طراحی و کالیبراسیون محفظه اندازه گیری همزمان رادن و تورون به طور مجزا به روش غیر فعال

مهران طاهری[1]-سمانه برادران[1]-منصور جعفری زاده[1,2]

سازمان انرژی اتمی
۱- امور حفاظت در برابر اشعه
۲-پژوهشکده علوم هسته ای -پژوهشکده تحقیقات کشاورزی ، پزشکی و صنعتی

چکیده:

در این تحقیق، روشی برای تعیین غلظت ^{222}Rn حتی در حضور ^{220}Rn ، با استفاده از سیستم پسیو NTDها ارائه شده است. این روش بر مبنای اختلاف نیمه عمر ^{220}Rn و ^{222}Rn که دارای ضریب پخش شدگی مشابه هستند استوار است. .این دزیمتر جدید دارای دو محفظه نیم کره ای، با ابعاد $120mm\phi$ و $75mm\phi$ که توسط گیره می توانند به هم متصل شوند تشکیل یافته است. ابتدا هوای محیط به درون محفظه اولی $120mm\phi$ نفوذ می کند و سپس از غشاء فیلتری مابین محفظه اولی و دومی عبور کرده و به درون محفظه دومی $75mm\phi$ راه می یابد. هر محفظه شامل یک فیلم پلی کربنات با قطر ۲۸ mm و ضخامت ۲۵۰ μm که به عنوان آشکار ساز آلفا عمل می کند، می باشد. هر دو آشکار ساز با محلول خورش الکتروشیمیایی $15\%\ KOH + 40\%\ CH_3OH + 20\%\ NH_2(CH_2)_2NH_2 + 25\%\ H_2O$ در مدت زمان ۱:۱۰ ' ظاهر می شوند. در مجموع سوراخ های کوچک هوا که بین این دو محفظه نیم کره ای وجود دارد سدی برای نفوذ گاز تورون به محفظه نیم کره دوم می شود و میزان نفوذ گاز تورون به آن را بسیار بسیار کم می کند. در نتیجه فیلم محفظه اول مجموع رادن و تورون را ثبت و فیلم محفظه دوم تنها قادر به ثبت رادن می باشد که به این ترتیب می توان غلظت هر یک را بطور جداگانه اندازه گیری کرد.

کلید واژه : اندازه گیری همزمان – گاز رادن- گاز تورون- خورش الکتروشیمیایی – روش غیر فعال

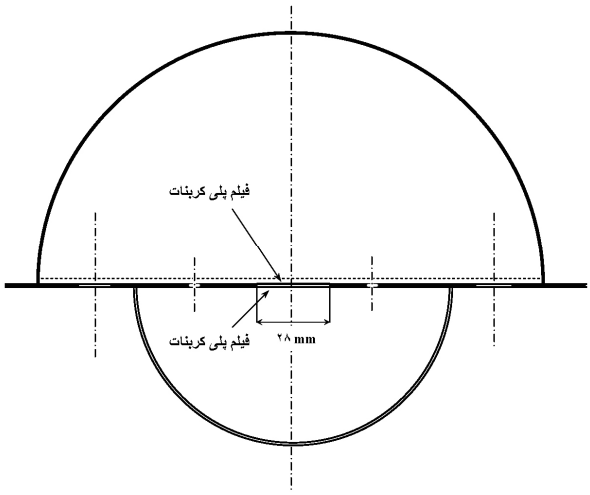
مقدمه:

بر اساس گزارش کمیته علمی اثرات پرتوهای اتمی سازمان ملل متحد (UNSCEAR) ، به طور متوسط نیمی از دز معادل مؤثر سالانه مردم در مناطقی که از نظر پرتوهای زمینه عادی به شمار می روند ناشی از گاز رادن و دختران آن است[1]. از این رو فعا لّیت های توسعه ای و پژوهشی گوناگونی جهت اندازه گیری گاز رادن در دهه گذشته مورد توّجه مراکز بین المللی حفاظت در برابر اشعه قرار گرفته است. گاز رادن گازیست نادر که از زنجیره طبیعی اورانیوم ^{238}U به وجود آمده و همچنین دارای نیمه عمر پرتو زایی ۳/۸ روز بوده و به دختران آلفا زای خود که مهمترین آنها ^{218}Po و ^{214}Po می باشند، تجزیه می گردد. نیمه عمر بیو لو ژیکی دختران رادن در ریه بین چند ساعت تا یک روز بوده و در نتیجه گاز رادن و دختران آن می توانند به طور موضعی سلول های ریه را تحت بمباران قرار دهند[2]. با وجود اینکه روش های متفاوتی تا کنون جهت اندازه گیری گاز رادن و دختران آن ابداع و به کار گرفته شده اند، استفاده از پلیمر های حساس به عنوان آشکار ساز ذرات آلفا بسیار مؤثر ،آسان و اقتصادی جهت اندازه گیری گاز رادن به شمار می آیند.

