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکمین کنفرانس هسته ای ایران

۶ و ۷ اسفندماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

چگالی جرمی پایین تر از کربن و مجهز به الکتروود محافظ (guard ring) از جمله نکات مثبت این محصول می باشد.

## ۲. روش کار

در طرح پیش رو (شکل ۱)، از یک بدنه حلقوی شکل و یک پنجره با حفره مرکزی از جنس پلکسی گلاس با ضخامت ۰/۵ میلیمتر پوشیده شده با اسپری گرافیت، استفاده شده است. الکتروود جمع کننده از یک ورقه گرافیتی ویژه به ضخامت ۰/۱ میلیمتر و چگالی جرمی پایین تر از کربن (حدوداً  $۰/۷ \text{ g/cm}^3$ ) ساخته شده است که به قسمت انتهایی اتاقک یونش متصل شده است، و حین عبور باریکه الکترونی از پنجره ورودی و یونیزه کردن حجم هوای داخل اتاقک، و اعمال پتانسیل مناسب به الکتروودها می توان شدت بیم الکترونی را اندازه گیری نمود.



شکل (۱): نمایی از دژیمتر بیم الکترونی حلقوی شکل و اطلاعات فنی آن.

جهت بهبود عملکرد و کاهش جریان نشتی، از تعبیه الکتروود محافظ استفاده شده است [۴]. جهت طراحی الکتروود محافظ یک ورقه گرافیت (یا همان الکتروود جمع کننده بار) که توسط یک لایه نازک عایق از الکتروود جمع کننده، ایزوله است به دو طرف الکتروود وسط متصل می شود. جهت اعمال ولتاژ و جمع آوری بار حاصل از



# بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

یونش، از الکترومتر PTW مدل UNIDOSE استفاده شده است. از دستگاه پرتودهی  $^{60}\text{Co}$  و چشمه بتازای  $^{90}\text{Sr}$ ، جهت انجام آزمایش های کنترل کیفیت دُزیمتر استفاده شده است.

## ۳. نتایج آزمایش های کنترل کیفیت

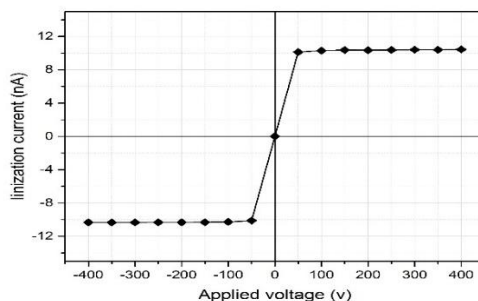
عملکرد این دُزیمتر، توسط اندازه گیری مقدار جریان نشتی، آزمایش بازده جمع آوری یون، پایداری، خطی بودن و فاکتور کالیبراسیون مورد ارزیابی قرار گرفته است، که در ادامه به آن ها اشاره خواهد شد.

### ۳.۱. جریان نشتی

مطابق استاندارد پیشنهادی، در صورتیکه مقدار جریان نشتی پس از قطع پرتودهی در مدت زمان کوتاهی به کمتر از ۱٪ جریان اصلی برسد، می توان از آن صرفنظر نمود [۵]. برای محاسبه جریان نشتی، چشمه بتازای  $^{90}\text{Sr}$  را روی پنجره ورودی اتافک قرار داده و هنگامی که مقدار بار جمع آوری شده به ۱nC رسید، بلافاصله چشمه برداشته خواهد شد. مشاهده می شود که در مدت زمان حدود ۲ ثانیه جریان نشتی به کمتر از ۰/۵۷۴٪ جریان حاصل از یونیزاسیون کاهش می یابد. که دلیلی بر ناچیر بودن جریان نشتی در مقایسه با جریان حاصل از یونش توسط چشمه پرتوزای  $^{90}\text{Sr}$  می باشد و می توان از آن چشم پوشی نمود.

### ۳.۲. منحنی اشباع و محاسبه بازده جمع آوری یون

جهت مشخص کردن بهترین محدوده ولتاژ کاری، منحنی اشباع آشکارساز رسم شده است. برای انجام این آزمایش، اتافک را در فاصله ثابت تحت تابش دستگاه  $^{60}\text{Co}$  picker v9 قرار داده و مقادیر جریان حاصل از یونش در ولتاژ های مختلف از  $-400\text{V}$  تا  $+400\text{V}$  محاسبه می شود و در هر پله ۵۰ ولت به ولتاژ اعمالی اضافه می شود [۶]. با توجه به نتیجه آزمایش، پاسخ آشکارساز در ولتاژ ۴۰۰ ولت سریع تر پایدار می شود، در نتیجه این ولتاژ برای انجام آزمایشات بعنوان ولتاژ مرجع مورد استفاده قرار گرفته است.





# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شکل (۲): منحنی اشباع دزیمتر ساخته شده، تحت تابش دستگاه پرتودرمانی  $^{60}\text{Co}$  picker v9 با نرخ دز 140 mGy/min

در صورتیکه به اتاقک ولتاژ کاری مناسبی اعمال نشود، ممکن است زوج یون های تولید شده در حجم حساس قبل از اینکه توسط الکتروود ها جمع شوند، مجدداً بازترکیب شوند. بازده جمع آوری بار برای بیم پیوسته دستگاه پرتودرمانی، طبق رابطه زیر محاسبه می شود [۶]:

$$K_{sat} = \frac{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 - 1}{\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 - \frac{M_1}{M_2}} \quad (1)$$

که  $M_1$  و  $M_2$  به ترتیب بار جمع آوری شده حاصل از یونش توسط آشکارساز در ولتاژ های  $V_1$  و  $V_2$  می باشد. ولتاژ های  $V_1$  و  $V_2$  بایستی به گونه ای انتخاب شود که نسبت  $\frac{V_1}{V_2}$  برابر ۲ باشد [۶]. مطابق استاندارد تعیین شده، بازده جمع آوری یون باید از ۹۹٪ بیشتر باشد [۵]، که در آشکارساز ساخته شده، این مقدار در بدترین حالت ۹۹/۱٪ می باشد. در نتیجه مقدار فاکتور بازترکیب یونی برای ولتاژ کاری  $\pm 50$  ولت، تقریباً برابر با ۱/۰۰۹ بدست می آید.

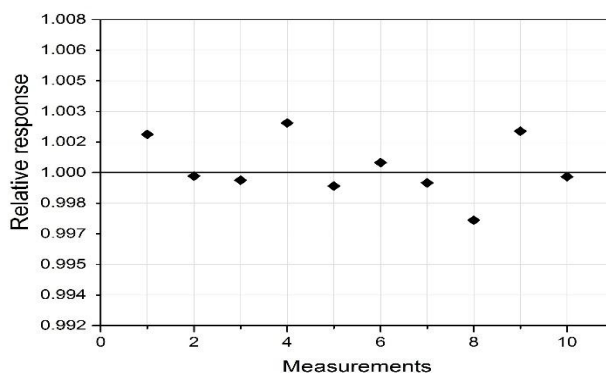
### ۳.۳. آزمایش تکرار پذیری

این آزمایش، در واقع آزمایش پایداری در مدت زمان مشخص است. برای انجام این آزمایش، چشمه  $^{90}\text{Sr}$  را روی اتاقک قرار داده و در مدت زمان ۳۰ ثانیه میزان بار جمع آوری شده توسط اتاقک، ثبت می شود. پس از رسیدن به پایداری، این مراحل ۱۰ بار تکرار می شود. مطابق استاندارد تعیین شده، ماکزیمم تغییرات مقدار بار اندازه گرفته شده در هر مرتبه نسبت به میانگین کل بار های اندازه گیری شده در این ۱۰ مرحله، برای پایداری کوتاه مدت بایستی از  $\pm 0/3\%$  کمتر باشد [۵]. مطابق شکل ۳، نتایج حاصل از پایداری بلند مدت در ۱۰ مرحله اندازه گیری بار نشان می دهد که بیشینه اختلاف از مقدار میانگین برای این دزیمتر، حدود  $0/27\%$  بوده است.



# بیت ویکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



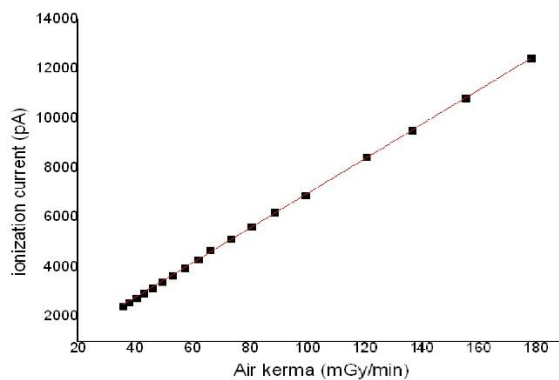
شکل (۳): نتیجه آزمایش تکرارپذیری دُزیمتر ساخته شده تحت تابش چشمه استاندارد بتا زای  $^{90}\text{Sr}$ .