گاز تورون یکی از ایزوتوپ های رادن می باشد که از زنجیره طبیعی توریم در طبیعت بوجود می آید و دارای نیمه عمر۵۵.۶ ثانیه است که همانند رادن می تواند خطر بیولوژیکی ناشی از استنشاق آن توسط افراد را به وجود آورد بنابر این اهمیت اندازه گیری آن در محیط هایی که میزان غلظت تورون قابل ملاحظه است ، ضروری به نظر می رسد.یکی از رایج ترین تکنیک های به کار برده شده در آشکار سازی گازهای رادن و تورون و دخترانشان استفاده از آشکارسازهای رد پای هسته ای وTLD است. انتخاب روش یا تکنیک به کاربرد خاص ، اطلاعات مورد نیاز ، مدت نمونه گیری و حساسیت مورد نیاز بستگی دارد[8].در این تحقیق روشی برای اندازه گیری همزمان غلظت های رادن و تورون به طور همزمان با استفاده از NTD ها و برمبنای نیمه عمر متفاوت ^{220}Rn و ^{222}Rn ارائه شده است.[9]

روش کار:

در این تحقیق مشخصات یک سیستم جدید رادن–تورون به روش پسیو جهت اندازه گیری غلظت رادن و تورون به طور همزمان و تعیین آن به طور مجزا جهت ارزیابی دقیق تر دز دریافتی ناشی از آنها معرفی می گردد.

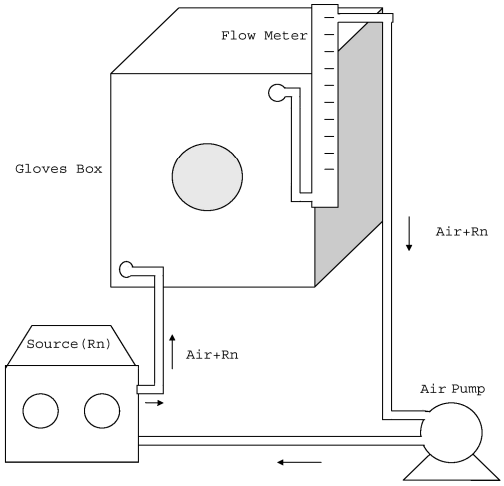


شکل۱ : دزیمتر پسیو رادن – تورون

شکل۱ دزیمتر پسیو رادن – تورون را نشان می دهد. این دزیمتر از دو نیم کره با ابعاد 120mmϕو 75mmϕ که توسط گیره می توانند به هم متصل شوند تشکیل یافته است.هوا ابتدا از سوراخ تعبیه به قطر ۱۴ میلیمتر و با عبور از میان فیلتر فایبر گلاس به داخل محفظه نیم کره بزرگتر وارد می گردد. این فیلتر سبب می گردد محصولات واپاشی رادن و تورون موجود در هوا جذب آن شده و تنها رادن و تورن به داخل نیم کره بزرگتر وارد گردد. رادن و تورون در داخل نیم کره بزرگ (120mmϕ) از طریق سوراخ های تعبیه شده به قطر 1mm می تواند وارد محفظه نیم کره کوچکتر (75mmϕ) شود . دو فیلم پلی کربنات برای ثبت ردپاهای ذرات آلفا حاصل از واپاشی رادن و تورون و محصولات واپاشی آنان در نظر گرفته شده است که یکی در داخل نیم کره 120mmϕ و دیگری در داخل نیم کره کوچکتر مطابق شکل ۱ قرار داده شده است.

در این تحقیق از یک چشمه استاندارد تورون با مشخصات 128 kBq (3.56 µCi) و همچنین با چشمه استاندارد محلول رادیوم ، با اکتیویته ویژه 560 Bq/ml جهت تولید رادن استفاده شده است. شکل2 سیستم پرتودهی دزیمتر را بوسیله چشمه های استاندارد ذکر شده نشان می دهد. بطوریکه دزیمتر در داخل محفظه دستکش دار قرار داده

می شود و جریان هوای ثابتی(با دبی مشخص) بصورت مدار بسته در داخل این محفظه دستکش دار جریان می یابد بطوریکه غلظت مشخصی (با توجه به دبی جریان) از رادن و یا تورون را می تواند ایجاد می کند .



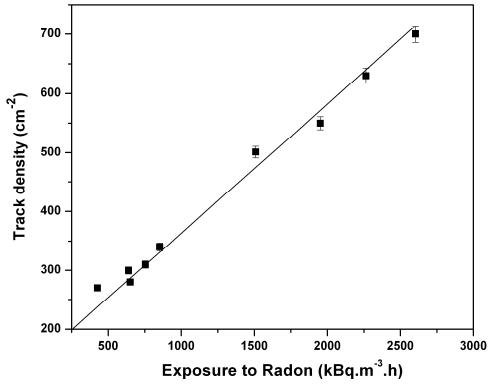
شکل ۲- شمایی از سیستم پرتودهی دزیمتر

بعد ازپرتودهی دزیمتر، فیلم های پلی کربنات جهت آشکار سازی ردپای ذرات آلفا مورد خورش الکتروشیمیایی قرار می گیرد. (15% KOH + 40% CH_3OH + 20% $NH_2(CH_2)_2NH_2$ + 25% H_2O) در مدت زمان ۱:۱۰' [4,6,7]

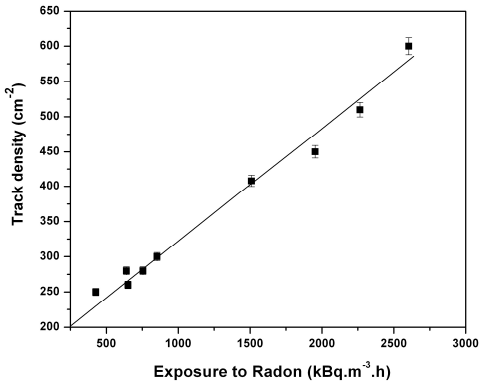
نتایج و بحث:

با توجه به اختلاف نیمه عمر و کوتاه بودن نیمه عمر تورون نسبت به رادن ملاحظه می شود که رادن می تواند وارد محفظه اول شده و سپس به داخل محفظه دوم (کوچکتر) نیز نفوذ کند ولی تورون با توجه به نیمه عمر کوتاه ۵۵.۶ ثانیه ای ، فقط قادر است به محفظه اول وارد شود و عملا در محفظه دوم وجود ندارد که آزمایشات نیز این را ثابت می کند.

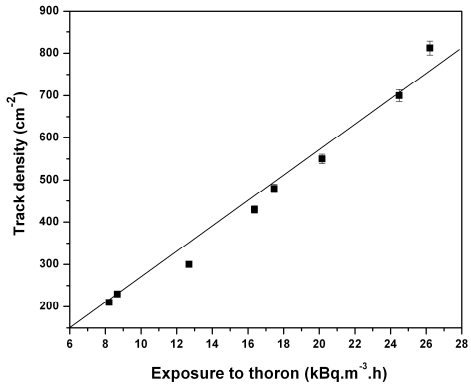
بطوریکه در هنگام پرتودهی با چشمه تورون تنها بر روی فیلم پلی کربنات محفظه اول رد پاها ظاهر می گردد و فیلم پلی کربنات در محفظه دوم فقط ردپاهای زمینه را شامل می گردد. بنابراین فیلم محفظه اول مجموع ردپاهای حاصل از رادن و تورون را ثبت می کند و فیلم محفظه کوچکتر تنها حاوی اثرات رادن می باشد. بر پایه این اصل منحنی های کالیبراسیون برای رادن مطابق منحنی های ۱ و ۲ و برای تورون منحنی ۳ می باشد.



1) منحنی کالیبراسیون رادن برای فیلم های پلی کربنات درمحفظه نیم کره ای 120mmϕ



2) منحنی کالیبراسیون رادن برای فیلم های پلی کربنات در محفظه نیم کره ای 75mmϕ



3) منحنی کالیبراسیون تورون برای فیلم های پلی کربنات درمحفظه نیم کره ای 120mmϕ

با توجه به این نمودارها ملاحظه می شود ، با در نظرگرفتن نتایج هر دو فیلم و همچنین مدت زمان قرار گیری دزیمتر در محیط می توان غلظت رادن و تورون را بصورت مجزا تعیین نمود.

بنابراین غلظت رادن با احتساب نتایج آشکار ساز در محفظه دوم (نمودار ۲) بصورت زیر می باشد :

$$C_{Rn}\ (kBq.m^{-3}) = \frac{5TD_2 - 590}{\text{Exposure Time (h)}} \qquad (۱)$$

چون ردپاهای روی آشکارساز در محفظه اول شامل مجموع اثرات رادن و تورون می باشد، بنابراین با توجه به منحنی های کالیبراسیون برای محاسبه غلظت تورون بصورت مجزا خواهیم داشت :

$$TD_{Rn}\ (cm^{-2}) = 0.233 \times C_{Rn} \times \text{Exposure Time (h)} + 116 \qquad (نمودار ۱)$$

$$= 1.165\ TD_2 - 21.5 \qquad (2)$$

$$= TD_1 - TD_{Rn} = TD_1 - 1.165\ TD_2 + 21.5\ TD_{Tn}\ (cm^{-2}) \qquad (3)$$

$$C_{Tn}\ (kBq.m^{-3}) = \frac{0.0346 \times (TD_1 - 1.165TD_2 + 21.5)}{\text{Exposure Time (h)}}$$

$$= \frac{0.0346TD_1 - 0.04TD_2 + 0.744}{\text{Exposure Time (h)}} \qquad (4)$$

C_{Tn} : غلظت گاز تورون ($kBq.m^{-3}$)

C_{Rn} : غلظت گاز رادن ($kBq.m^{-3}$)

TD_1 : دانسیته ردپاهای فیلم در محفظه اول (cm^{-2})

TD_2 : دانسیته ردپاهای فیلم در محفظه دوم (cm^{-2})

TD_{Tn} : دانسیته خالص ردپاهای ناشی از تورون در محفظه اول (cm^{-2})

TD_{Rn} : دانسیته خالص ردپاهای ناشی از رادن در محفظه اول (cm^{-2})

نتیجه گیری:

از نتایج کلی این تحقیق می توان به موارد زیر اشاره نمود :

۱- طراحی و ساخت یک دزیمتر پسیو اندازه گیری همزمان رادن و تورون با بکارگیری آشکارسازهای NTD و روش بهبود یافته خورش الکتروشیمیایی جهت بالا بردن راندمان ثبت ذرات آلفا

۲- بکارگیری این دزیمتر در مقیاس های بالا برای اندازه گیری و دزیمتری رادن و تورون در سطح ملی

۳- امکان بکارگیری از دیگر آشکار سازهای NTD مانند CR-39 جهت بالا بردن حساسیت آن

همچنین از مزایای این روش می توان به سهولت در استفاده ، هزینه پایین و دقت و راندمان بالا اشاره نمود.

مراجع:

[1]-UNSCEAR, sources and effects of Ionizing Radiation United Nation Scientific Committee of Ionizing Radiation United Nations, New York. (1977)
[2]-ICRP Pub1. No.32, limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, Annals of ICRP 6. (1981)
[3]-Fleischer, R.L, Price, P.B. and Walker, R.M Solid state Track Detectors: Application to Nuclear Science and Geophysics. Ann. Rev .Sci, P.L. Annual Reviews. (1965)
[4]-Sohrabi, M. and Khajeian, E. Some Electrochemical Etching Studies on the Registration of Alpha Particle Track in Polycarbonate, Nucl. Inst. and Methods. Vol.185, PP 407-413. (1981)
[5]-Alter H.W and Fleischer, R.L Passive Integrating Radon Monitoring. Health physics.Vol.40, PP.693-703. (1981)
[6]-Taheri M Development of an image processing system for semi-automated nuclear track counting applied to etched tracks dosimetry Proceedings of the 3rd Conf. on machine vision, image processing and applications (MVIP 2005) Tehran Iran 650-653.(2005)
[7]-Taheri M and Hosseini Toudeshki S Characteristic Studies for Fast Detection of a Wide EnergyRange of Alpha Particles in Polycarbonate Detectors Radiat. Meas. 40 307-310 –(2005)
[8]-Peter J. E.. Analysis of radon and thoron daughter concentrations in air by continuous alpha spectroscopy. Radiat. Prot. Dosim., 56, pp. 267-270. (1994)
[9]-Somogyi G., Paripás B. and Varga Zs. Measurement of radon, radon daughters and thoron concentration by multi-detector devices. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 8, pp. 423-427. (1984).