### ۳. ۴. آزمایش خطی بودن پاسخ و محاسبه فاکتور کالیبراسیون

در این آزمایش، دُزیمتر تحت تابش دستگاه پرتو درمانی اشعه ایکس با نرخ کرما متفاوت قرار گرفته و جریان حاصل از یونش اندازه گیری می شود و مطابق با آن، نمودار نرخ کرما مؤثر هوا بر اساس جریان حاصل از یونش رسم می شود. مطابق شکل ۴، مقدار جریان حاصل از یونش بر حسب تابعی از کرما ناشی از دستگاه پرتو دهی اشعه ایکس با نرخ کرما  $(\text{mGy}/\text{min})$  ۳۴ تا  $(\text{mGy}/\text{min})$  ۱۸۰ به صورت خطی با ضریب همبستگی  $1/0.00$  بدست آمده است. مقدار فاکتور کالیبراسیون دُزیمتر مطابق رابطه (۲) محاسبه می شود [۷]:

$$N_k = \frac{K_{\text{new,air,60Co}}}{I_{\text{read}}(nA) \cdot K_{TP}} \quad (\text{Gy/C}) \quad (2)$$

که در این دُزیمتر، مقدار فاکتور کالیبراسیون برابر با  $(\times 10^6 \text{ Gy/C})$   $0.256 \pm 0.0011$  بدست آمده است.



شکل (۴): نتیجه آزمایش خطی بودن پاسخ بر حسب نرخ کرما تحت تابش دستگاه پرتو درمانی Theratron 780c.



# بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

## ۴. نتیجه گیری

بیم های الکترونی به طور گسترده ای در سرتاسر دنیا جهت درمان تومور های سطحی و بویژه تومور های پوستی مورد استفاده قرار می گیرند. در عین حال اندازه گیری میزان دُز دریافتی توسط ناحیه تومور و همچنین دُز جذب شده توسط سطح پوست در پرتودهی تسط بیم الکترونی، امری بسیار ضروری است. بیم الکترونی به علت سبکی بودن جرم الکترون، حین برخورد با ماده به شدت از مسیر اصلی منحرف می شود که همین امر منجر به استفاده از دُزیمتر های ویژه جهت مانیتورینگ و دُزیمتری باریکه الکترونی می باشد. در این طرح، به ساخت یک اتاقک یونش حلقوی با حفره مرکزی اشاره شد. همان گونه که بحث شد، طراحی حفره مرکزی منجر به عبور مسیر بیم بدون هیچ گونه انحراف و یا مانعی بر سر مسیر بیم خواهد شد و در عین حال اتاقک یونش حلقوی قادر به دُزیمتری و اندازه گیری شدت بیم الکترونی نیز خواهد بود. آزمایش های کنترل کیفیت انجام شده در آزمایشگاه استاندارد دُزیمتری نیز دلیلی بر صحت عملکرد این دُزیمتر می باشد و همچنین نشان می دهد که می توان از این اتاقک یونش حلقوی بعنوان یک دُزیمتر مرجع جهت مانیتورینگ بیم الکترونی قابل نصب بر دهانه بیم الکترونی نیز استفاده نمود.

## تشکر و قدردانی

با توجه به اینکه کلیه مراحل ساخت و آزمایش های کنترل کیفی این محصول در آزمایشگاه دُزیمتری استاندارد ثانویه بخش دزیمتری و مانیتورینگ پرتو های مرکز تحقیقات پزشکی و کشاورزی هسته ای کرج صورت گرفته است، لذا نویسندگان بر خود لازم می دانند که از کلیه کارکنان این مجموعه، صمیمانه تشکر نمایند.

## مراجع

[۱] Khan, F.M., Physics of Radiation Therapy, Lippincott Williams & Wilkins, Minnesota, USA, 2003.

[۲] Tsoufanidis, N., Landsberger, S., Measurement and detection of radiation. CRC press, USA, 2010.

[۳] Yoshizomi, M.T., Caldas, L.V.E., A new ring-shaped graphite monitor ionization chamber, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, Vol 619, pp. 207–210, 2010.





# بیست و یکمین کنفرانس هسته ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان