

بهینه‌سازی بلور سوسوزن NaI(Tl) و بررسی دوبعدی تولید فوتون‌های نور مرئی، یک مطالعه شبیه‌سازی

سیامک هوشمند کوچی^۱، احمد اسماعیلی ترشابی^{*۱}

- ۱ گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

*نویسنده مسئول: احمد اسماعیلی ترشابی

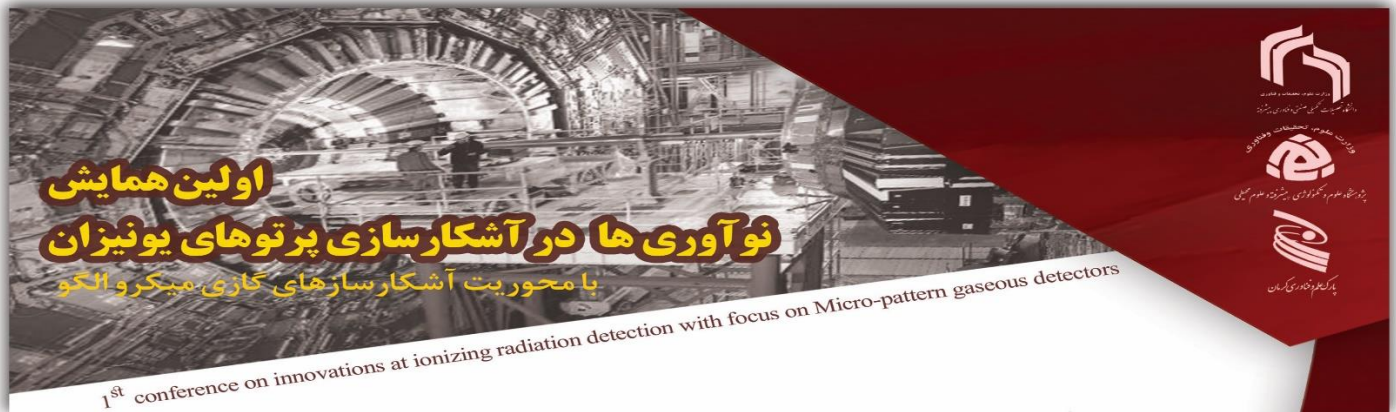
استادیار گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، تلفن: ۰۹۱۳۵۰۰۹۴۲۲ پست الکترونیک: a.esmaili@kgut.ac.ir

چکیده:

از آنجایی که به صورت طبیعی وسیله بخصوصی برای سنجیدن نوع و یا انرژی تابش وجود ندارد، در نتیجه ما برای انجام این اندازه‌گیری‌ها نیاز به ابزار سنجش نوع و انرژی تابش داریم. وسایلی که برای آشکارسازی ذرات و پرتوهای یونیزان بکار می‌روند اهداف مختلف و مخصوص خود را دنبال می‌کنند. یکی از رایج‌ترین انواع آشکارسازها، آن‌هایی هستند که حجم حساس آن‌ها کریستال‌های سنتیلاتور هست و یا به اصطلاح از بلور سوسوزن درونشان بکار رفته است. این نوع از آشکارساز ه استفاده وسیعی در صنعت و پزشکی دارد که یکی از رایج‌ترین بلورها، بلور سوسوزن NaI(Tl) است. علت این امر در دسترس بودن فراوان در اکثر مناطق جهان و هزینه تولید و ارزه ارزان این بلور است که در کنار بهره نوری بسیار بالای آن موجب استفاده گسترده این نوع از آشکارساز شده است. لازم به ذکر است که برای این که بتوان احتمال تولید نور مرئی را افزایش داد، مقداری ناخالصی یا فعال‌ساز به برخی از سنتیلاتورهای آلی اضافه می‌کنیم تا تله‌هایی با انرژی خاص در باند ممنوعه ایجاد شود. بازگشت الکترون از کم انرژی ترین لایه تله‌ها به باند ظرفیت موجب تولید نور مرئی در طیف گسیلی خاصی خواهد شد که این فوتون‌ها مبنای کار آشکارسازی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی:

آشکارساز سوسوزن، نور مرئی، بهینه، شبیه‌سازی



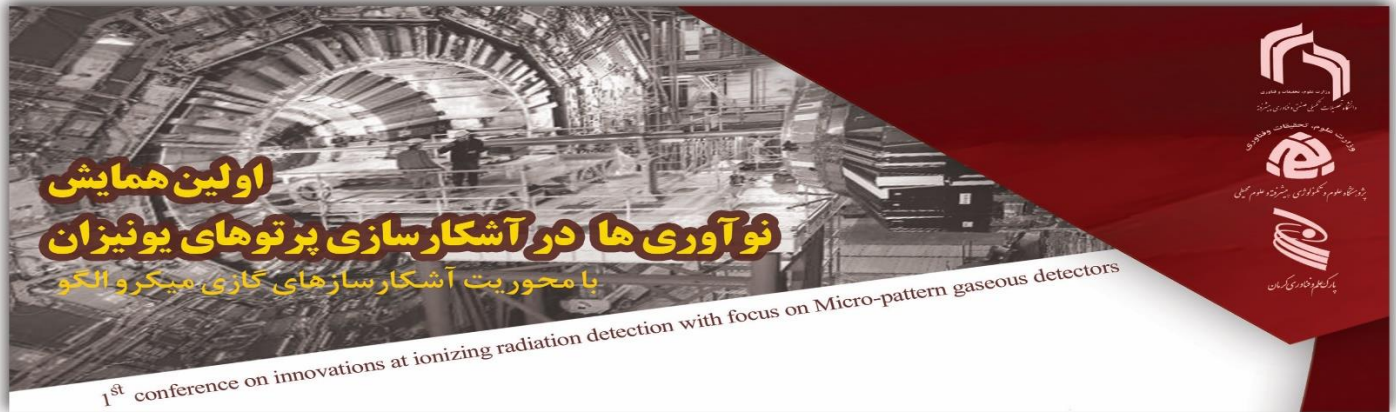
مقدمه:

برای آشکارسازی و طیف‌نگاری اکثر پرتوهای یونیزان از آشکارسازهای سوسوزن استفاده می‌شود که مزیت‌های ویژه‌ای نسبت به انواع آشکارسازهای گازی دارند که آن‌ها را نیز بررسی خواهیم کرد. در سوسوزن‌ها با برهمکنش پرتو ورودی با حجم حساس کریستال کسری از انرژی برخوردی به نور مرئی تبدیل شده که فوتون‌های نوری تولید شده پیک سیگنال برای آشکارسازی را تعیین خواهند کرد. در تولید نور مرئی در سوسوزن‌ها دو عامل فسفرسانس¹ و فلورسانس² نقش دارند که مبنای سیگنال ما هرچه بر مبنای فلورسانس باشد و بتوان اثر فسفرسانس و فلورسانس تأخیری کند کرد، سرعت پاسخگویی سوسوزن سریع‌تر و با خطای کمتری خواهد بود، البته نویز ایجاد شده بر اثر این عوامل با مدارهای الکترونیکی قابل تمایز است [1,2].

مواد تشکیل‌دهنده کریستال‌های سوسوزنی دارای دودسته مواد آلی و غیرآلی هستند که عدد اتمی و چگالی بالای مواد غیرآلی برای طیف‌نگاری پرتوهای گاما و کریستال‌های آلی برای طیف‌سنجی نوترون‌های تند و پرتوهای بتا بکار می‌روند [3-1]. در آشکارسازهای سوسوزن، از برهمکنش پرتو ورودی با حجم حساس کریستال کسری از انرژی پرتو برخوردی [6-4] به نور مرئی تبدیل می‌شود. فوتون‌های نور مرئی تولید شده که در نتیجه انتقال الکترون‌های مداری اتم‌های کریستال سوسوزن برای رهایی از برانگیزش است، مبنای تولید سیگنال می‌گردند. مواد تشکیل‌دهنده کریستال‌های سوسوزنی دارای دودسته مواد آلی و غیر آلی هستند که عدد اتمی و چگالی بالای مواد غیر آلی برای طیف‌نگاری پرتوهای گاما، [8-5,7] و کریستال‌های آلی برای طیف‌سنجی نوترون‌های تند و پرتوهای بتا بکار می‌روند.

لازم به ذکر است به مواد تشکیل‌دهنده برخی آشکارسازهای سوسوزن، عناصر خاصی به‌عنوان ناخالصی اضافه می‌کنند تا بهره نوری آشکارساز را بالا ببرد [10-9]. به‌عنوان مثال از ناخالصی تالیوم به کریستال یدورسدیم استفاده می‌شود تا بازده این نوع سوسوزن کمی بیشتر از ۱۲٪ برای فوتون‌های تولیدی در آن گردد [14-11].

برای انجام این کار، از کد مونت کارلویی فلوکا برای شبیه‌سازی مئون به‌عنوان بیم برخوردی و آشکارساز سوسوزن به‌عنوان ماده هدف استفاده شده است. فلوکا یک برنامه جامع تأیید شده بر پایه محاسبات مونت کارلو می‌باشد که توانایی‌های زیادی در طراحی، محاسبه اندرکنش ذرات در فیزیک و مهندسی در زمینه‌های پرتودرمانی، حفاظ سازی در پرتو پزشکی، آشکارسازی پرتوهای یونیزان، مطالعات اشعه‌های کیهانی، دوزیمتری، فیزیک پزشکی و زیست‌شناسی رادیویی داراست [17-15]. برای انجام این شبیه-



سازی میکرودمزیمتری از کد مونت کارلویی FLUKA نسخه ۲۰۱۱ استفاده شده است که این کد توسط دو مرکز CERN در سوئیس و مرکز INFN در ایتالیا طراحی و توسعه داده شده است [17-21].

موارد استفاده این کد مونت کارلویی مورد تأیید در محاسبات، بررسی و مشاهده تعاملات ذرات با ماده، پوشش طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی در حفاظ سازی شتابدهی هادرون‌ها، طراحی هدف‌های پیچیده، کالری متری، فعال سازی نوترونی، دوزیمتری، طراحی آشکارسازها، بررسی اشعه‌های کیهانی، فیزیک نوترینو، پرتودرمانی و غیره را شامل می‌شود [15-17].

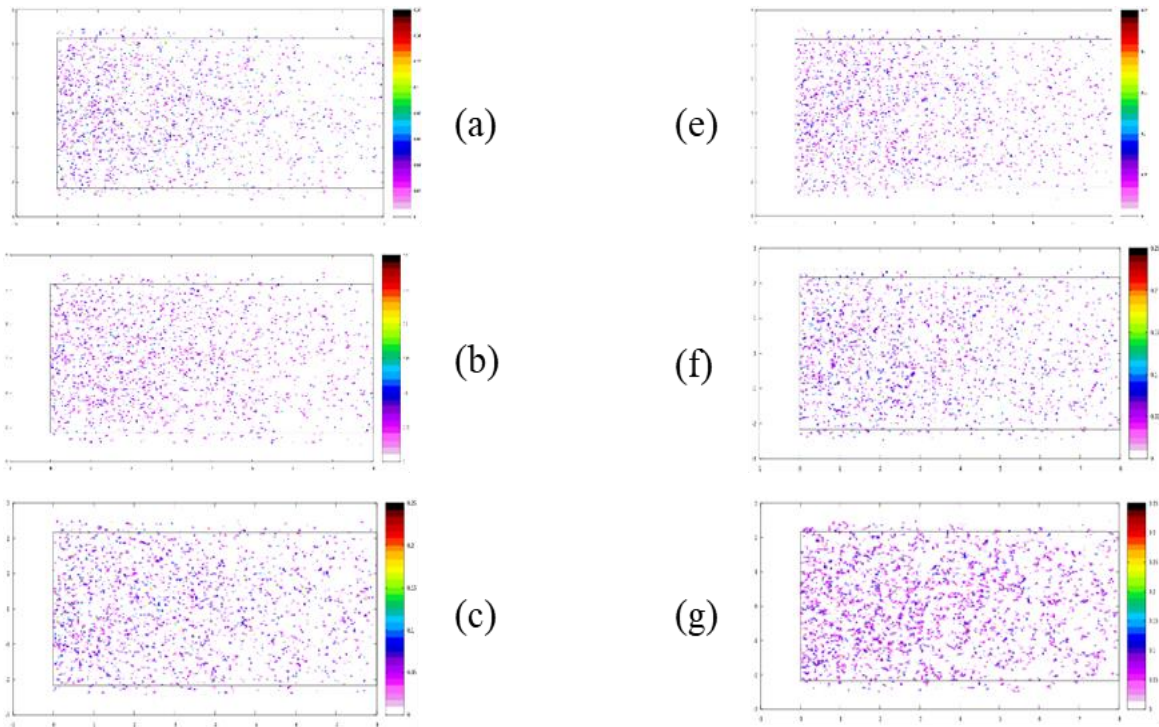
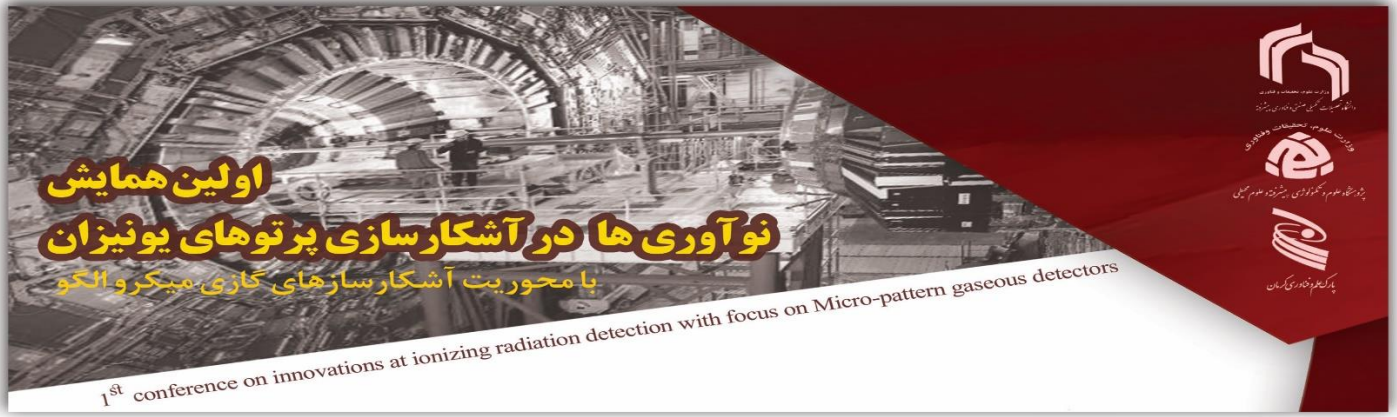
نتایج:

نتایج حاصل از برهمکنش بیم گاما:

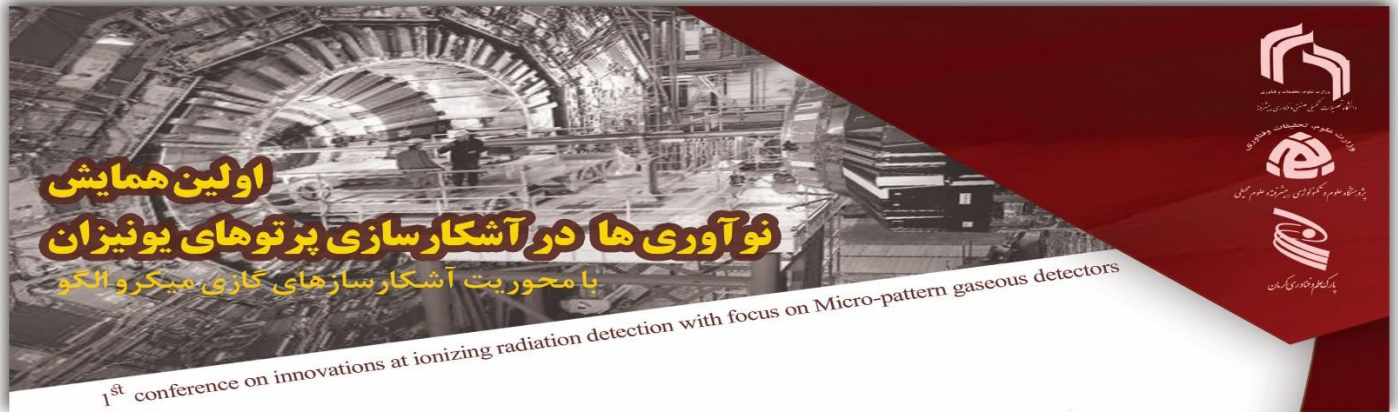
تصاویری که از کد مونت کارلویی فلوکا در بخش خروجی این کد از برهمکنش گاما با بلور تولید شده به خوبی بیانگر مکان‌های تولید فوتون‌های نور مرئی و همچنین ناحیه‌ای که بیشترین نور تولید شده یا بیم در آن ناحیه بیشترین جایگذاری انرژی را داشته می‌باشد. این تصاویر به صورت دوبعدی و برشی صفحه‌ای در امتداد محور بلور سنتیلاتور بازطراحی شده و بلور معمول NaI(Tl) در مقایسه با یکدیگر قرار گرفته شده است. نمودار کنار تصاویر تنها مبنایی بدون واحد از شدت و ضعف تولید نور در حجم بلور می‌باشد تا درک درستی از شدت تولید در هر ناحیه بر اساس رنگ آن ناحیه داشته باشیم. همان‌گونه که از تصاویر معلوم است، در انرژی‌های یکسان و شرایط برابر علاوه بر گسترش ناحیه جای گذاری شدت تولید نور مرئی نیز افزایش می‌یابد که در انرژی‌های بالاتر، این تفاوت واضح‌تر دیده می‌شود.

همان‌طور که در تصاویر مشاهده می‌شود، علاوه بر نشان دادن نواحی تولید فوتون‌های مرئی، برهمکنش گاما با ماده که در اینجا ماده دو بلور NaI(Tl) در دو حالت معمول و بهینه که منجر به تولید نور مرئی شده، نمایان است.

تصاویر (a), (b) و (c) به ترتیب افزایش شدت نور در بلور سوسوزن معمولی را نشان می‌دهند و با همان شرایط و ترتیب در تصاویر (e), (d), و (F) تولید نور در بلور بهینه‌شده قابل مشاهده است که نمایانگر افزایش شدت نور نسبت به حالت معمولی بلور می‌باشد.



شکل (۱). شدت تغییرات در دو بلور معمولی و بهینه شده در شرایط یکسان و بیم گاما که با افزایش انرژی بیم شدت تولید نور در (a),(b) و (c) که مربوط به بلور در حالت معمولی است افزایش یافته و در نقطه مقابل این تصاویر دوبعدی (e),(f) و (g) مربوط به بلور بهینه می باشند که شدت نور در آن ها بیشتر شده است.



همان گونه که مشاهده می شود با افزایش انرژی تعداد فوتون های نوری نیز در حال افزایش است. برای درک بهتر این موضوع در جدول زیر داده هایی برای انرژی های پایین تر به دست آمده که به خوبی نشان دهنده این مسئله هستند. همان طور که مشاهده می شود برای هردو بلور تعداد فوتون های نور مرئی بعد از برهمکنش گاما به دست آمده که بیانگر افزایش تعداد فوتون های نوری در بلور سوسوزن بهینه شده می باشد.

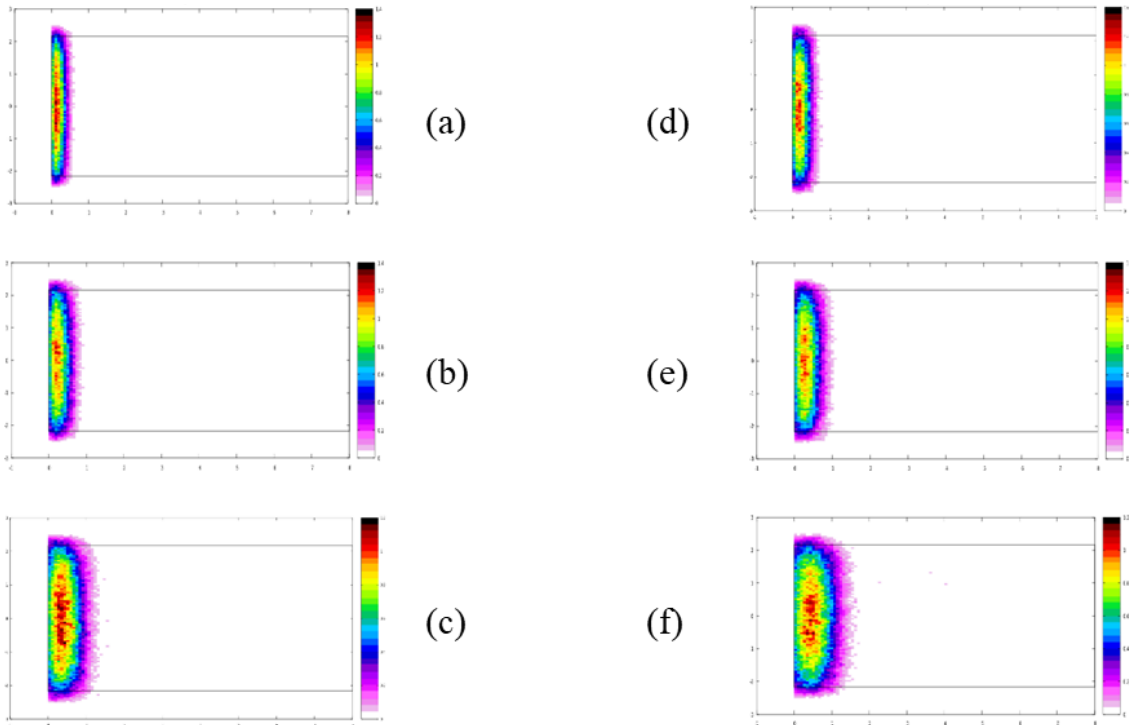
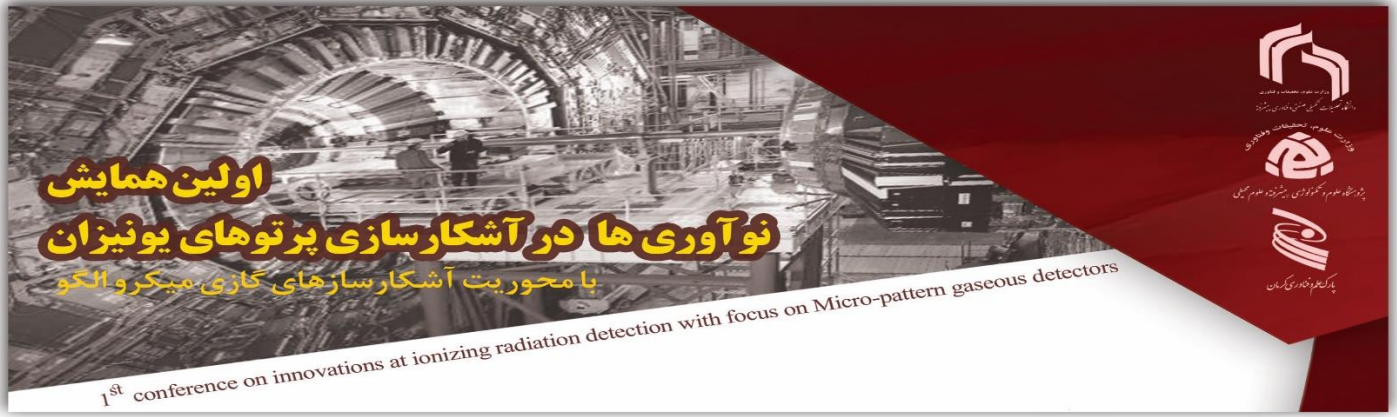
جدول ۴-۱- نتایج نشان دهنده تعداد فوتون های تولید شده پس از برهمکنش بیم گاما با بلور سوسوزن بهینه شده و بلور سوسوزن معمولی می باشد که در شرایط در یکسان که در کد هسته ای فلوکا انجام شده است.

میزان خطای شماره	تعداد فوتون های تولیدی	تعداد فوتون های تولیدی	انرژی بیم
آزمایش (%)	در بلر معمولی (#)	در بلور بهینه شده (#)	(MeV)
۴/334846	164/1165	166/012	0/5
۳/893266	243/85	245/075	0/7
۴/017504	263/55	267/321	0/8

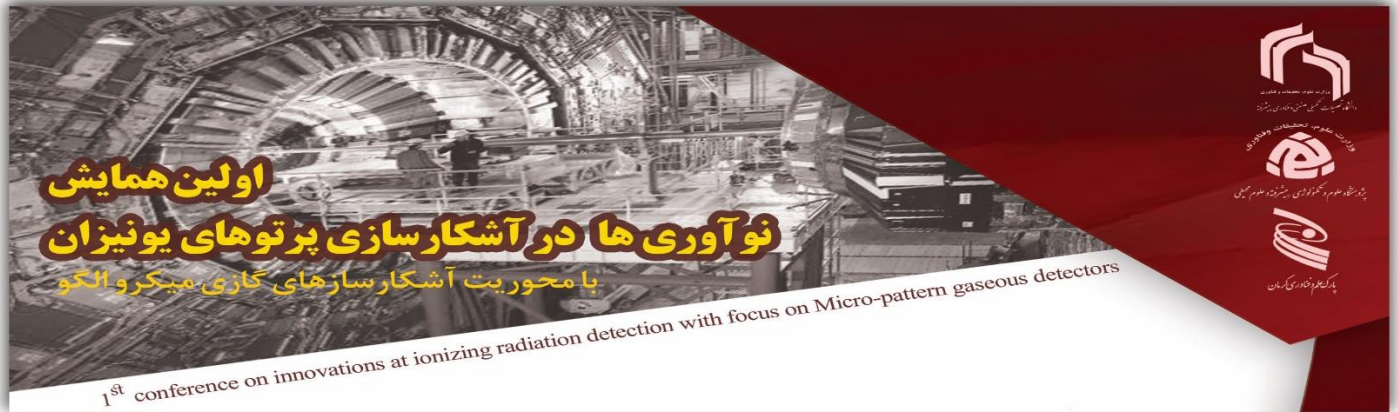
نتایج حاصل از برهمکنش الکترون:

همانند تصاویری که در بخش گاما آورده شد، برای پرتوهای بتا نیز تصاویری از برخورد پرتو و تولید نور مرئی آورده شده است. تصاویر زیر علاوه بر نشان دادن نواحی تولید فوتون های مرئی، برهمکنش الکترون با ماده که در اینجا ماده دو بلور NaI(Tl) در دو حالت معمول و بهینه شده می باشند را نشان می دهد.

تصاویر (a), (b) و (c) به ترتیب افزایش شدت نور در بلور سوسوزن معمولی را نشان می دهند و با همان شرایط و ترتیب در تصاویر (d), (e) و (f) تولید نور در بلور بهینه شده قابل مشاهده است که نمایانگر افزایش شدت نور نسبت به حالت معمولی بلور می باشد.



شکل (2). شدت تغییرات در دو بلور معمولی و بهینه شده در شرایط یکسان و بیم الکترونی که با افزایش انرژی بیم شدت تولید نور در (a),(b) و (c) که مربوط به بلور در حالت معمولی است افزایش یافته و در نقطه مقابل این تصاویر دوبرعی (e),(f) و (g) مربوط به بلور بهینه می باشد که شدت نور در آن ها بیشتر شده است.



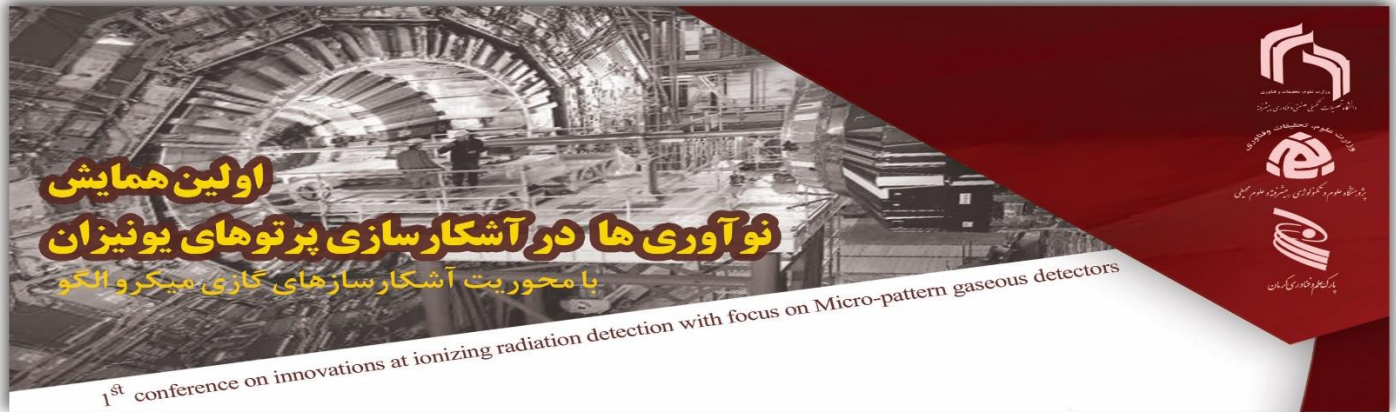
به همان ترتیبی که برای پرتوهای گاما شبیه سازی را انجام دادیم، برای پرتوهای بتا نیز انجام گرفت و نتایج طبق جدول زیر به دست آمد. همان طور که مشاهده می شود، بر طبق جدول زیر و با توجه به LET پرتوهای الکترون که از گاما بیشتر است، انتظار می رود فوتون های مرئی بیشتری نسبت به گاما تولید شود که همین اتفاق نیز افتاده است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش انرژی تعداد فوتون های نوری نیز در حال افزایش است. برای درک بهتر این موضوع در جدول زیر داده هایی برای انرژی های پایین تر به دست آمده که به خوبی نشانگر این مسئله است. همان طور که مشاهده می شود برای هر دو بلور تعداد فوتون های نور مرئی بعد از برهمکنش گاما به دست آمده که بیانگر افزایش تعداد فوتون های نوری در بلور سوسوزن بهینه شده می باشد.

جدول ۴-۲- نتایج بیانگر تعداد فوتون های تولید شده پس از برخورد بیم ذرات الکترونی به بلور سوسوزن بهینه شده و بلور سوسوزن معمولی می باشد که در شرایط در یکسان که در کد هسته ای فلوکا انجام شده است.

شماره	انرژی پرتو (MeV)	تعداد فوتون های تولیدی در بلور بهینه شده (#)	تعداد فوتون های تولیدی در بلور معمولی (#)	درصد خطای آزمایش (%)
۱	5	38437.2	38019	1/792039
۲	6	42521/81	41687/83	2/710598
۳	7	44310/33	42106/17	2/910987

Optimizing on NaI(Tl) scintillator crystal and 2D assessment of optical photons, A simulation study

Siamak Hooshmand Koochi¹, Ahmad Esmaili Torshbi^{*1}



1- Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran

*Corresponding Author: Ahmad Esmaili Torshabi,
Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran

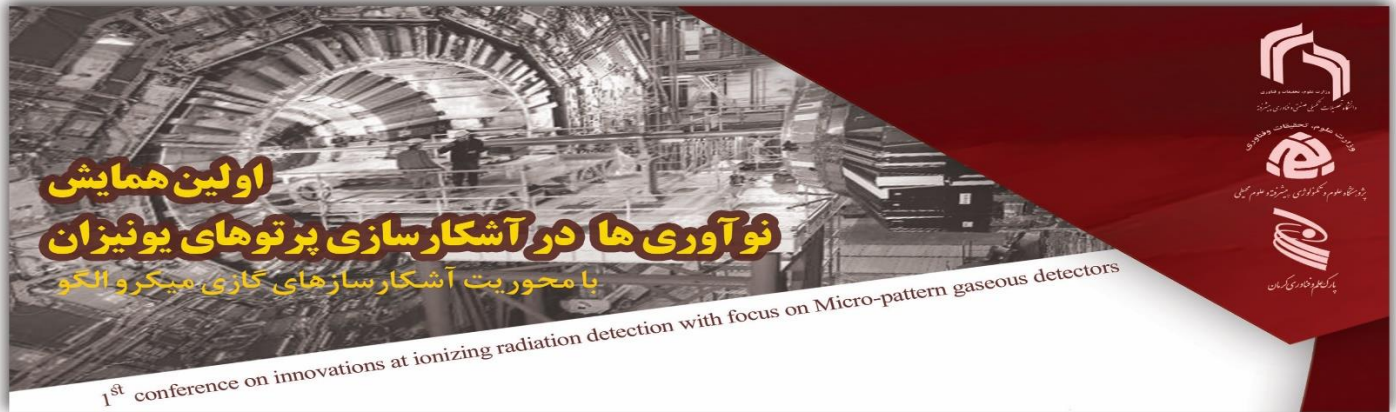
Abstract:

Since there isn't any specific natural device for measuring the various type or energy of radiation and particles, we need to have a facility to perform these measurements. The devices used to detect ionizing particles and rays, have different specific purposes. One of the most common types of detectors is one in which a scintillator crystal is used there. This type of detectors are widely used in industry and medicine, in addition, one of the most common crystals is the NaI (Tl). In this simulation study which is used FLUKA Monte Carlo code, the efficiency of visible light is increasing by changing the amount of thallium that is used in the crystal. Also in this research, the simulation of light production regions in the crystal for gamma, Beta, Alpha, and Muon in different amount of energies has been investigated and shown in two dimensions' view.

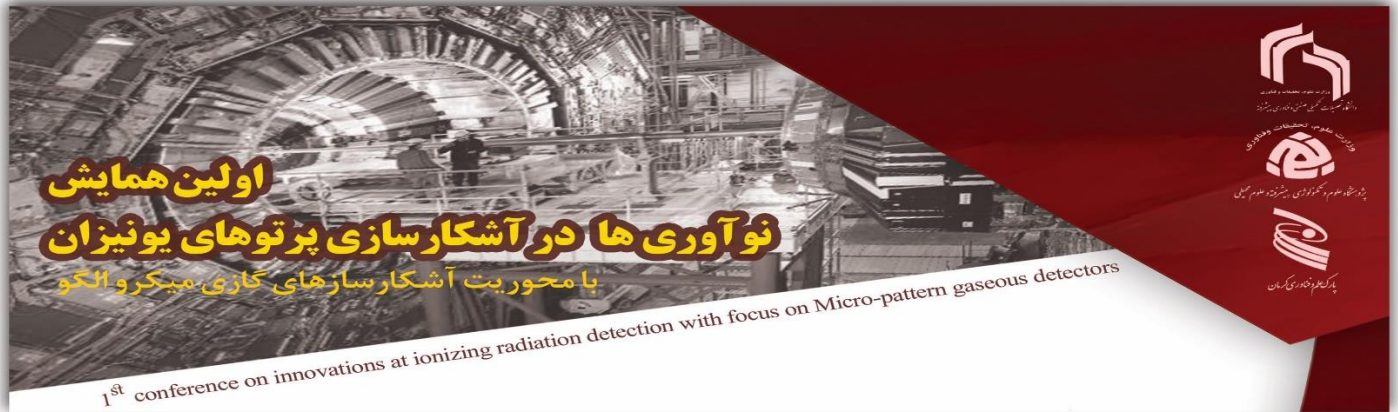
Keywords: Scintillation Detectors, Optical photons, Optimization, Simulation

مراجع:

- [1]. G. Knoll, Radiation Detection and Measurement, 4rd ed., 2010.
- [2]. J.B. Birks, The Theory and Practice of Scintillation Counting, Pergamon Press, Oxford, 1964.
- [3]. Selected Papers on Phosphors, LEDs, and Scintillators, M. J. Weber (ed.), SPIE



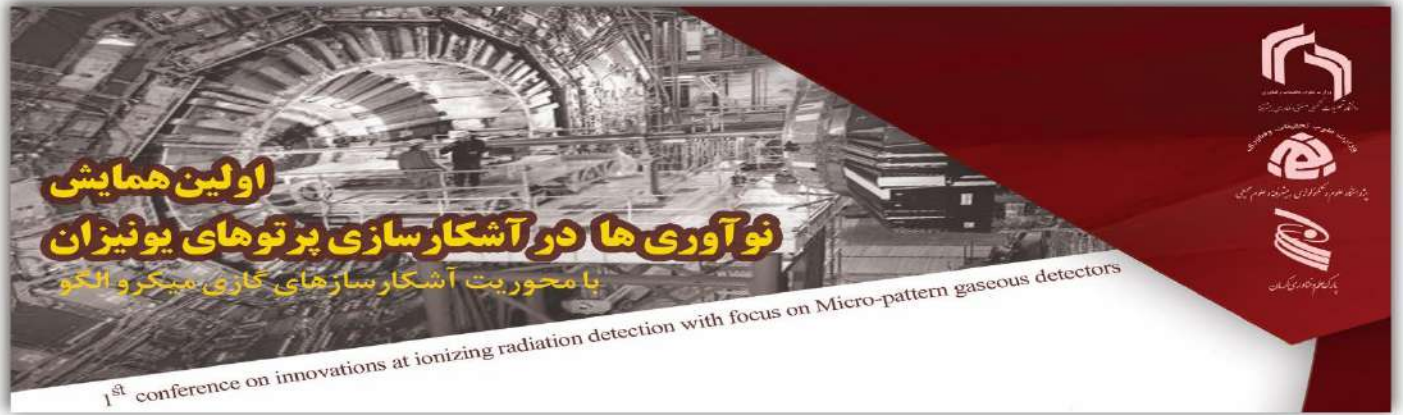
- [4]. Krieger Pub co, Evans LRD, The Atomic Nucleus. New York, (1982).
- [5]. Knoll G, Radiation Detection and Measurement. 4rd ed, New York, Wiley, (2010).
- [6]. Cember H, Thomas E Johnson, McGraw Hill Companies, Pergamon Press. Oxford (1983).
- [7]. Birks JB, The Theory and Practice of Scintillation Counting, Pergamon Press. Oxford, (1964).
- [8]. Chuong HD, Le NT, H. D. Tam. Semi-empirical method for determining the density of liquids using a NaI(Tl) scintillation detector, Applied Radiation and Isotopes. 152, 109–114 (2019).
- [9]. Hofstadter R, Physical Reviw. volum 74, 100 (1948).
- [10]. Joseph E, Nasiru R, Geometry Correction in Efficiency of a Sodium Iodide (Thallium Activated) NaI(Tl) Detector. Pelagia Research Library, Advances in Applied Science Research. volume 3 (2013).
- [11]. Bermejo FJ, Sordo F, neutron Scattering-Fundamentals, Science and Technology Facilities Council. Volume 44, 137-243 (2013).
- [12]. Reid ID, Roduner E, in Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry, Academic press. Santiago, ISBN: 9780128032251 (1999).
- [13]. Blytha CA, Chanb YL, Chenb XC “et al”, Measurement of Cosmic-ray Muon-induced Spallation Neutrons in the Aberdeen Tunnel Underground Laboratory, Nuclear and Particle Physics Proceedings. 273–275 (2016).
- [14]. Antonioli P, Ghetti C, Korolkova EV, “et al”, A three dimensional code for muon propagation through the rock: MUSIC, Astropart Phys. 7 (4), 357 – 368 (1997).
- [15]. Fasso A, The physics models of FLUKA, status and recent development, arXiv: hep-ph/0306267, FLUKA manual. (2003).
- [16]. Infantino A, Blackmore EW, Brugger M, “et al”, FLUKA Monte Carlo assessment of the terrestrial muon flux at low energies and comparison against experimental measurements, Elsevier. (2016).
- [17]. Ferrari A, Sala PR, Fasso A, Ranft J, Fluka a multi-particle transport code. (2011).
- [18]. Fasso A, Ferrari A, Ranft J, Sala PR, FLUKA: a multi-particle transport code, CERN. (2005).



[19]. Böhlen TT, Cerutti F, Chin MP, “et al”, The FLUKA code: developments and challenges for high energy and medical applications, Nuclear data sheets. 1; 120:211-4 (2014).

[20]. Battistoni G, Bauer J, Boehlen TT, “et al”, The FLUKA code: an accurate simulation tool for particle therapy, Frontiers in oncology. 6:116 (2016).

[21]. Guthoff M, Deboer W, MüllerS, Simulation of beam induced lattice defects of diamond detectors using FLUKA. Nucl. Instrum, Methods Phys. Res A. 735: 223-8 (2014).



کاربرد نرم افزار LABVIE و سخت افزار ARDUINO در سنشگر های هسته ای

عباس فرخی زاده*^۱، علی نگارستانی^۱ و سید مهدی هاشمی^۱

^۱ گروه مهندسی هسته ای، دانشکده علوم و فناوری های پیشرفته، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری

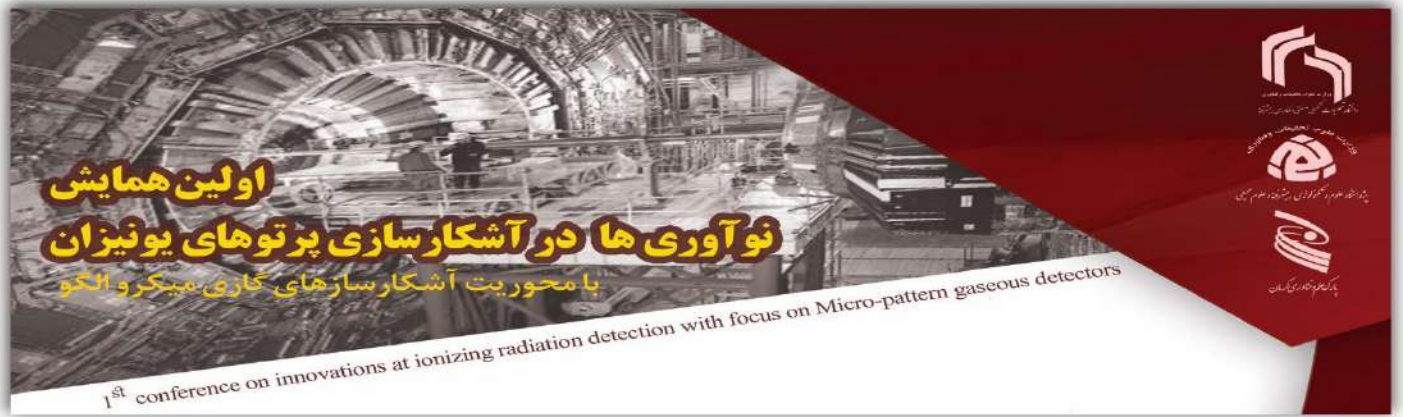
پیشرفته کرمان. پست الکترونیکی: farokhiiabbs@gmail.com

چکیده

امروزه استفاده از سنشگر ها در کنترل فرایند های مختلف از نظر میزان موجودی و ایمنی واحد های صنعتی از مهم ترین ابزار های کلیدی مدیریت در صنایع مختلف از جمله نفت، گاز، صنایع فولاد و... می باشد. این ابزار ها به جهت دقت، سرعت بالا و نصب آسان، عدم تماس مستقیم با ماده کاربرد وسیعی در صنعت میتوان داشته باشد، که ما با استفاده از نرم افزار اتوماسیون صنعتی لب ویو میتوانیم انواع پردازش هایی که بر روی سیگنال های مختلفی که از خروجی انواع سنشگر ها داریم میتوانیم پردازش های لازم را انجام دهیم که راه ارتباط لب ویو با قسمت های مختلف انواع سنشگر ها را میتوانیم با برد آردوینو انجام دهیم.

واژه های کلیدی

سنشگر های هسته ای، ابزار دقیق هسته ای، لب ویو، آردوینو



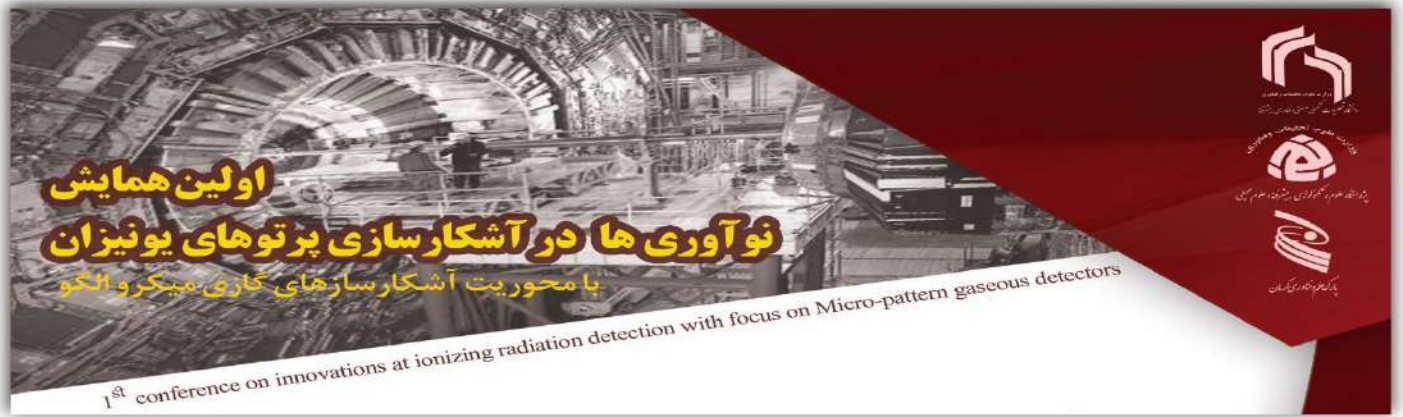
1- مقدمه

آیا تاکنون به این موضوع فکر کرده اید که کشتی های قاره پیما، نفت کش ها مراکز تهیه و توزیع برق و در حجم های گسترده تر مراکز هسته ای و یا حتی مرکز تحقیقات فیزیک بنیادی سرن چگونه هدایت و کنترل می شوند؟ این مراکز چگونه بخش های مختلف خود را که شامل صدها و هزاران سنسور و قطعات الکترونیکی است را کنترل میکنند؟ چگونه تمامی اطلاعات را ثبت و ضبط می کنند و چگونه آنها را در مواقع نیاز فراخوانی می کنند؟ تمامی این مراکز از نرم افزارهای اتوماسیون صنعتی مثل لب ویو و اسکادا استفاده می کنند. اما لب ویو چیست و چگونه کار میکند؟ [1-3]

یک زبان برنامه نویسی گرافیکی است که به وسیله شرکت نشنال اینسترومنتس طراحی شده است زبان برنامه نویسی گرافیکی که به صورت گسترده ای برای کاربرد های مختلفی در صنایع، تحصیلات، آموزش و تحقیقات آزمایشگاهی به عنوان یک مدل استاندارد برای جمع آوری و پردازش داده ها و همچنین وسیله ای جهت کنترل و شبیه سازی ابزارهای مجازی درآمده است. این برنامه یک نرم افزار قدرتمند و قابل انعطاف جهت تجزیه و تحلیل سیستم های اندازه گیری است. عملکرد نرم افزار کاملاً از طبیعت ترتیبی و زنجیره ای موجود زبان های برنامه نویسی متنی متداول و مرسوم مجزاست و یک محیط گرافیکی را برای کاربر فراهم ساخته است [3-4].

۲- نرم افزار لب ویو

در این راه از تمامی ابزارهای لازم جهت جمع آوری، پردازش و تحلیل داده ها و نمایش نتایج استفاده می شود. به کمک این زبان برنامه نویسی گرافیکی که با جی نشان داده میشود، در برنامه نوشته شده، از یک نمودار بلوکی استفاده می شود و سپس این نمودار به کدهای ماشین تبدیل می گردد. این نرم افزار برای موارد بی شماری از کاربردهای علمی و مهندسی، ایده آل و عملی است و به شما کمک می کند تا مسائل و مشکلات موجود در برنامه نویسی را در مدت زمان کوتاهی حل کنید. گستردگی این نرم افزار در زمینه آزمایشگاه ها دارای ابعاد مختلفی است. به عنوان مثال در صنایع گوناگون در مواردی که باید اندازه گیری هایی از قبیل دما انجام گیرد، می توان از این نرم افزار استفاده نمود. این دما



ممکن است دمای یک کوره، یک سیستم سرد کننده مانند یخچال، یک محیط گلخانه‌ای، یک اتاق و یا یک دیگ بخار باشد! [5]

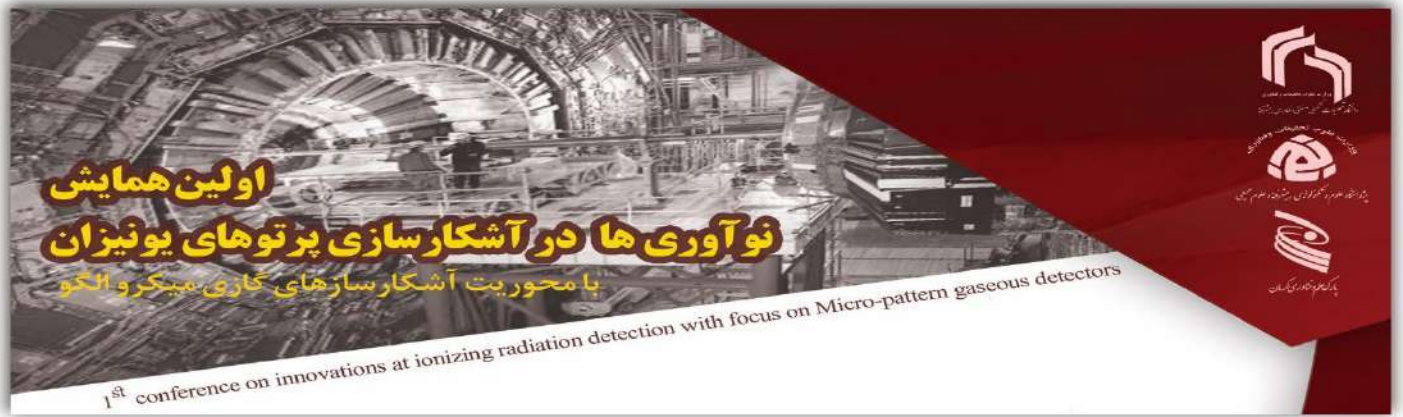
علاوه بر دما می توان موارد دیگری نظیر فشار، نیرو، جابجایی، کشش ، و غیره را نام برد. از رایانه های شخصی به همراه این نرم افزار می توان ابزارهای اندازه گیری حقیقی را در محل های گوناگون به صورت مجازی شبیه سازی کرد. این نرم افزار تحولی اساسی و نوین در شیوه های زبان های برنامه نویسی ایجاد کرده است. برنامه نویسان بدون نوشتن هیچ کدی، برنامه های قدرتمندی را تنها با ابزارهای گرافیکی موجود در برنامه ایجاد می کنند. روش کار به این صورت است که کاربر تنها اشیاء را از پالت های کنترل و فانکشن برداشته و در پنجره فرانت پنل قرار داده و سپس به وسیله سیم کشیهای صحیح آن ها را به یکدیگر اتصال می دهد. این زبان یک زبان برنامه نویسی همه منظوره بوده و با آن می توان کارهای برنامه نویسی شبکه ، پایگاه داده ، ورودی و خروجی فایل و غیره را انجام داد [7].

اما اوج قدرت این برنامه در کار با پورت های سریال و موازی، مدارهای واسط کامپیوتری، عمل کنترل و اتوماسیون و پردازش داده ها است. از آنجایی که نرم افزار لب ویو یک زبان برنامه نویسی محسوب می شود، بنابراین برای همه افرادی که می خواهند در دنیای برنامه نویسی فعالیت کنند مفید است [7]. اما قابلیت های ویژه آن باعث شده که این نرم افزار برای عده ای خاص محبوب تر باشد. قابلیت هایی مانند ارتباط آسان با سخت افزار، شبیه سازی پروسه های صنعتی، طراحی کنترلرهای مختلف، محیط گرافیکی جذاب، درک آسان الگوریتم برنامه و ... معمولا بیشتر کاربران لب ویو مهندسين شاخه های الکترونیک، کنترل، قدرت، مهندسی پزشکی و مکانیک هستند. اما لب ویو در ایران به قدری ناشناخته است که حتی بعضی از مهندسين فوقهم نام آن را نشنیده اند! [9]

۳- سخت افزار آردوینو

آردوینو یک پلتفرم متن باز یا *OPEN-SOURCE* است که برای ساخت پروژه های الکترونیکی مورد استفاده قرار می گیرد. آردوینو از دو قسمت تشکیل شده است. یک برد الکترونیکی قابل برنامه ریزی که از یک میکروکنترلر به عنوان پردازنده بهره می گیرد و یک قسمت نرم افزار یا *IDE* که بر روی کامپیوتر نصب می شود که برای نوشتن کد و پروگرام کردن آن بر روی برد آردوینو مورد استفاده قرار می گیرد [4]. آردوینو در بین افراد علاقه مند به یادگیری الکترونیک محبوبیت بسیاری پیدار کرده است. این محبوبیت به دلایل زیر است [2].

۱- بر خلاف سایر بردهای مورد استفاده در گذشته ، بردهای آردوینو نیاز به سخت افزار جانبی برای پروگرام کردن ندارد و تنها با استفاده از یک کابل *USB* ساده قابل برنامه ریزی است [1].



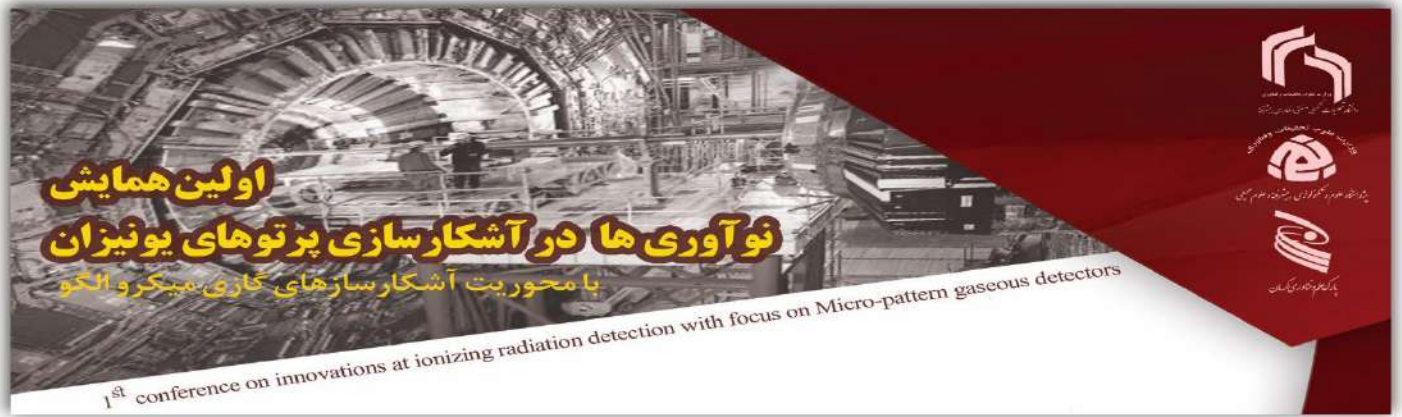
۲- برنامه نویسی در محیط آردوینو *IDE* با استفاده از زبان سطح بالای *C++* و لب ویو و... انجام می شود. که کار برنامه نویس را بسیار راحت می کند چرا که نیاز به دانستن کدها و رجیسترهای سطح پایین نیست. و به راحتی با استفاده از فانکشن های آماده ، برد را در حالات مورد نظر می توان پیکر بندی نمود [5].

۴- پردازش سیگنال جهت کاربرد های هسته ای

ورود پردازش سیگنال به صنعت منجر به بهبود کیفیت تولیدات و افزایش دقت و سهولت در کنترل تجهیزات و اتوماسیون صنعتی شد بطوریکه امروزه پروژه های پردازش سیگنال به صورت فراگیر در زمینه ای مختلف صنعتی ، پزشکی ، هسته ای، دانش بنیان و... انجام می شود. سیگنال های اطلاعاتی از طریق کارت های واسطی چون DAQ جمع آوری شده و در نرم افزار هایی قوی چون (متلب) و (لب ویو) انتقال داده میشود و پردازش می شوند [8].

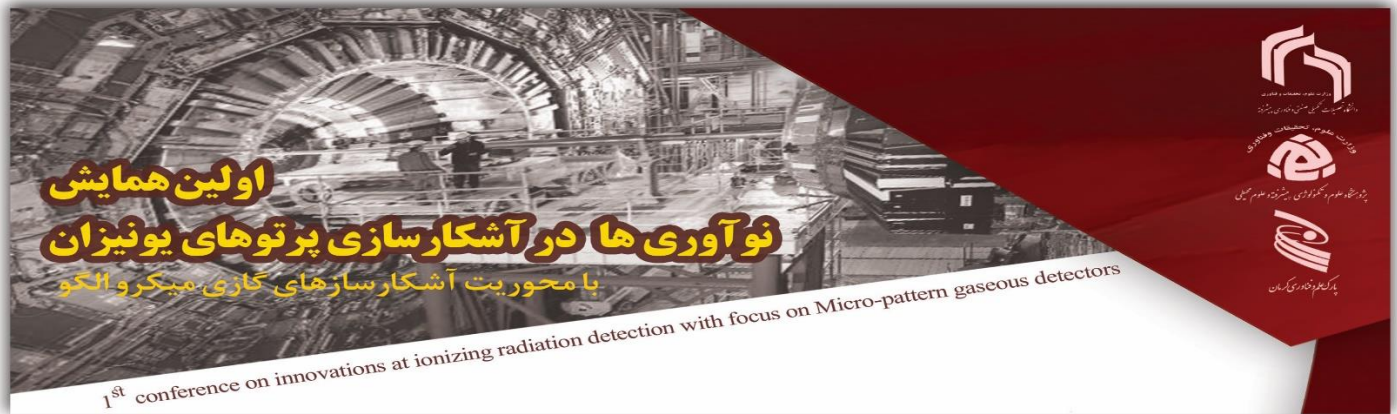
برخی از اهداف پردازش سیگنال [9]:

- ۱) حذف نویز
 - ۲) بازسازی سیگنال خراب
 - ۳) مقایسه سیگنال دریافتی با سیگنال مرجع
 - ۴) مخفی سازی سیگنال اطلاعات در سیگنال دیگر (مثلا مخفی کردن تصویر در صدا)
- جدول شماره ۱ چگالی سیال های مورد استفاده.



۵-مراجع

1. Elammaran J, Sinin H. Sound Absorption Coefficients Natural Fibre Reinforced Composites. Trans Tech Publications 2013; 701: 53-8.
2. Frouharmajd F, Nasiri P, Monazam M, Yazdchi M. The optimization of (LFNV) low frequency noise and vibration abatement process by active and passive methods in an air transmitting duct]. Tehran: Theran university of medical sciences; 2013.[In persian]
3. Nelson D, Nelson R, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. Am J Ind Med 2005;48(6):446-58.
4. Corporation NI. Labview, getting started with Labview. USA; 2006.
5. Corporation NI. Understanding bundle of Labview. 2012.
6. De E, Ningning W, Xian-ling, jieyu F, Ningbo Z. Real time detection system of state of train wheels based on Labview. Lecture note in Electrical engineering: 2012.
7. Gong P, Zhou W. Design and Implementation of Multifunctional Virtual Oscilloscope Using USB Data-Acquisition Card. Procedia Engineering 2012; 29: 3245-9
8. Reichmuth C, Ghouil A, Southall BL. Temporal processing of low-frequency sounds by seals. J Acoust Soc Am 2012;132(4):2147-50.
9. Bel LH. Handbook of industrial noise control: Fundamentals and Applications. Second ed. NewYork: MARCEL DEKKER, INC; 1994. P. 631.



بررسی میزان عناصر رادیواکتیو در خاک، آب و رسوبات چشمه آبگرم جوشان کرمان

محمود عبدالله پور^۱، محمد رضا رضایی^{۲*}، ندا زارعی^۲، سعید محمدی^۱

۱- دانشکده فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- گروه مهندسی هسته ای، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری

پیشرفته، کرمان، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: mr.rezaie@kgut.ac.ir

چکیده

چشمه های آبگرم بعنوان یکی از مراکز آب درمانی در جهان شناخته شده اند و بعلاوه خواص درمانی آنها مورد استقبال قرار گرفته اند. به علت اینکه آب این چشمه ها معمولاً از لایه های زیرزمینی عبور کرده و در اثر دمای بالا و جریان روبه بالای آب مواد مختلفی از عناصر موجود در لایه های زیرزمینی را در خود حل کرده و هنگام خروج آب از مظهر آنها به علت سرد شدن آب، مواد حل شده ته نشین شده و لایه های رسوبی از جنس تراورتن را ایجاد می کنند. به علت وجود رادن در آب های چشمه آبگرم عناصر رادیواکتیو در رسوبات چشمه وجود دارد و این رسوبات دارای رادیواکتیویته بالایی می باشد. هدف از این تحقیق بررسی میزان عناصر ^{232}Th ، ^{40}K ، ^{238}U ، ^{226}Ra ، ^{137}Cs در خاک، آب و رسوبات چشمه های آبگرم منطقه کرمان است. وجود این عناصر باعث ایجاد دز موثر سالانه ای در کسانی که از این چشمه ها بعلاوه خواص درمانی استفاده می شود که در صورت بیشتر از حد مجاز بودن باعث ایجاد خطرات تابشی و موجب سرطان شود. نتایج نشان می دهد که اکتیویته عناصر ^{232}Th ، ^{40}K ، ^{238}U ، ^{226}Ra ، ^{137}Cs در خاک، آب و رسوبات چشمه های آبگرم جوشان منطقه کرمان کمتر از حد مجاز است.

واژه های کلیدی

چشمه آبگرم، جوشان، عناصر رادیواکتیو، اکتیویته، رسوبات

Investigation of radioactive elements in sinter, soil and water of Kerman Joshan hot spring

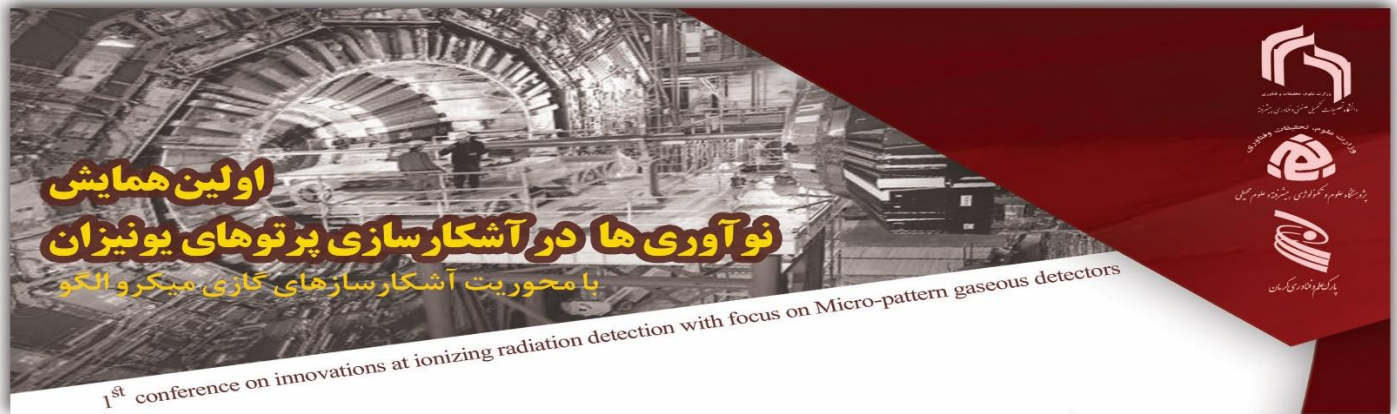
Mahmoud Abdollah pour¹, Mohammadreza Rezaei^{2,*}, Neda Zarei¹, Saeed Mohammadi

1. Department of Nuclear Engineering, Faculty of Modern Sciences and Technologies, Graduate

University of Industrial and Advanced Technology, Kerman, Iran

2. - Faculty of Physics, PNU University, Tehran, Iran

Email of the responsible author: mr.rezaie@kgut.ac.ir



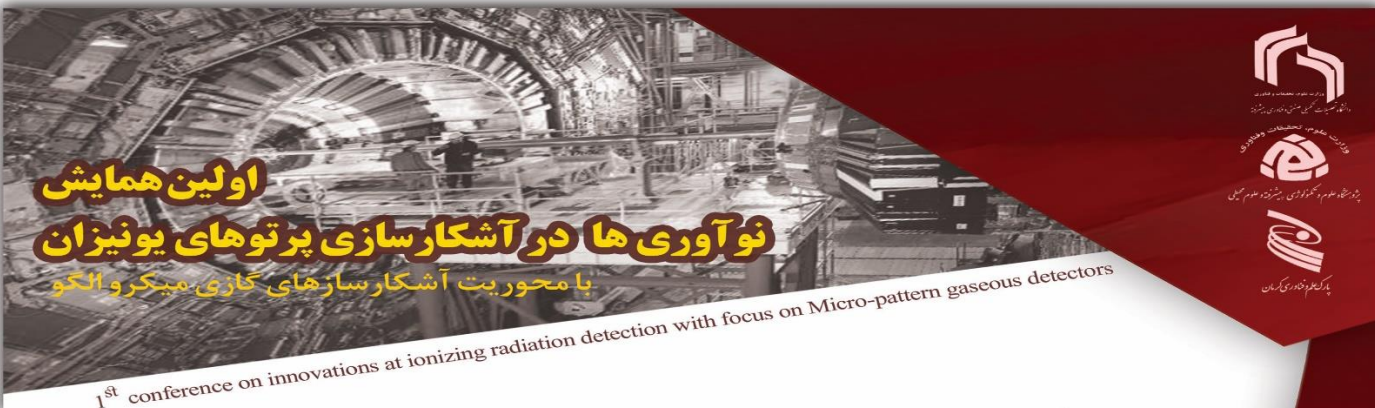
Abstract:

Hot springs are known as one of the hydrotherapy centers in the world and have been welcomed due to their healing properties. Because of this fact that the water of these springs usually passes through the underground layers and due to the high temperature and upward flow of water, it dissolves various material of the element exist in the underground layers and when the water leaves their appearance due to water cooling., Dissolved solutes and sedimentary layers of travertine are formed. Due to the presence of radon in the hot spring waters, there are radioactive elements in the sediments of springs and these sediments have high radioactivity. The purpose of this study was to investigate the amount of elements ^{238}U , ^{226}Ra , ^{137}Cs , ^{232}Th , ^{40}K , in soil, water and sediments of hot springs in Kerman region. The presence of these elements causes an effective annual dose in those of these springs due to their healing properties It is used to cause radiation hazards and cancer if it is more than allowed. The results show that the activity of elements ^{238}U , ^{226}Ra , ^{137}Cs , ^{232}Th , ^{40}K , in soil, water and sediments of boiling hot springs in Kerman region is less than the limit. Is allowed.

Keywords: hot spring, Joshan, radioactive elements, activity, sinters

مقدمه

بعلت وجود عناصر رادیواکتیو در رسوبات چشمه‌های آبگرم بررسی مخاطرات تابشی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین بعلت اینکه از آب این چشمه‌ها نیز برای مصارف کشاورزی و خانگی استفاده می‌شود برآورد دز در افراد ساکن در اطراف این چشمه‌ها نیز ضرورت دارد. کمیت‌های مختلفی در برآورد مخاطرات تابشی مورد بررسی قرار می‌گیرد. یکی از این کمیت‌ها محاسبه میزان ریسک ابتلا به سرطان است که برای چشمه‌های آبگرم بایستی محاسبه شود. خاک اطراف چشمه‌های آبگرم نیز میزان اکتیویته بالاتری نسبت به محیط‌های دیگر دارند که میزان اکتیویته عناصر ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{137}Cs در آنها نیز باید بررسی شده و خطر ناشی آنها به مخاطرات رسوبات چشمه و همچنین مخاطرات ناشی از میزان رادن در آب اضافه شود. از کاربردهای مهم این تحقیق برآورد میزان مخاطرات تابشی و استفاده از چشمه آبگرم جوشان کرمان است. بعلت استفاده مراجعه کنندگان از این چشمه بعلت خواص درمانی، ذکر مخاطرات تابشی نیز در محل استفاده از اهداف این تحقیق است. آگاه بودن استفاده کنندگان از مخاطرات تابشی میزان استفاده از چشمه آبگرم را در زمان معقول تنظیم می‌کند. هدف از این تحقیق بررسی میزان عناصر رادیواکتیو در رسوبات چشمه جهت بررسی دز سالانه در اندام‌های مختلف انسان است. جهت انجام این تحقیق بایستی با تکنیک XRD نوع رسوبات، درصد عناصر موجود در آن شناسایی شوند. نتایج نشان می‌دهد که رسوبات چشمه‌های آبگرم دارای سه نوع اصلی می-



اولین همایش

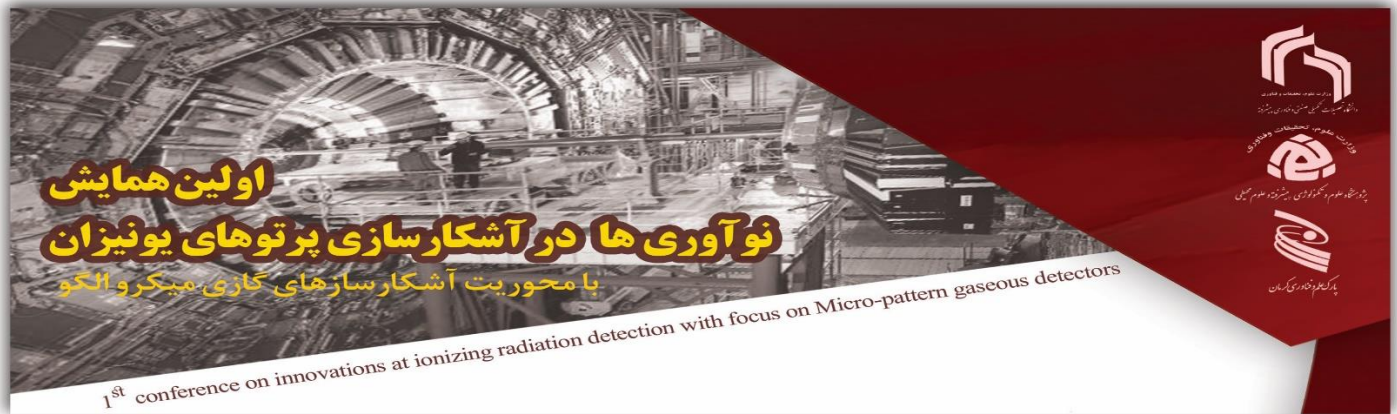
نوآوری‌ها در آشکارسازی پرتوهای یونیزان

با محوریت آشکارسازهای گازی میکرو الگو

1st conference on innovations at ionizing radiation detection with focus on Micro-pattern gaseous detectors

باشند. یا این رسوبات 1 کربناتی یا 2 سیلیکونی یا ترکیبی از هرسیلیکون و کربناتی می‌باشند. [1] بعضی از بررسی‌ها نشان می‌دهد که اغلب رسوبات چشمه‌های آبگرم از نوع کربناتی می‌باشند. [2] و بعضی از آنها از نوع سیلیکون اند. [3] همچنین درصدی از رسوبات چشمه‌های آبگرم از هر دو نوع گزارش شده‌اند درصد SiO_2 و $CaCO_3$ در این رسوبات از همه عناصر دیگر بیشتر است. [1] با استفاده از تکنیک XRD درصد عناصر موجود در رسوبات چشمه‌های آبگرم محاسبه شده است. [4] میزان عناصر رادیواکتیویته Th, K, U, Cs, Ra و آب و خاک اطراف چشمه‌های آبگرم دریای سیاه ترکیه محاسبه شده است. [5] گزارش‌های کمی درباره محاسبه درصد عناصر در رسوبات چشمه‌های آبگرم وجود دارد. [6] میزان مخاطرات تابشی ناشی از عناصر رادیواکتیو در آب چشمه‌های آبگرم محاسبه شده است. [7] همچنین گزارش‌های متوالی درباره مخاطرات تابشی سنگ و خاک اطراف چشمه‌های آبگرم و مناطق دیگر وجود دارد. [8] در زمینه محاسبه دز با استفاده از آشکارسازگازی در بالای چشمه‌های آبگرم و خاک اطراف آن گزارش‌هایی وجود دارد. [9] محاسبه دز موثر سالانه با محاسبه غلظت رادن و رادیوم در آب و خاک اطراف انجام شده است [10-12] از نتایج این تحقیق میتوان در برآورد مخاطرات چشمه‌های آبگرم ایران استفاده کرد. درصد عناصر Th, K, U, Ra, \dots در رسوبات چشمه و بررسی اکتیویته این عناصر از کاربردهای مهم این تحقیق است. با استفاده از اطلاعات درصد عناصر می‌توان کمیت‌های مختلف مخاطرات تابشی را بدست آورد و نتایج آن را برای بررسی دز موثر سالیانه و میزان ریسک ابتلا به سرطان بکار برد. همچنین سازمان گردشگری و منابع طبیعی از نتایج این تحقیق می‌تواند به گردشگران جهت استفاده بهینه از چشمه‌های آبگرم بعلت خواص درمانی آنها اطمینان بخشد. در سال ۱۳۹۷ آقای علی بهرامی سامانی و همکاران بروی موضوع درصد عناصر رادیواکتیویته در چشمه‌های آبگرم کار کرده‌اند. [۱۳] در سال ۱۳۹۸ آقای حسین بذرگری و همکاران مخاطرات تابشی ناشی از میزان عناصر رادیواکتیو در آب چشمه‌ها آبگرم منطقه خراسان جنوبی را بررسی و گزارش کردند. [9] در سال ۱۹۹۸ آقای دی وانیمان و همکاران درصد عناصر موجود در رسوبات چشمه آبگرم مریخ را برای مشاهده حیات محاسبه کردند. [6] این تحقیقات و تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که موضوع بررسی مخاطرات تابشی ناشی از رسوبات چشمه آبگرم کرمان یک موضوع جدید و بروز می‌باشد. با توجه به درصد عناصر رادیواکتیو و با استفاده از معادله اکتیویته ویژه، اکتیویته ویژه عناصر رادیواکتیو در خاک و اجزاء چشمه (رسوبات و آب) محاسبه می‌شود. در این مقاله سعی میشود با توجه به اکتیویته ویژه محاسبه شده و معادلات مخاطرات تابشی مربوطه میزان خطرات تابشی ناشی از رسوبات چشمه آبگرم و اجزاء دیگر آن محاسبه و ریسک ابتلا به سرطان محاسبه می‌شود.

مواد و روش‌ها



ابتدا نوع رسوبات چشمه های آبگرم جوشان کرمان با استفاده از تکنیک XRD تشخیص داده شده و درصد عناصر موجود در آن محاسبه می شود. همچنین نمونه های رسوبات چشمه آبگرم، آب و خاک چشمه با استفاده از دستگاه $CSI(TL)$ و درصد عناصر رادیواکتیو Th, K, U, Ra, Cs و در آنها محاسبه می شود.

نتایج

نتایج این تحقیق نشان می دهد که رسوبات چشمه های آبگرم سیرچ کرمان از جنس آهکی-سیلیکاتی است. نتایج اندازه گیری فعالیت عناصر Th, K, U, Cs در رسوبات چشمه های آب گرم نیز در جدول ۱ که با استفاده از اشکارساز $CSI(TL)$ بدست آمده است را نشان میدهد.

جدول ۱: فعالیت عناصر Th, K, U, Cs در رسوبات، آب و خاک جوشان آب چشمه های آب گرم کرمان.

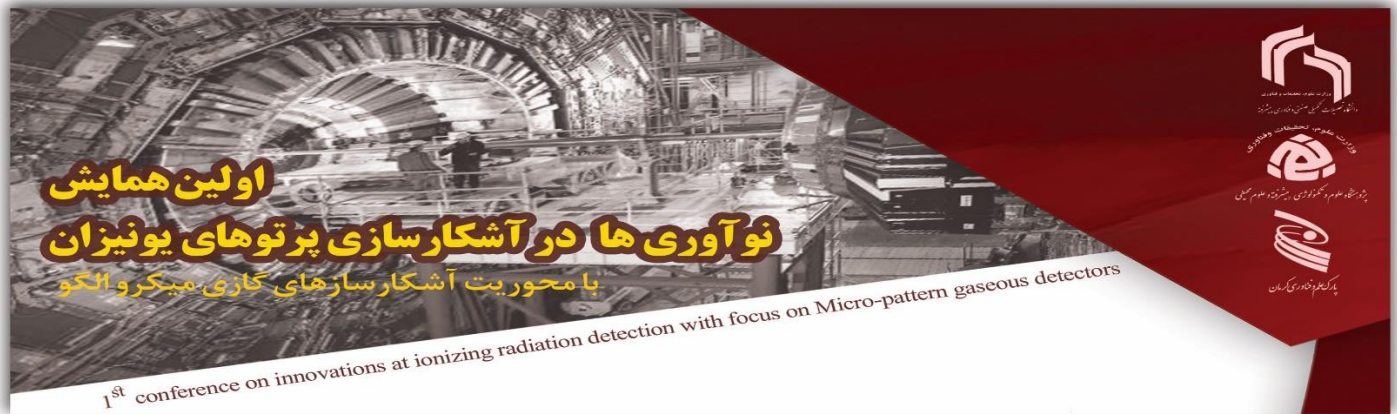
	Activity (Bq/kg)		
	water	sinter	soil
A_{Th}	38.75457	45.80085	26.42357
A_u	11.07236	2.768089	34.04032
A_k	0	0	0
A_{cs}	3.047619	3.047619	12.19048

نتیجه گیری و جمع بندی

به منظور برآورد خطرات تابشی آب چشمه های آب گرم سیرچ کرمان، نمونه های مختلفی از رسوبات آب چشمه های آب گرم، خاک و آب چشمه جمع آوری و ترکیب شیمیایی رسوبات، میزان اکتیویته رسوبات آبگرم، خاک و آب چشمه به دست آمد. نتایج نشان می دهد که رسوبات آب چشمه های آبگرم سیرچ از نوع ترکیبی یا آهکی-سیلیکاتی می باشد. فعالیت عناصر Cs, K, U, Th در رسوبات چشمه های آب گرم برابر ۴۵.۸۰۰۸۵ و ۲.۷۶۸۰۸۹ ، ۰ ، ۳۰.۴۷۶۱۹ و فعالیت عناصر رادیواکتیو در رسوبات چشمه بیشتر از مقدار موجود در آب و خاک چشمه و کمتر از حد مجاز است

مراجع

1: Putra A, Inanda DY, Buspa F, Salim AF. Microstructure of Sinter Deposit Formed at Hot Springs in West Sumatera. In Journal of Physics: Conference Series 2018 Mar 1 (Vol. 997, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.



2: Beitollahi M, Ghiassi-Nejad M, Esmaeli A, Dunker R. Radiological studies in the hot spring region of Mahallat, Central Iran. Radiation protection dosimetry. 2007 Mar 1;123(4):505-8.

3: Jones B, Renaut RW. Hot spring and geyser sinters: the integrated product of precipitation, replacement, and deposition. Canadian Journal of Earth Sciences. 2003 Nov 1;40(11):1549-69.

4: Oue K, Ohsawa S, Yusa Y. Change in color of the hot spring deposits at the Chinoike-Jigoku hot pool, Beppu geothermal field. Geothermics. 2002 Jun 1;31(3):361-80.

Xrd

5: Duran SU, Küçükömeroğlu B, Çevik U, Çelik N, Taskin H, Ersoy H. Radioactivity measurements in spas of central and Eastern Black Sea region, Turkey. International Journal of Radiation Research. 2019 Jul 1;17(3):383-91.

6: Vaniman D, Bish D, Blake D, Elliott ST, Sarrazin P, Collins SA, Chipera S. Landed XRD/XRF analysis of prime targets in the search for past or present Martian life. Journal of Geophysical Research: Planets. 1998 Dec 25;103(E13):31477-89.

7: Hamzah Z, Saat A, Kassim M. Determination of radon activity concentration in hot spring and surface water using gamma spectrometry technique. The Malaysian journal of Analytical sciences. 2011 Jul 15;15(2):288-94.

8: گلی احمدآباد، فواد، طبری جویباری، راحله، رسولی، قربانی، محمد، ناصرپور، مظفر. برآورد دز مؤثر سالیانه و خطر مازاد ابتلا به سرطان ناشی از گامای طبیعی در جوار چشمه آبگرم. مجله علمی پزشکی جندی شاپور. ۲۰۱۸. Aug 23;17(3):339-45.

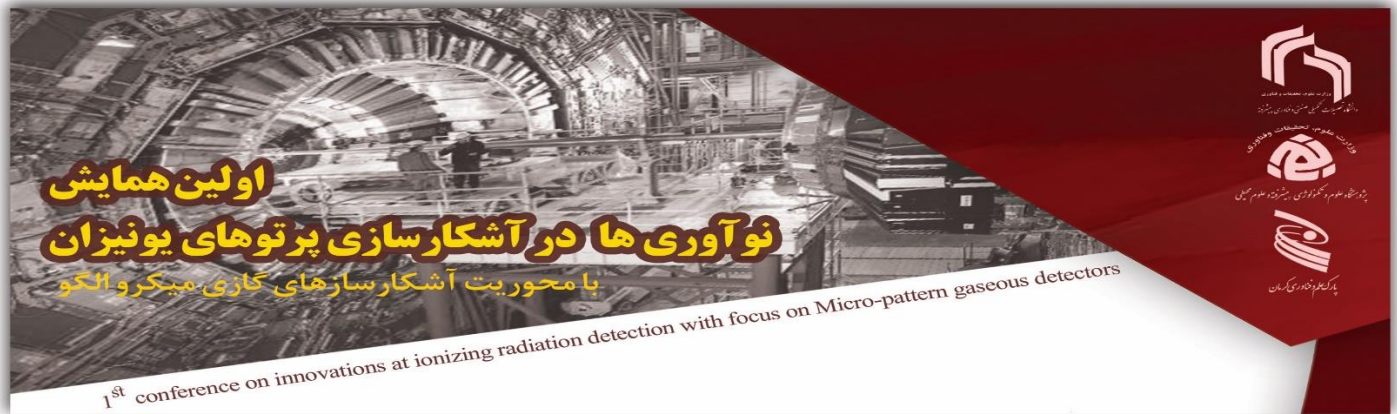
9: Natural Gamma radiation and effective annual dose in hot springs in south Khorasan province, Iran. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2019 Nov 10;29(178):42-51.

10: Nollet LM, De Gelder LS, editors. Handbook of water analysis. CRC press; 2000 Jun 27.

11: Setiawati E, Pratama Y, Azam M. Application of MCNP for determining the distribution of absorbed dose in lung brachytherapy by using radiation γ 131cs. In Journal of Physics: Conference Series 2019 May 1 (Vol. 1217, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.

12: Ryckman JM. Using MCNPX to calculate primary and secondary dose in proton therapy (Doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology).

13: جباری، شیوا، سلیمی، بهرامی سامانی، شیروانی آرنی، سیمیندخت. ارزیابی میزان پرتوزایی رادون-۲۲۲ و رادیوم-۲۲۶ در آب‌های معدنی و آشامیدنی شهرستان سرعین. مجله سنجش و ایمنی پرتو. ۲۰۱۹. Mar 10;7(1):11-20.



تشخیص بور در تومور های سرطانی بروش تابش گامای انی در اثر فعالسازی نوترونی (PGNAA) با استفاده از چشمه نوترون کرمان

شراره بابا محمدی^۱، ندا زارعی^۲، محمد رضا رضایی^{۳*}

۲. گروه مهندسی هسته ای؛ دانشکده علوم و فن آوری های نوین دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان

*آدرس رایانامه نویسنده مسئول : mr.rezaie@kgut.ac.ir

چکیده

تشخیص عناصر در یک نمونه یکی از روش های متداول در علم و تکنولوژی است. علاوه بر روش های اتمی مثل XRD و XRF استفاده از روش های هسته ای نیز در این زمینه کاربرد زیادی دارد. یکی از تکنیک های هسته ای استفاده از روش PGNAA با استفاده از چشمه نوترون است که در این تحقیق امکان تشخیص بور در تومور های سرطانی با استفاده از آن بررسی شود. با تعریف یک چشمه نوترون و ماده تومور و بور در کد MCNPx ابتدا گامای مشخصه هر یک از عناصر تومور شناسایی شد. سپس با تعریف طیف چشمه نوترون کرمان و ماده تومور در کد خطوط مربوط به بور شناسایی و نتایج براساس درصد بور در بافت فرمولبندی شده است. نتایج این تحقیق نشان میدهد که روش PGNAA با چشمه نوترون کرمان یک روش مناسب برای برای شناسایی بور در بافت های انسانی میباشد.

واژه های کلیدی

بافت تومور، بور، تشخیص عناصر، PGNAA، MCNPx، نوترون

Boron detection in cancerous tumors by prompt gamma neutron activation (PGNAA) method using Kerman neutron source

Sharareh BabaMohammadi,^۱ Neda Zarei^۱ Mohammadreza Rezaie^{۲*}

1. Department of Nuclear Engineering, Faculty of Modern Sciences and Technologies, Graduate University of Industrial and Advanced Technology, Kerman, Iran

Email of the responsible author: mr.rezaie@kgut.ac.ir

Abstract:



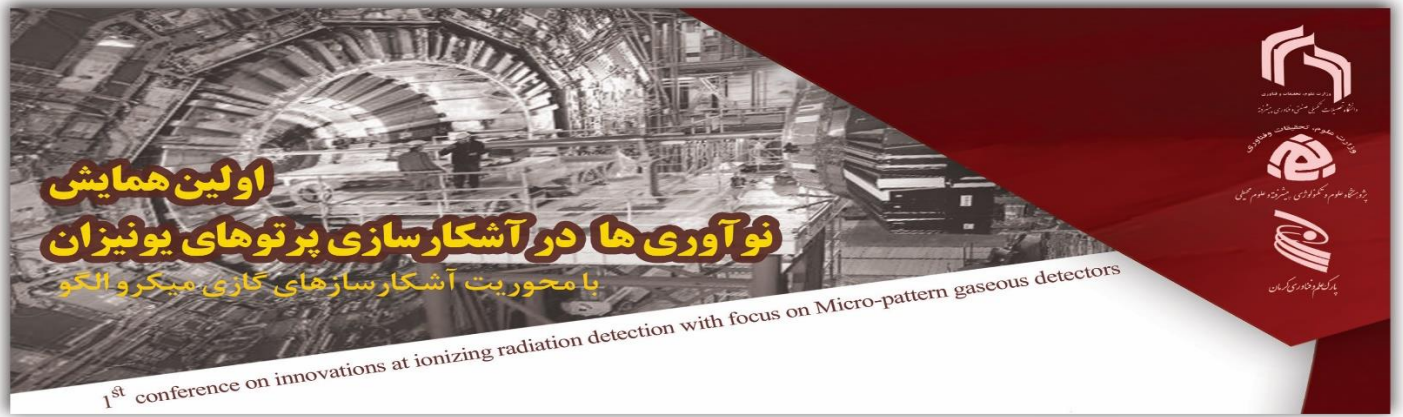
Detection of elements in a sample is one of the common methods in science and technology. In addition to atomic methods such as XRD and XRF, the use of nuclear methods is also widely used in this field. One of the nuclear techniques is the PGNAA method using It is from a neutron source that in this study the possibility of detecting boron in cancerous tumors can be investigated. By defining a neutron source and tumor substance and boron in MCNPx code, the characteristic gamma of each tumor element was identified first. Kerman neutron source and tumor material are identified in the code line related to boron and the results are formulated based on the percentage of boron in the tissue. The results of this study show that the PGNAA method with Kerman neutron source is a suitable method for identifying boron in human tissues.

Keywords: Tumor tissue, element detection, PGNAA, MCNPX, neutrons.

مقدمه

تشخیص عناصر در نمونه های مختلف کاربرد های زیادی در علم و صنعت، پزشکی، دیرینه شناسی دارد [1]. تکنیک های مختلفی مثل XRD از دیرباز در این زمینه استفاده شده است [2,3]. اساس کار این روشها تابش الکترون پراثری به سطح نمونه و اندازه گیری طیف اشعه X ساطع شده در اثر برانگیختگی اتم های موجود در سطح مواد مختلف است [4]. از روش های هسته ای مثل PIXE در زمینه تشخیص عناصر استفاده میشود. [5] این روش مبنی بر تابش پروتون پر انرژی به سطح جسم و اندازه گیری طیف اشعه X تابش شده از نمونه در اثر برانگیختگی هسته عناصر موجود در نمونه میباشد [6] روش دیگر هسته ای روش PGNAA میباشد که با استفاده از تابش نوترون به نمونه و اندازه گیری طیف گامای آبی ناشی از نوترون فرودی در هسته عناصر موجود در نمونه می باشد. [7] در این تحقیق سعی میشود که با استفاده از چشمه نوترون کرمان امکان تشخیص بور در تومورهای سرطانی بررسی شود. از بور برای درمان سرطان در روش BNCT استفاده میشود. تمرکز بور در نمونه از اهمیت ویژه ای در این روش برخوردار است. علاوه بر بور عناصر دیگری در تومور های سرطانی وجود دارند. برای فعال سازی بور این عناصر نیز فعال سازی می شوند [8]. و از خود تابش های گاما مشخصه ای ساطع میکنند. در این تحقیق با استفاده از کد MCNP که یک کد هسته ای- اتمی مبتنی بر روش مونت کارلو است جهت انجام این امر استفاده میشود [9]. چشمه نوترون کرمان یک چشمه Am-Be با اکتیویته 5 کوری است. چگونگی انجام این عمل در ادامه شرح داده میشود.

مواد و روش ها :



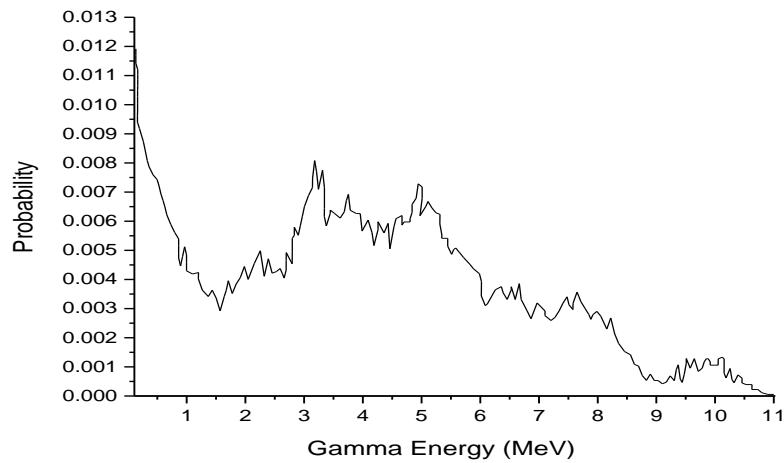
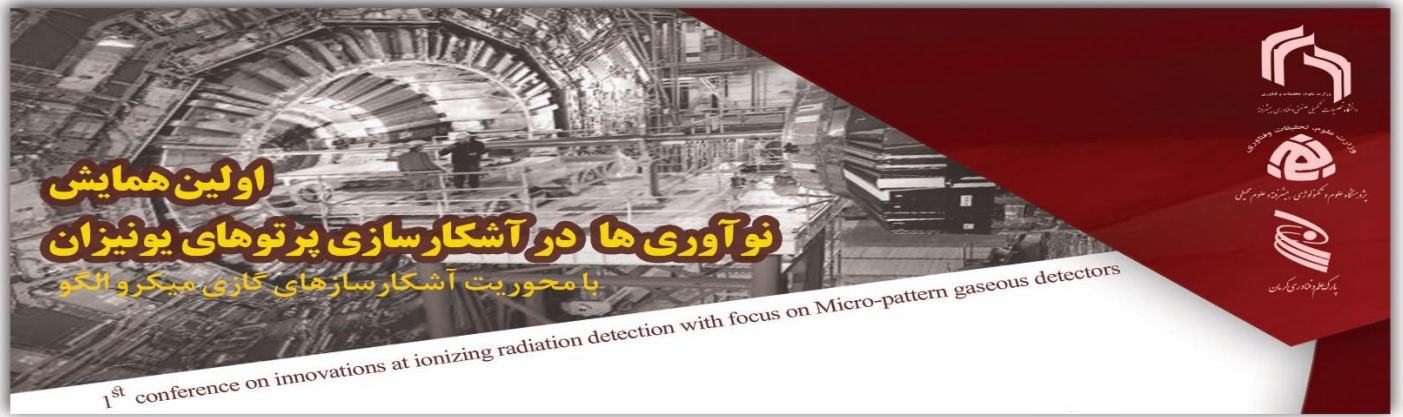
جهت انجام این تحقیق از کد MCNP استفاده شده است. برای اجرای برنامه MCNP یک فایل ورودی نیاز است. فایل ورودی شامل هندسه، سطوح و داده های مورد نیاز برای اجرای برنامه است. هندسه شامل یک مکعب به ابعاد $1 \times 1 \times 1 \text{ cm}^3$ و یک آشکارساز از نوع SiPM است. عناصر موجود در هدف مورد تابش شامل بافت تومور است که درصد خیلی کمی از بور به آن اضافه شده است که درصد عناصر آن در جدول ۱ نشان داده شده است [10].

جدول ۱: درصد عناصر بافت نرم تومور [10]

عدد اتمی	درصد
1	0.104472
6	0.232190
7	0.024880
8	0.630238
11	0.001130
12	0.000130

15	0.001330
16	0.001990
17	0.001340
19	0.001990
20	0.000230
26	0.000050
30	0.000030

چشمه یکی از داده های اصلی در فایل ورودی می باشد که شامل اطلاعات مربوط به طیف انرژی نوترون های چشمه نوترون کرمان است که در شکل ۱ نشان داده شده است [11].

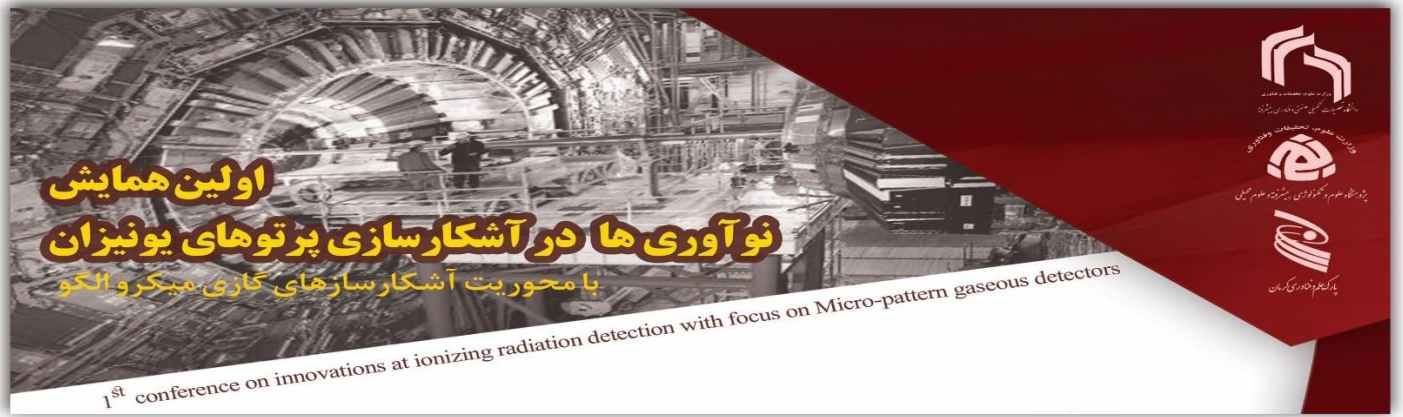


شکل ۱: طیف چشمه نوترون کرمان [11]

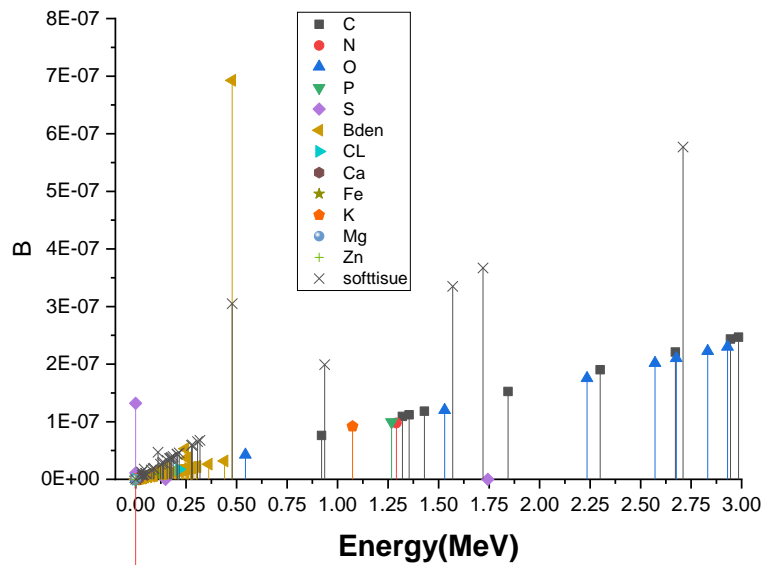
و در کد MCNP اعمال شده است جهت مشاهده گامای مشخصه عناصر موجود در بافت تومور از تالی F_8 که میزان دز را برحسب Mev/g در آشکارساز SiPM محاسبه میکند استفاده شده است. با تعریف هر یک از عناصر موجود در بافت تومور گامای مشخصه هر یک از عناصر در انرژی نوترون برابر 3MeV بصورت مجزا شناسایی میشوند. سپس با اعمال چشمه نوترون بر بافت تومور بور دار گامای مشخصه در درصدهای مختلف شناسایی میشود.

نتایج

ابتدا گامای مشخصه عناصر موجود در بافت تومور و بور با یک چشمه نوترون با انرژی 3MeV استخراج شده است. سپس با اعمال طیف انرژی چشمه نوترون کرمان در کد MCNP نوشته شده طیف گامای مشخصه هر یک از عناصر موجود

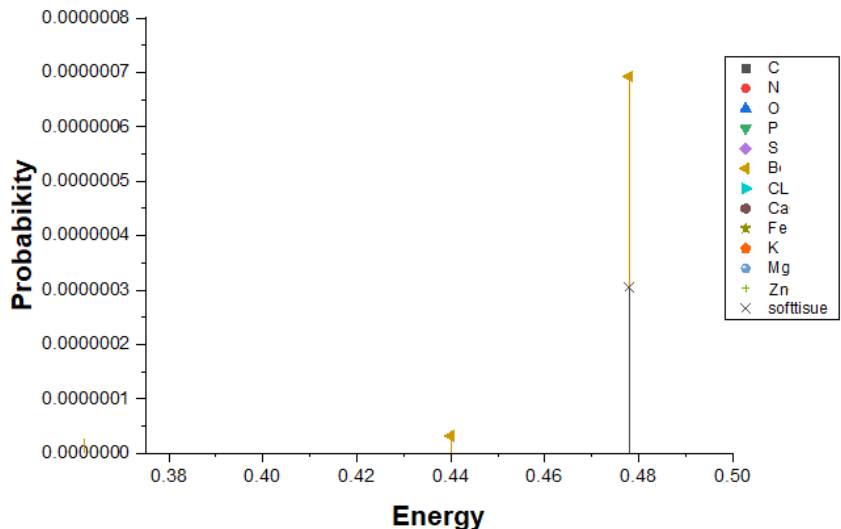
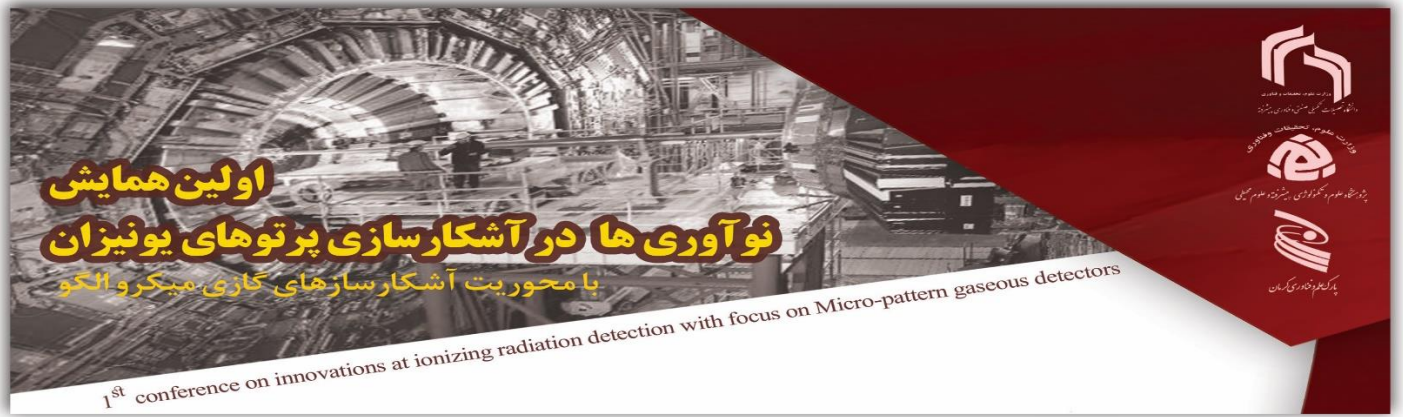


در بافت تومور بوردار شناسایی میشود. با اعمال چشمه نوترون کرمان بر بافت تومور بور دار طیف گامای مشخصه کلی ارسال شده از نمونه تومور بوردار محاسبه که نتیجه آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: طیف گامای مشخصه کلی ارسال شده از نمونه تومور بوردار

نتایج محاسبات و بررسی ها نشان می دهد که خط گامای مشخصه 0.478 MeV مربوط به عنصر بور در بافت تومور است (شکل ۳)



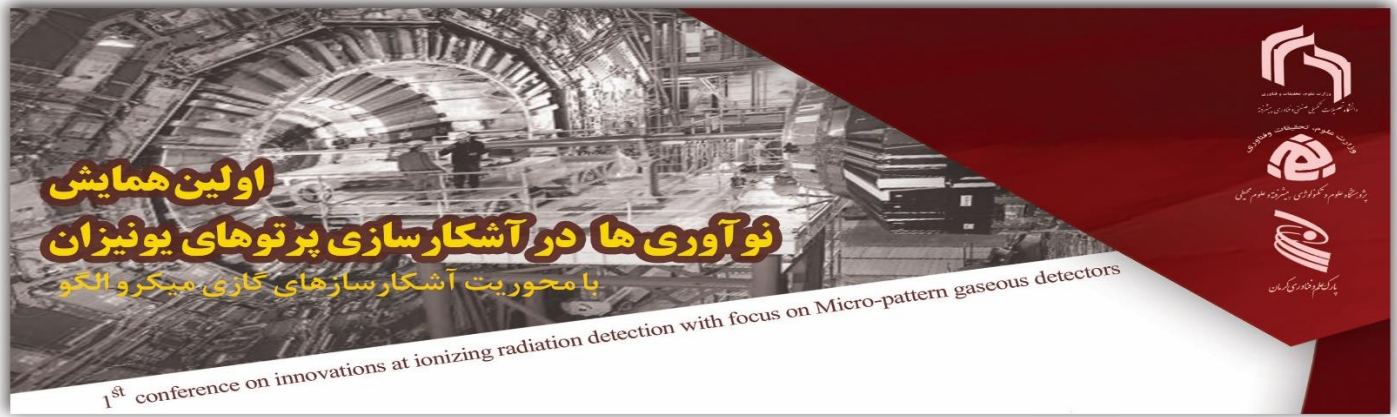
شکل ۳: خط گامای مشخصه ۰.۴۷۸ MeV مربوط به عنصر بور در بافت تومور

با استفاده از روش مونت کارلو رابطه بین خروجی اشکارساز در انرژی ۰.۴۷۸ MeV و درصد های مختلف بور با استفاده از روش مونت کارلو استخراج شده که در جدول ۲ و با معادله ۱ بیان شده است.

$$(1) \eta = 8.6 \times 10^{-6} X - 5. \times 10^{-6} X^2$$

جدول ۲: خروجی اشکارساز در انرژی ۰.۴۷۸ MeV و درصد های مختلف بور

درصد بور	B0.1%	B0.25%	B0.5%
خروجی اشکارساز	3.05E-07	1.3E-06	2.41E-06

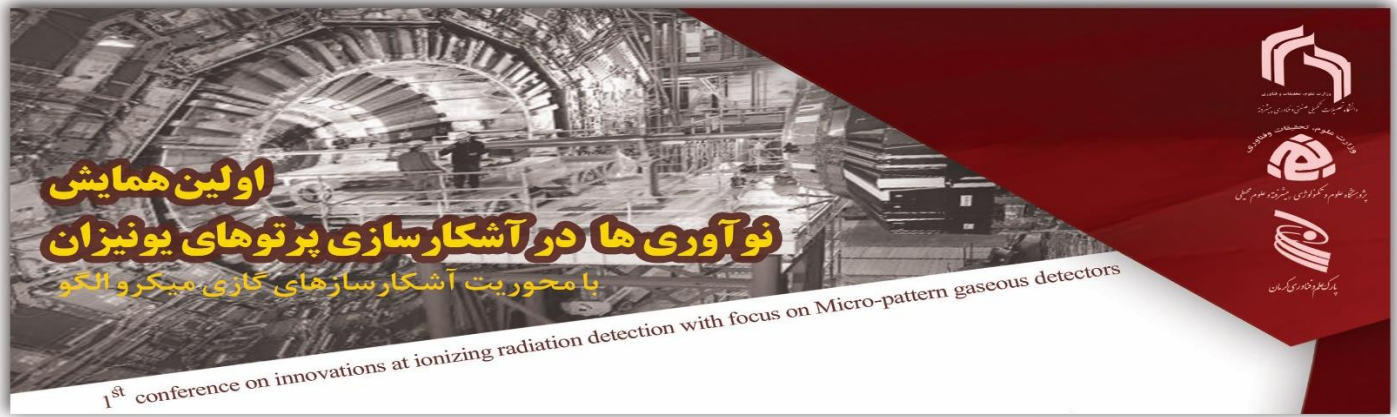


بحث و نتیجه گیری

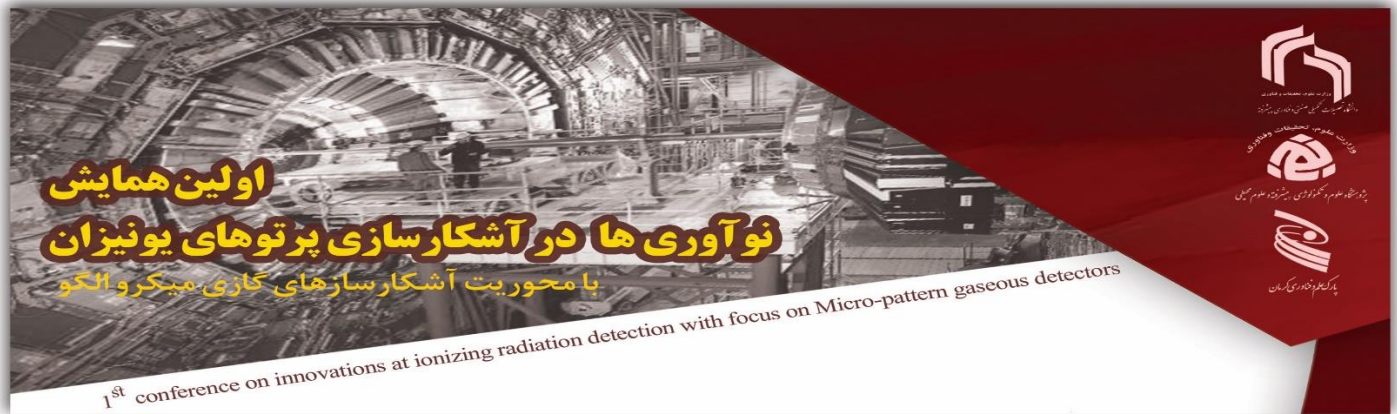
در این تحقیق از روش PGNAA با استفاده از چشمه نوترون کرمان جهت تشخیص بور در بافت تومور استفاده شده است. با اعمال این چشمه بر بافت تومور سرطانی بور دار امکان شناسایی میزان بور در نمونه تومور با استفاده از روش PGNAA بررسی شده است. نتایج بررسی ها نشان میدهد که این روش برای شناسایی بور در نمونه های سرطانی مناسب می باشد. شکل طیف ارسال شده از فعال سازی نوترونی بافت سرطانی توسط چشمه نوترون کرمان نشان میدهد که گامای مشخصه بور در نمونه به خوبی قابل شناسایی است و محل و شدت آن طوری است که به خوبی از خطوط دیگر گامای مشخصه مربوط به عناصر دیگر موجود در نمونه بافت تومور قابل تفکیک و شناسایی است. در نتیجه روش PGNAA با استفاده از چشمه نوترون کرمان یک روش مناسب برای شناسایی بور در بافت های سرطانی می باشد.

مراجع

- 1- Gueriau, P., Réguer, S., Leclercq, N., Cupello, C., Brito, P.M., Jauvion, C., Morel, S., Charbonnier, S., Thiaudière, D. and Mocuta, C., 2020. Visualizing mineralization processes and fossil anatomy using synchronous synchrotron X-ray fluorescence and X-ray diffraction mapping. *Journal of the Royal Society Interface*, 17(169), p.20200216
- 2- Rampe, E., Blake, D., Sarrazin, P., Bristow, T., Gailhanou, M., Lafuente, B., Tu, V., Zacny, K. and Downs, R., 2020. CheMinX: A Next Generation XRD/XRF for Quantitative Mineralogy and Geochemistry on Mars. *Decadal Survey White Paper*.
- 3- Jercher, M., Pring, A., JONES, P.G. and Raven, M.D., 1998. Rietveld X-ray diffraction and X-ray fluorescence analysis of Australian aboriginal ochres. *Archaeometry*, 40(2), pp.383-401.
- 4- Terao, Y., Kumagai, Y., Suzuki, I., Tsuchiya, T., Ukai, M., Yokoya, A., Fujii, K., Fukuda, Y. and Saitoh, Y., 2021. X-ray induced luminescence spectroscopy for DNA damaging intermediates aided by a monochromatic synchrotron radiation. *International Journal of Radiation Biology*, pp.1-6.
- 5- Zhang, Z., Zhang, Y., Guo, Y., Chen, X. and Chen, L., 2021. Impurity element analysis of aluminum hydride using PIXE, XPS and elemental analyzer technique. *Nuclear Instruments and*



- Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 488, pp.1-4.
- 6- Ishii, K., 2019. PIXE and its applications to elemental analysis. *Quantum Beam Science*, 3(2), p.12.
- 7- Xu, X., Lu, J., Chang, Y., Tang, W., Sun, Y., Zhao, L., Liu, J., Li, C., Li, X., Zheng, R. and Wang, Y., 2021. Measurement of talc in flour by the prompt-gamma ray neutron activation analysis method. *Applied Radiation and Isotopes*, 178, p.109932.
- 8- Bortolussi, S., Liu, Y.H. and Porras, I., 2021. Boron Neutron Capture Therapy: From Nuclear Physics to Biomedicine.
- 9- Hendricks, J.S., 2003. *MCNPX model/table comparison* (No. LA--14030). Los Alamos National Lab..
- 10-White, D.R., Woodard, H.Q. and Hammond, S.M., 1987. Average soft-tissue and bone models for use in radiation dosimetry. *The British journal of radiology*, 60(717), pp.907-913.
- 11- Hassanpour, M., Hassanpour, M., Rezaie, M., Salajegheh, E., Faruque, M.R.I., Khandaker, M.U. and Bradley, D.A., 2021. Studies of the mechanical and neutron shielding features of concrete by incorporation of green additive materials: Experimental and numerical study. *Radiation Physics and Chemistry*, p.109846.



بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر بازده آشکارسازهای نیمه‌هادی TlBr و CdZnTe

احمد اسماعیلی ترشابی*^۱، گلناز برزگر نژاد^۱

۱- گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، کد پستی: ۷۶۳۱۸۱۸۳۵۶، ایران

*نویسنده مسئول: احمد اسماعیلی ترشابی

استادیار گروه مهندسی هسته‌ای دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، تلفن: ۰۹۱۳۵۰۰۹۴۲۲، ایمیل: a.esmaili@kgut.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه شبیه‌سازی بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر بازده آشکارسازهای نیمه‌هادی TlBr و CZT است. کریستال آشکارسازها با کد فلوکا شبیه‌سازی شده است و مسیر ذرات تا مکانی که انرژی جنبشی ذره صفر و متوقف شده، یا اینکه ذره با درصدی انرژی جنبشی از حجم آشکارساز خارج شده با نرم‌افزار متلب طراحی شده است. پارامترهایی که مورد بررسی قرار گرفته‌اند عبارتند از انرژی فوتون برخوردی، ضخامت آشکارساز و ویژگی‌های مواد کریستال آشکارساز نیمه‌هادی. نتایج حاصل شامل ردیابی پرتوهای گاما درون حجم حساس آشکارساز می‌باشد که هر فوتون بطور موردی ردیابی و تمام اندرکنشها شامل پدیده‌های فوتوالکتریک و کامپتون و مکان هر اندرکنش ثبت گردیده است. با استفاده از این نتایج می‌توان به درک بهتری از عملکرد و ساخت آشکارسازهای نیمه‌هادی ترکیبی رسید.

واژه‌های کلیدی: آشکارساز نیمه‌هادی، بازده آشکارساز، شبیه‌سازی، کد فلوکا

مقدمه

امروزه استفاده از آشکارسازهای نیمه‌هادی ترکیبی گسترش پیدا کرده است. از مهمترین و پرکاربردترین این آشکارسازها، آشکارساز با کریستال ترکیبی کادمیوم-زینک-تلوراید و تالیوم برمید می‌باشد. این آشکارسازها دارای عملکرد فوق العاده در دمای اتاق می‌باشند و همچنین رزولوشن انرژی خوبی دارند. صرف نظر از پدیده‌ی پلاریزاسیون که در آشکارساز TlBr بیشتر اتفاق می‌افتد. این آشکارساز دارای بازده بالاتری و عملکرد بهتری نسبت به CZT می‌باشد. در کل آشکارسازهای نیمه‌هادی عملکردی تقریباً شبیه به آشکارسازهای اتاقک یونش دارند، با این تفاوت که حامل‌های بار تولیدشده در این آشکارسازها الکترون-حفره می‌باشد. بهترین آشکارساز برای آشکارسازی پرتوهای ایکس و گاما در رنج انرژی‌های



Crystal propertice	Cd _{0.4} Zn _{0.05} Te _{0.45}	TlBr
Crystal Structure	Cubic(ZB)	Cubic(CsCl)
Atom number	48,30, 52	81,35
Density (g/cm ³)	5.78	7.56
Band gap (eV)	1.57	2.68
E _{Pair} (eV)	4.6	6.5
Resistivity (Ωcm)	10 ¹⁰	10 ¹²
μ _{ete} (cm ² /V)	10 ⁻³ - 10 ⁻²	10 ⁻⁵
μ _{hth} (cm ² /V)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶

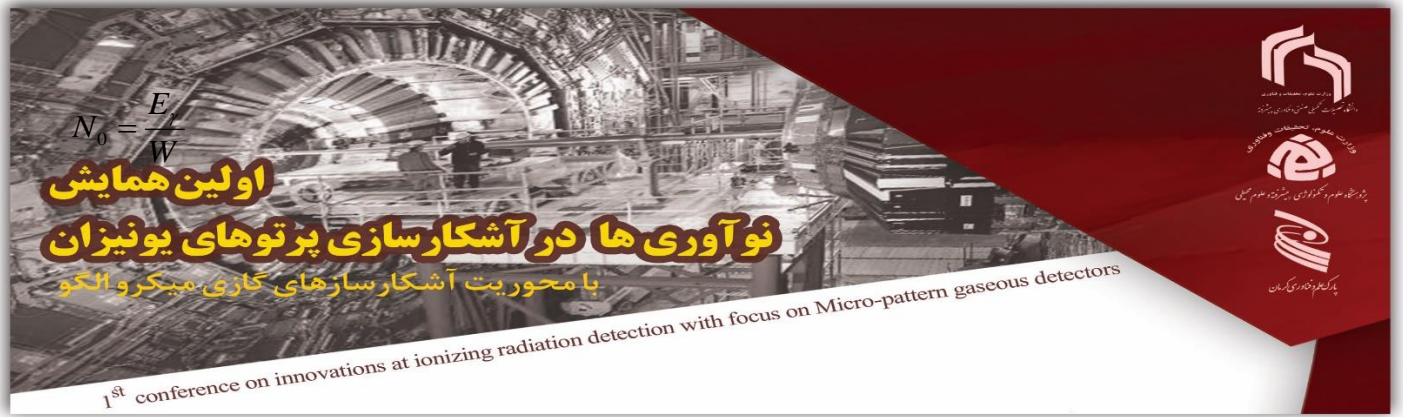
مواد و روش‌ها

در این شبیه‌سازی که انجام شده، کریستال آشکارسازهای نیمه‌هادی CdZnTe و CdTe با ابعاد $2.77 \times 2.77 \times 0.8 \text{ cm}^3$ و تقسیم‌بندی حجم کریستال به (# $277 \times 277 \times 80$) مکعب کوچک با ابعاد 0.01 cm^3 که ماکزیمم تعداد مش بندی انجام شده است مورد آزمایش قرار گرفته است.

با افزودن Zn به‌عنوان ناخالصی، تعداد پذیرنده و دهنده‌های الکترون افزایش می‌یابد؛ و موجب افزایش در تعداد حامل‌های تولیدی، موبیلیتی حرکت حامل‌ها، مقاومت کریستال و نهایتاً کاهش جریان نشتی می‌شود.

بار القایی

در اثر برخورد و جذب پرتوایکس و یا گاما تعداد N_0 زوج الکترون - حفره تولید خواهد شد. رابطه‌ای که تعداد حامل‌های ایجاد شده را نسبت به انرژی فرودی نشان می‌دهد به‌صورت زیر است [۱-۵].



رابطه (۱)

بار ذخیره شده در حجم دتکتور

$$\Delta Q = \Delta Q_h + \Delta Q_e = -\frac{N_h}{d}(0 - x_0) + \frac{N_e}{d}(d - x_0) = N_0 e = Q_0 \quad (۲)$$

که بار القایی به عنوان تابعی از موقعیت (مکان) اندرکنش با رابطه‌ی زیر بیان شده است.

$$Q = eN_0 \cdot \left\{ \frac{v_h \tau_h}{d} (1 - \exp(-\frac{x_0}{v_h \tau_h})) + \frac{v_e \tau_e}{d} (1 - \exp(\frac{x_0 - d}{v_e \tau_e})) \right\}, (۳)$$

در این رابطه، N_0 تعداد اولیه‌ی جفت الکترون-حفره‌ها، e بار الکترونیکی، v سرعت حامل‌های بار، τ زمان زنده‌ی حامل‌های بار است، x_0 بیانگر موقعیت اندرکنش فوتون (اندازه‌گیری شده از کاتد)، d ضخامت آشکارساز (که در این آشکارساز طراحی شده بهینه ۰.۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است) و اندیس‌های زیرنویس e و h به ترتیب بیانگر

الکترون‌ها و حفره‌ها هستند. متوسط طول مسیردریافت الکترون‌ها و حفره‌ها به ترتیب از روابط $\lambda_h = \mu_h \tau_h E$ و $\lambda_e = \mu_e \tau_e E$ محاسبه می‌شود. که وابسته است به مکانی که حداکثر اندرکنش‌ها بین فوتون و ماده اتفاق می‌افتد. که در آن E

میدان الکترونیکی اعمالی است که با افزایش آن سرعت سوق حامل‌ها افزایش می‌یابد.

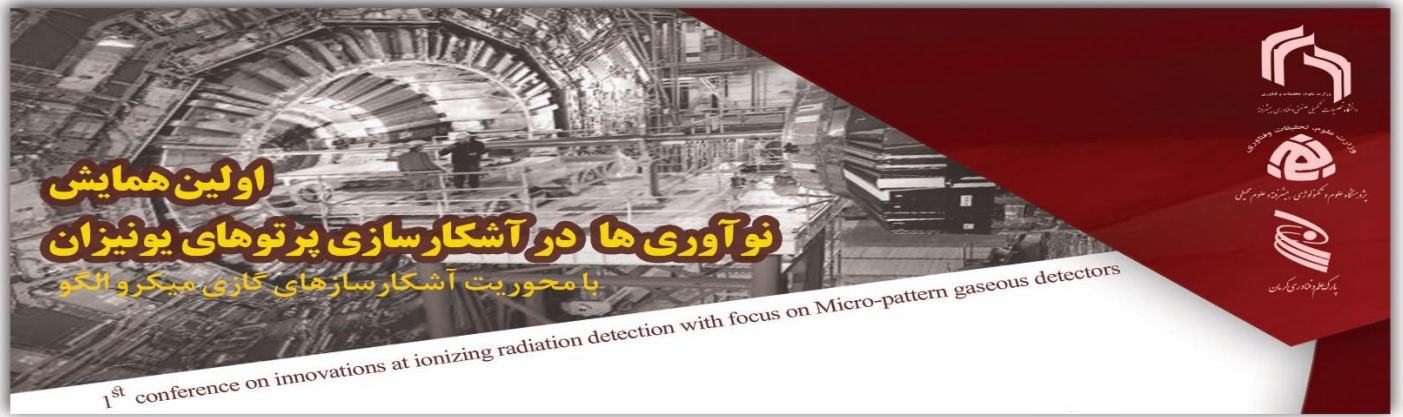
زمان لازم برای جمع‌آوری حامل‌های بار از روابط زیر به دست می‌آید.

رابطه (۴)

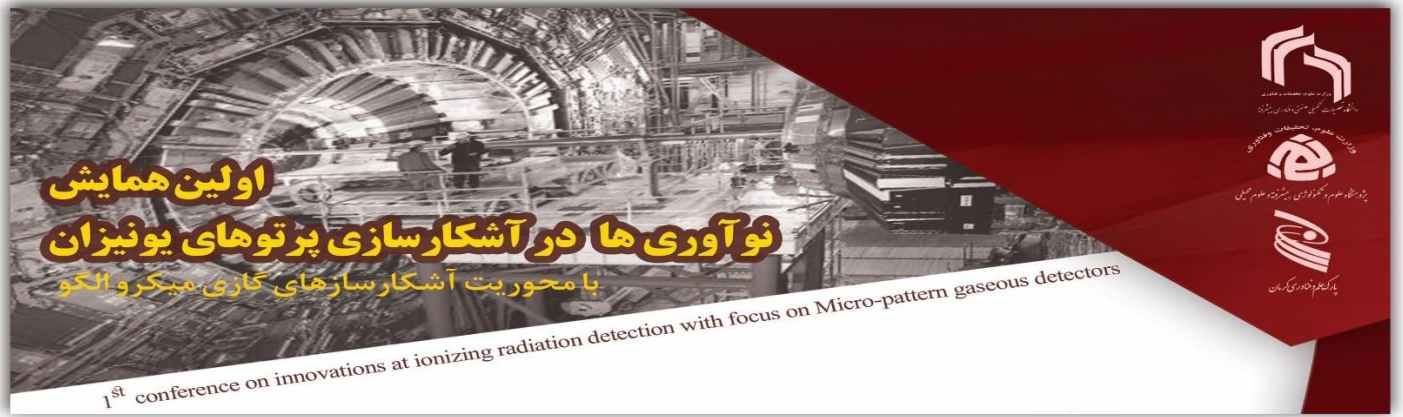
رابطه (۵)

جدول 1: ویژگی‌های کریستال دتکتورهای نیمه‌هادی

CZT	CdTe	
		Material Properties
48,30,52	48,52	Atom number



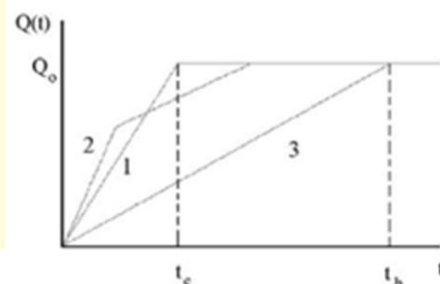
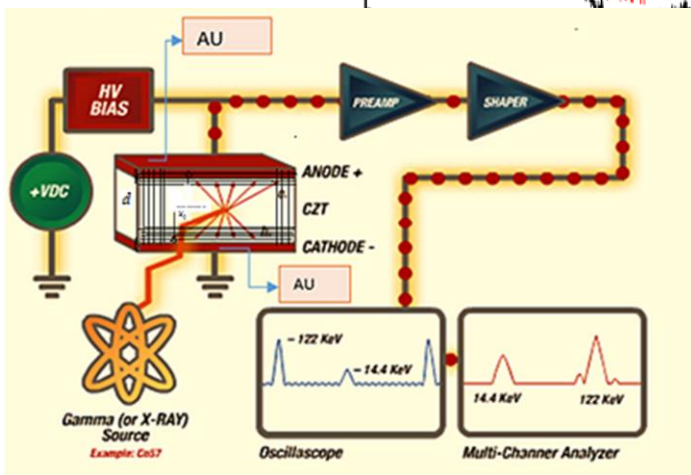
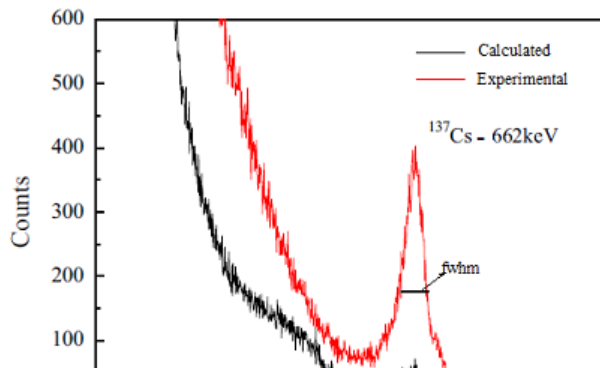
5.78	6.2		Density(g/cm ³)
1.57	1.44		E _g -Bandgap(ev)
10 ¹⁰	10 ⁹		Resistivity(Ωcm)
5.0	4.43	4.43	w-ε _{pair} (eV)
1350	110 0	1100	μ _e (cm ² /V-sec)
120	100	100	μ _h (cm ² /V-sec)
1	3	3	τ _e (μsec)
0.05	2	2	τ _h (μsec)
			Detector Properties
0.2	0.07 5	0.1	L (cm)
400	500	400	V (volts)
			Interaction Properties
1.2x10 ⁴	1.3x10 ⁴ ₄	1.3x10 ⁴	N ₀ (electron-hole pairs)
1.9x10 ⁻¹⁵	2.1x10 ⁻¹⁵	2.1x10 ⁻¹⁵	Q ₀ (Coulomb)
26	210	95	I _e (nA)



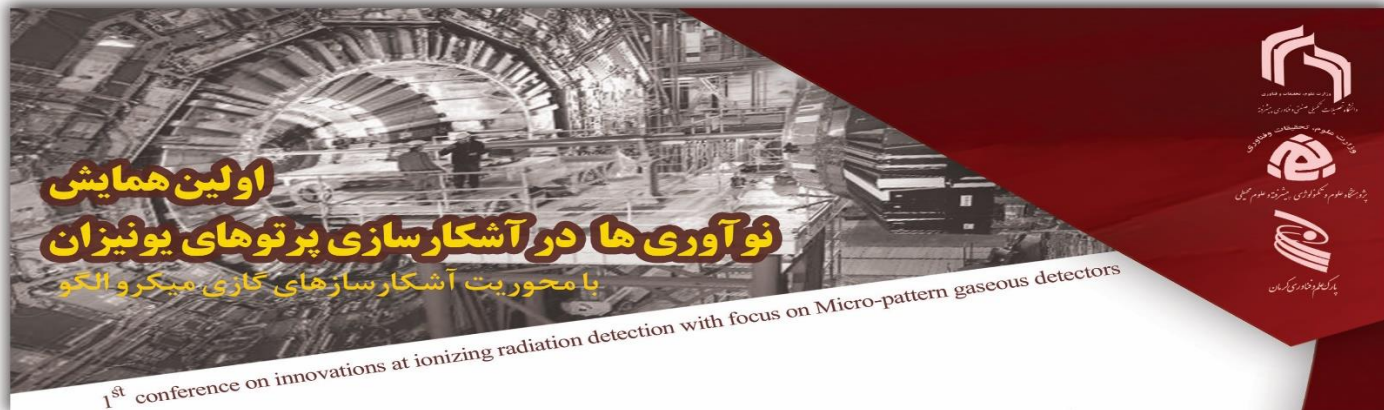
رزولوشن انرژی این دکتورها به وسیلهی حامل‌های بار گیراندازی شده تعیین می‌شود، میزان بار القایی تولیدشده در این دکتورها با رابطه‌ی هییت توصیف می‌شود:

شکل 1 شکل یک دکتور نیمه‌هادی است که الکترون‌ها و حفره‌ها به وسیلهی برخورد پرتو با ماده تولید شده‌اند که حرکت الکترون‌ها به طرف الکترودها به وسیلهی میدان الکتریکی یکنواخت صورت می‌گیرد. و نمودار بار برحسب زمان در اندرکنش‌های مختلف در دکتور در موقعیت 1 و 2 و 3 نشان داده شده است. قسمت خیزش سریع نمودار مربوط به الکترون‌هاست و قسمت آهسته‌تر مربوط به حفره‌هاست.

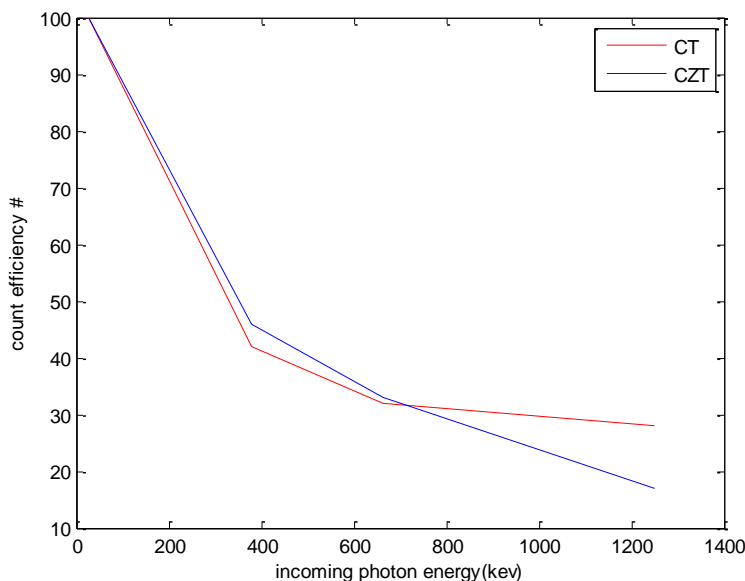
برای نمونه پرتوهای ناشی از چشمه‌ی گاما از ^{137}Cs با انرژی 662 کیلو الکترون‌ولت در برخورد با کریستال CdZnTe و CdTe مورد آزمایش قرار گرفته است و انرژی بجای مانده از فوتون در اندرکنش‌های پی‌درپی در مش‌های سر راهش، مکان اندرکنش و موقعیت الکترون‌ها در جدول آمده است.



انر



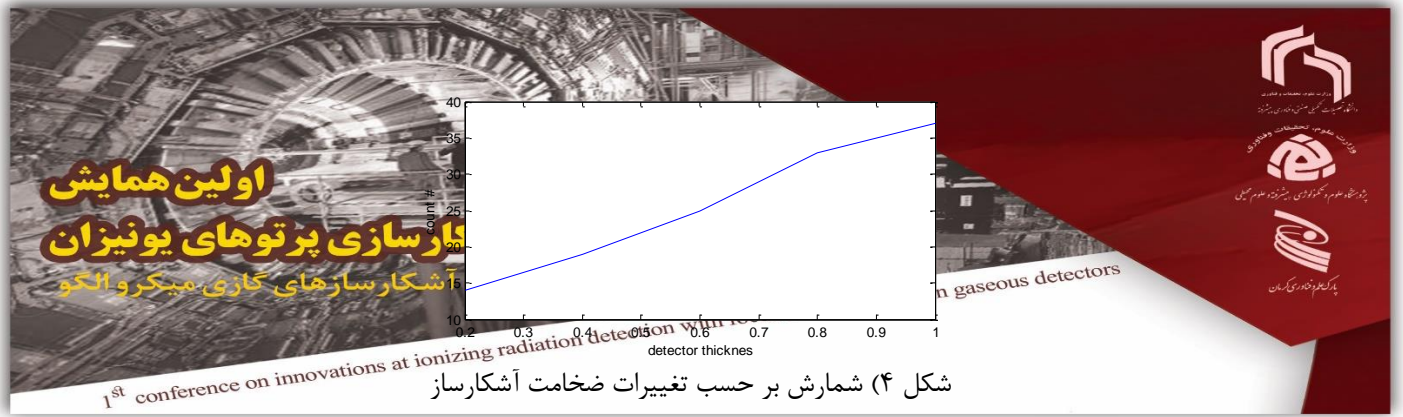
هرچه انرژی فوتون فرودی کم تر باشد، طبق رابطه‌ی $E = h \frac{c}{\lambda}$ که h ثابت پلانک و c سرعت و λ طول موج فوتون فرودی است. سرعت فوتون کم تر، زمان کافی برای یونیزاسیون بیشتر، حامل های تولیدی بیشتر، ذرات شمرده شده بیشتر و بازده بالاتر می رود. همچنین در انرژی های پایین فوتون کل انرژی خود را در حجم کریستال صرف اندرکنش می کند و از بین می رود و پدیده ی فوتوالکتریک بیشتر اتفاق می افتد.



شکل ۳ مقدار شمارش بر حسب انرژی فوتون فرودی در دو آشکارساز

ضخامت کریستال

طبق نمودار زیر ، با تغییر ضخامت آشکارساز تعداد ذرات شمرده شده تغییر می کند. به گونه ای که هر چه ضخامت آشکارساز بیشتر باشد در نتیجه تعداد ذرات شمرده شده بیشتر می شود. که در این طرح با توجه به نمونه ی ساخته شده ی ما، و هدف هم بهبود کیفیت و ارتقاء این آشکارساز ساخته شده بوده است همان ضخامت ۰.۸ سانتی متر را در نظر گرفته ایم، که یک ضخامت بهینه برای به دست آوردن نتایج بهتر از تحقیقات است.



جدول ۲ این جدول خروجی شبیه سازی فلوکا برای ۱۰۰ ذره ی فرودی هست. با افزایش تعداد ذرات فرودی روش انجام آزمایش به همین شکل است، فقط حجم محاسبات نرم افزار بالا می رود و سرعت پردازش کم می شود. برای نمونه از نتایج حاصل از اندرکنش فوتون با ماده ی کریستال های Ct و CZT، ۳۰ اندرکنش اول در جدول زیر ذکر شده است.

جدول (۲) انرژی اتلافی و مکان برخورد فوتون فرودی در حجم حساس آشکارساز



اولین همایش

نوآوری ها در آشکارسازی پرتوهای یونیزان

سازهای گازی میکرو الکترونیک

1st conference on innovation

کریستال آشکارساز CdTe

X Y Z انرژی بجای مانده ذره (فوتون فرودی)

کریستال آشکارساز CdZnTe

X Y Z انرژی بجای مانده ذره (فوتون فرودی)

139 139 10 6.0687893E-05	139 139 10 6.0687893E-05
0. 0. 0. 1 6.0687893E-05	0. 0. 0. 1 6.0687893E-05
139 139 75 2.2868262E-06	139 139 75 2.2868262E-06
0. 0. 0. 3 2.2868262E-06	0. 0. 0. 3 2.2868262E-06
139 139 77 7.87180688E-05	139 139 77 7.87180688E-05
0. 0. 0. 6 7.87180688E-05	0. 0. 0. 6 7.87180688E-05
139 139 69 7.09630331E-06	139 139 69 7.09630331E-06
139 138 70 0.000320174382	139 138 70 0.000320174382
139 138 70 0.000165264355	139 138 70 0.000165264355
139 139 70 0.000232211998	139 139 70 0.000232211998
0. 0. 0. 7 0.000443421384	0. 0. 0. 7 0.000443421384
139 139 74 6.74353796E-05	139 139 74 6.74353796E-05
139 139 75 0.000216265238	139 139 75 0.000216265238
0. 0. 0. 20 0.000283700618	0. 0. 0. 20 0.000283700618
139 139 75 7.57580492E-05	139 139 75 7.57580492E-05
0. 0. 0. 22 7.57580492E-05	0. 0. 0. 22 7.57580492E-05
139 137 48 4.59265939E-05	139 137 48 4.59265939E-05
138 138 48 1.03242855E-05	138 138 48 1.03242855E-05
139 138 48 6.70133959E-05	139 138 48 6.70133959E-05
138 139 48 2.92235495E-06	138 139 48 2.92235495E-06
139 139 48 6.88666191E-08	139 139 48 6.88666191E-08
139 135 49 0.000151104163	139 135 49 0.000151104163
139 136 49 0.000174019588	139 136 49 0.000174019588
139 137 49 8.06340395E-05	139 137 49 8.06340395E-05
139 138 49 7.47332451E-05	139 138 49 7.47332451E-05
139 139 49 5.52534657E-05	139 139 49 5.52534657E-05
0. 0. 0. 23 0.000661999998	0. 0. 0. 23 0.000661999998
139 139 47 3.68573455E-05	139 139 47 3.68573455E-05
138 140 47 0.00011839153	138 140 47 0.00011839153
139 140 47 0.000141827812	139 140 47 0.000141827812
139 139 48 5.10923528E-05	139 139 48 5.10923528E-05
139 140 48 1.372522E-05	139 140 48 1.372522E-05
0. 0. 0. 30 0.00036189426	0. 0. 0. 30 0.00036189426
139 139 49 5.20294125E-05	139 139 49 5.20294125E-05
0. 0. 0. 28 5.20294125E-05	0. 0. 0. 28 5.20294125E-05

With focus on Micro-pattern gaseous detectors

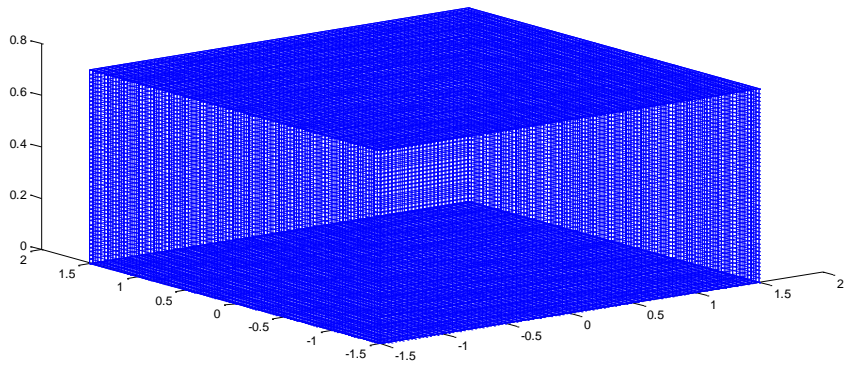


اولین همایش

نوآوری‌ها در آشکارسازی پرتوهای یونیزان

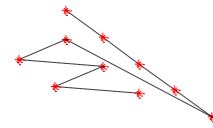
جدول بالا ردیف‌هایی که هایلایت شده‌اند، ذراتی هستند که توسط آشکارساز شکر در آزمایشگاه ملی تحقیقات و فناوری (NIART) در تهران ساخته شده‌اند. این آشکارسازها برای آشکارسازی پرتوهای یونیزان با محوریت آشکارسازهای کاری میکرو الکترونیک (MIP) (صرف شده در اندرکنش‌ها) به ۶۶۲ کیلو الکترون ولت رسیده را اندرکنش فوتون الکتریک نامیده می‌شوند، این پدیده در محدوده‌ی مش‌های نزدیک به هم اتفاق می‌افتد چون نشات گرفته از خوردن الکترون‌ها است و الکترون هم برد کوتاهی دارد در واقع فوتون ناپدید شده (کل انرژی خود را در اندرکنش اول به الکترون داده) هر چقدر این پدیده بیشتر اتفاق افتد بازده آشکارساز بالا می‌رود.

حال با نرم افزار متلب مسیر طی شده به وسیله‌ی ذرات در داخل حجم کریستال رسم شده است
 مسیر ذره‌ی شماره ۱۴ و ۲۳ را در کریستال CZT رسم می‌کنیم. (شکل‌های ۶ و ۷)



شکل ۵) حجم آشکارساز طراحی شده با ابعاد $2.77 \times 2.77 \times 0.8$ و تعداد $277 \times 277 \times 80$ مش ایجاد شده

شکل ۲) مسیر اندرکنش‌های ذره‌ی شماره‌ی ۱۴ در کریستال CZT

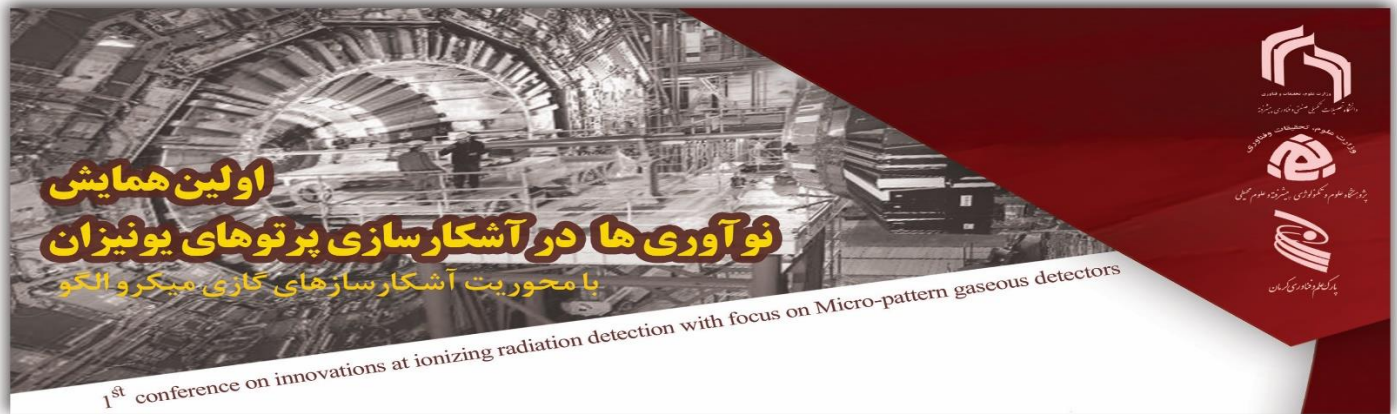


شکل ۷) مسیر اندرکنش‌های ذره‌ی شماره‌ی ۲۳ در کریستال CT

بحث و نتیجه‌گیری

بهترین کریستال قابل استفاده در آشکارسازهای پرتوی ایکس، کریستالی است که دارای عدد اتمی بالا (افزایش وقوع پدیده‌ی فوتوالکتریک)، چگالی بالا موجب افزایش سطح مقطع برخورد و افزایش اندرکنش و گیراندازی ذرات فرودی، انرژی باند گپ بالا (عدم نیاز به سیستم خنک‌کننده و کاهش جریان نشتی)، انرژی لازم برای تولید جفت الکترون-حفره پایین (رزولوشن خوب انرژی)، مقاومت بالا (کاهش جریان نشتی)، موبیلیتی حرکت الکترون-حفره بالا (عدم ایجاد ریکامند حامل‌های بار). با در نظر گرفتن پارامترهای بالا بهترین کریستال CZT در نظر گرفته شد.

Investigation of effective parameters on the efficiency of CdZnTe and TlBr compound semiconductor detectors



Ahmad Esmaili Torshabi^{1,*}, Golnaz Barzgarnejad¹

1-Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran

*Corresponding Author: Ahmad Esmaili Torshabi, Assistant Professor of Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran

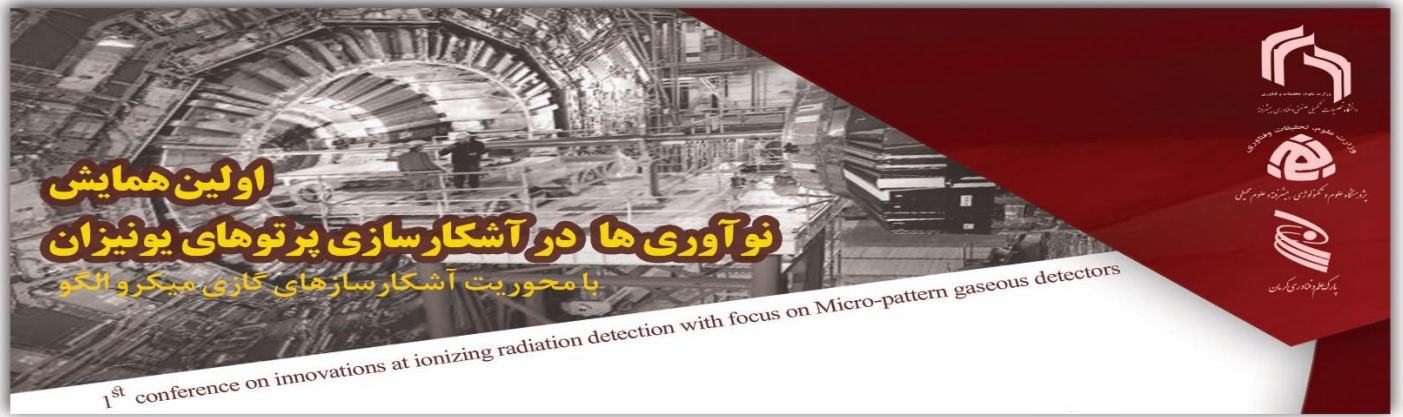
Abstract

The aim of this simulation study is investigating the effective parameters on the efficiency of CZT and TlBr compound semiconductor detectors. The crystal of detectors have been simulated using FLUKA code and the pathway of each particle has been tracked while the particle loses its kinetic energy totally or a fraction of its energy and this tracing has been depicted at MatLab software package. The parameters that have been assessed in this study are as the energy of incident photons, the thickness of semiconductor detectors and the elements defined as the materials of the detectors. The obtained results include the tracking of Gamma photons on a case by case basis by assessing all interactions such as photoelectric and Compton scattering taking into account the coordinate of each interaction inside detector sensitive volume. Using the results can help us to realize better understanding of performance and fabrication of compound semiconductor detectors.

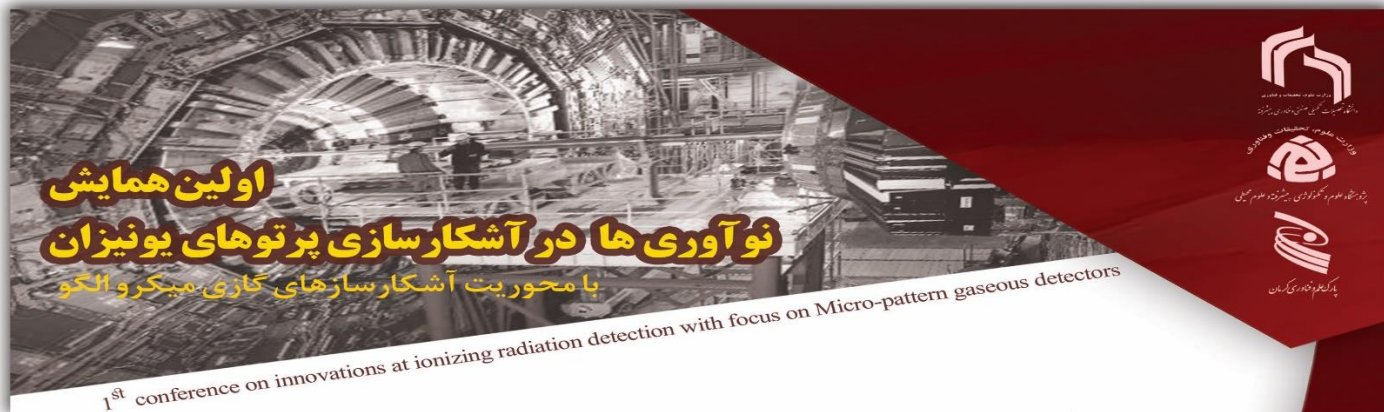
Keywords: semiconductor detector, detector efficiency, simulation, FLUKA code

منابع:

- [۱] Brunett, B., J. Van Scyoc, N. Hilton, J. Lund, R. James, T. Schlesinger. Fine-scale spatial response of CdZnTe radiation detectors. in Nuclear Science Symposium, 1998. Conference Record. 1998 IEEE. 1998. IEEE.
- [۲] Li, W., Z. He, G. Knoll, D. Wehe, J. Berry, A data acquisition and processing system for 3D position sensitive CZT gamma-ray spectrometers. IEEE Transactions on Nuclear Science, 1999. **46**(6): p. 1989-1994.
- [۳] Knoll, G.F., Radiation detection and measurement. 2010: John Wiley & Sons.



- [۴] Redus ,B., Charge Trapping in XR-100T-CZT Detectors. Amptek Application Note ANCZT1 Rev, 2000. 1.
- [۵] Zheng, Q., Preparation and development of CdTe and CdZnTe detectors for gamma ray radiation applications. 2012, Universidad Autónoma de Madrid.



بررسی جداسازی سیگنال تداخلی نورمرئی در آشکارسازی ذره آلفا توسط آشکارساز مبتنی بر CCD و فوتودیود

احمد اسماعیلی ترشابی^{۱*}، امین نوش زاده^۲، کوثر زاهدی^۳

۱ استادیار گروه مهندسی هسته ای دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد پرتوپزشکی دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

۳ دانشجوی کارشناسی ارشد پرتوپزشکی دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

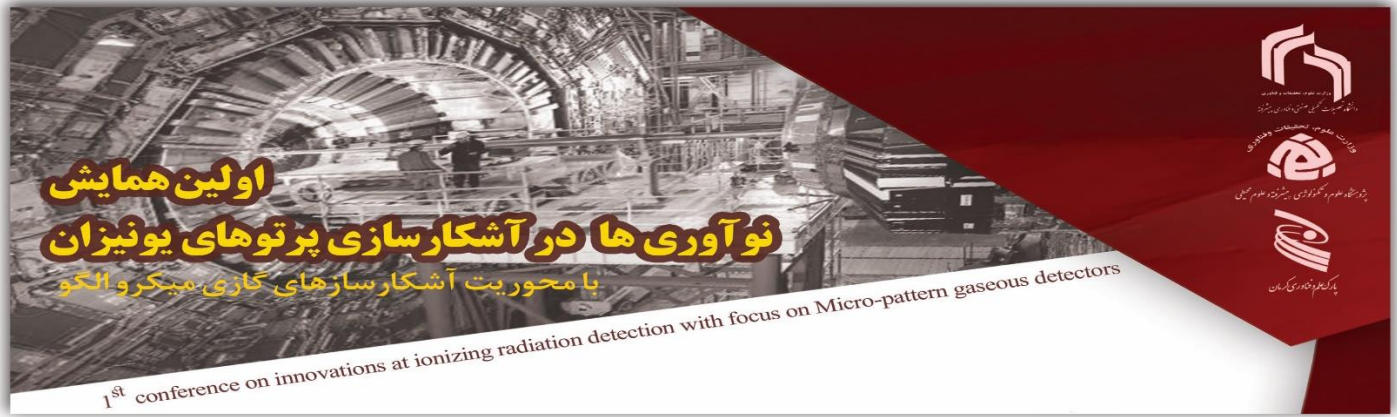
*نویسنده مسئول: احمد اسماعیلی ترشابی

استادیار گروه مهندسی هسته ای دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، تلفن: ۰۹۱۳۵۰۰۹۴۲۲ ایمیل: a.esmaili@kgut.ac.ir

چکیده

آشکار سازی ذره آلفا روشهای گوناگونی از جمله استفاده از آشکارسازهای گازی، سنتیلاتور و نیمه هادی را دارد که هر کدام از این روشها دارای مزایا و معایبی هستند. یکی از روشهای آشکار سازی ذرات آلفا استفاده از سنسورهای CCD^۱ و فوتودیودها با دو روش مستقیم و ترکیب با سنتیلاتور می باشد. از آنجا که CCD ها و فوتودیودهای متداول به نور مرئی حساس می باشند یکی از چالشهای کار با این سنسورها اختلال نور محیط در این آشکارسازهاست بطوری که باعث تداخل سیگنال حاصل از نور مرئی و برخورد ذره آلفا میشود بنابراین این ایزوله کردن نور محیط اجتناب ناپذیر می باشد. در این تحقیق به بررسی میزان حساسیت نسبت به نور مرئی در فوتودیود bpw34 و مقایسه آن با عملکرد CCD پرداخته شده است. در این تحقیق ابتدا به بررسی شمارش ذرات آلفا با تغییر پارامترهای سرعت شاتر و گین تقویت کننده CCD پرداخته شده است که نتایج حاصل بیانگر این است که با افزایش سرعت شاتر از 1/50S تا 1/10000S، شمارش ذرات آلفا کاهش پیدا می کند و سپس با افزایش گین تقویت کننده از 0db تا 24db نرخ شمارش ذرات آلفا ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا می کند.

¹ Charged Coupled Device



در آزمایش بعد فوتودیود و CCD با حضور چشمه آمرسیوم در کنار هم در یک جعبه قرار داده شدند که ابتدا در تاریکی مطلق هر دو سنسور عدد 110cps² را شمارش کردند اما بررسی نتایج حاصل از افزایش نورشان داد که تفکیک سیگنال ناشی از نور مرئی و سیگنال ناشی از ذره آلفا در فوتودیود امکان پذیر نمی باشد اما سیگنال خروجی CCD ناشی از نور و آلفا با شدت روشنایی زمینه 50lux قالب تفکیک می باشد.

واژه‌های کلیدی: CCD، آلفا، فوتودیود، تداخل

مقدمه

استفاده از دیودهای نیمه رسانا به ویژه سیلیسیم در آشکارسازی تابشهای هسته‌ای سابقه نسبتاً طولانی دارد. از دهه ی ۱۹۸۰ میلادی قطعات نیمه رسانا برای آشکارسازی و دزیمتری فوتون و ذرات باردار استفاده می شوند. در دهه ی 2000 میلادی آشکارسازهای نیمه رسانای همراه با مبدلهای بور، لیتیوم و پلی اتیلن برای آشکارسازی تابشهای هسته‌ای حاصل از برخورد با مبدلهای توسعه داده شده اند. [1][2]

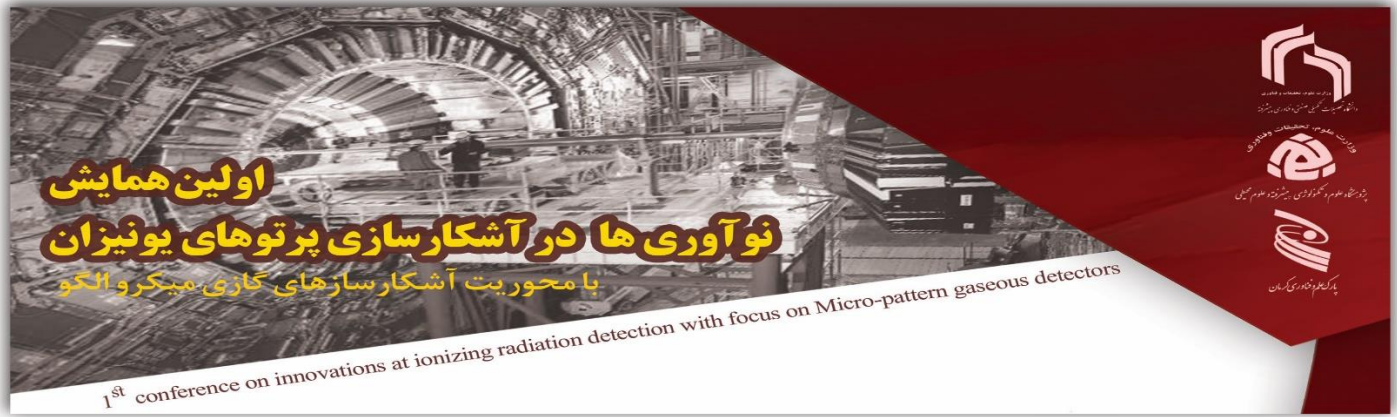
با رشد و پیشرفت فناوری مواد نیمه رسانا به ویژه سیلیسیم، دزیمترهای فعال فردی گاما آلفا و نوترونی بر پایه سیلیسیم توسعه ی خوبی یافته و مورد استفاده قرار گرفته اند. دیودهای سیلیسیم به دلیل داشتن حجم کوچک، وزن کم، ولتاژ کاری پایین، قدرت تفکیک انرژی خوب، عملکرد ساده و سهولت حمل، بهترین ابزار برای استفاده به عنوان آشکارساز آلفا و نوترون می باشند. [3][4]

با توجه به مزایای آشکارسازهای نیمه رسانا در این تحقیق به بررسی و مقایسه فوتودیود bpw34 و سنسور CCD پرداخته شده است.

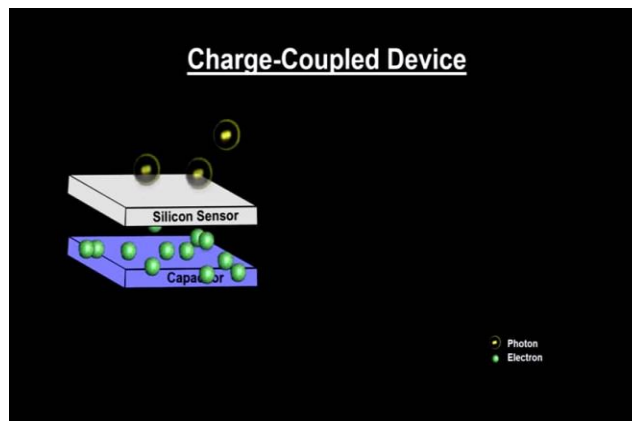
مواد و روش تحقیق

در این تحقیق از چشمه آمرسیوم ۲۴۱ بعنوان چشمه آلفا و برای اندازه گیری شدت نور تداخلی از یک لوکس متر ساخت کمپانی مستج و برای آشکارسازی ذرات آلفا از دیود bpw34 و CCD ساخت شرکت سونی pal700TVL استفاده شده است که این لوکس متر در کنار CCD و سنسور bpw34 در یک جعبه به منظور حذف نور محیط قرار داده شده است. برای نور دهی جهت بررسی تداخل نوری از یک LED10W با نور متغیر استفاده شده است.

² Count Per Second



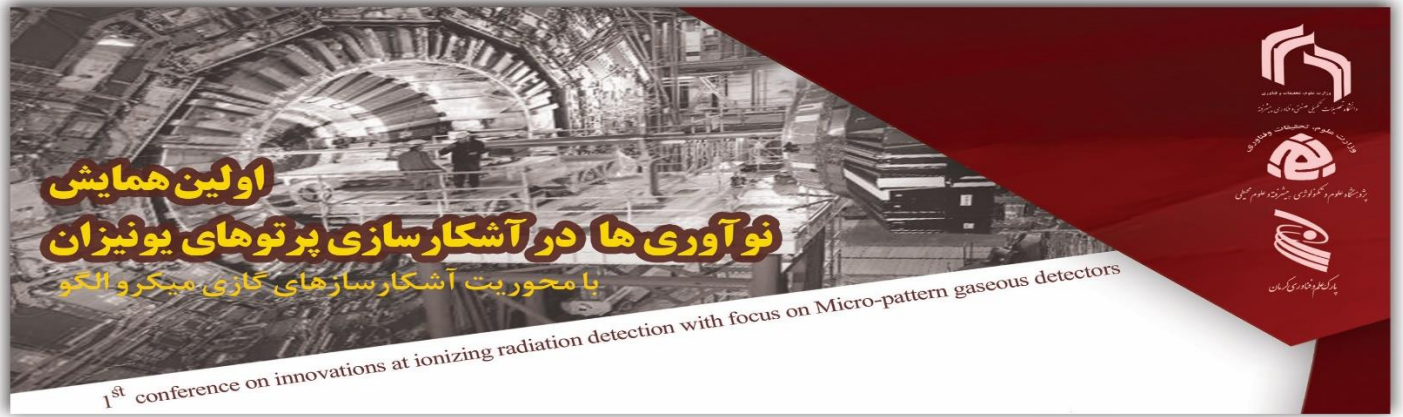
دوربینهای CCD در واقع آرایه ای از سلولهای نیمه هادی می باشند که انرژی فوتونها و ذرات باردار برخوردی را تبدیل به بار الکتریکی می کنند و این بارهای الکتریکی را در هر سلول ذخیره می شوند به تعبیر بهتر این سلولها در واقع آرایه ای از خازنها هستند که در اثر برخورد فوتونها شارژ می شوند که میزان این شارژ بستگی به انرژی و تعداد فوتونها یا ذرات باردار دارد. [5] قابل ذکر است که زمان دهی شارژ شدن در این سنسور ها تحت عنوان فاکتوری به نام سرعت شاتر قابل کنترل می باشد. همچنین هرکدام از این سلولها به یک تقویت کننده متصل شده است که گین این تقویت کننده نیز قابل کنترل می باشد. شماتیک کلی از سنسور CCD در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱): شماتیک کلی CCD

هرکدام از این سلولها به یک تقویت کننده متصل شده است که بهره این تقویت کننده قابل کنترل از طریق منوی دوربین می باشد.

دوربینهای CCD علاوه بر قطعات اپتیکی مثل لنز و فیلتر IR دارای یک شیشه محافظ چسبیده به سنسور می باشند که ذره آلفا با انرژی طبیعی قادر به عبور از این لایه نمی باشد که این لایه محافظ شیشه ای باید برداشته شود. در شکل ۲ تصویر دوربین بعد از برداشته شدن لایه شیشه ای نشان داده شده است.



شکل (۲): CCD بدون لایه محافظ

بعد از آماده سازی CCD چشمه آمرسیوم بر روی سنسور قرار داده شد که پالس ها ناشی از برخورد ذرات آلفا بر روی مانیتور قابل مشاهده می باشد.

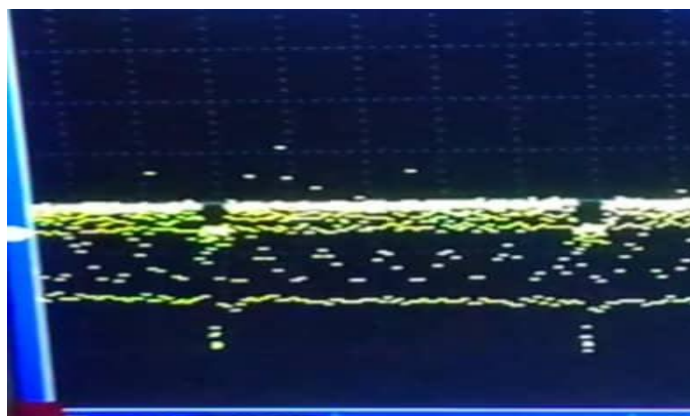
برای شمارش این پالسها باید از تکنیکهای پردازش تصویر استفاده شود که این تکنیک ها علاوه بر پیچیدگی نیاز به پردازنده هایی با قدرت پردازش بالا دارند.

به منظور شمارش ذرات آلفا از سیگنال مرکب تصویر بطور مستقیم استفاده شده است که با تعیین یک حد آستانه دامنه میتوان پالسها را با یک شمارشگر معمولی شمارش کرد.

تصویر سیگنال دوربین بدون حضور چشمه و با حضور چشمه در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است.

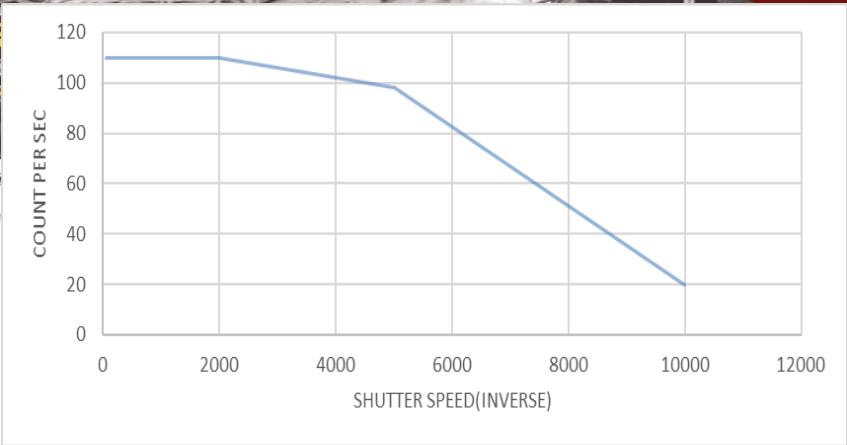


شکل (۳) : سیگنال تصویر بدون حضور چشمه



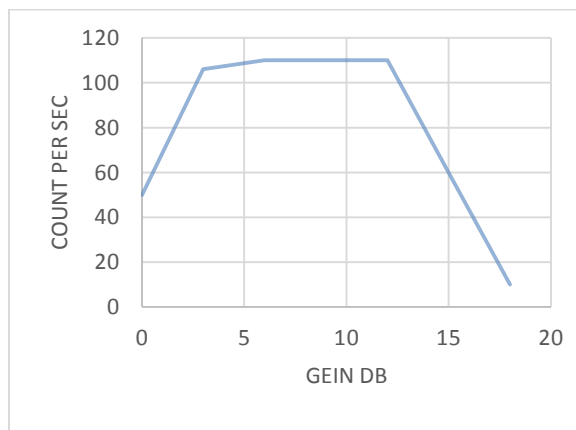
شکل (۴) : سیگنال تصویر در حضور چشمه

ابتدا چشمه آمرسیوم ۲۴۱ روی CCD قرار گرفت و پس از تغییر سرعت شاتر نتایج شمارش ذرات آلفا ثبت شد. با افزایش سرعت شاتر به دلیل کاهش زمان شارژدهی سلولهای CCD شاهد کاهش شمارش پالسهای ناشی از پرتو آلفا بودیم که در نمودار شماره ۱ قابل مشاهده می باشد.

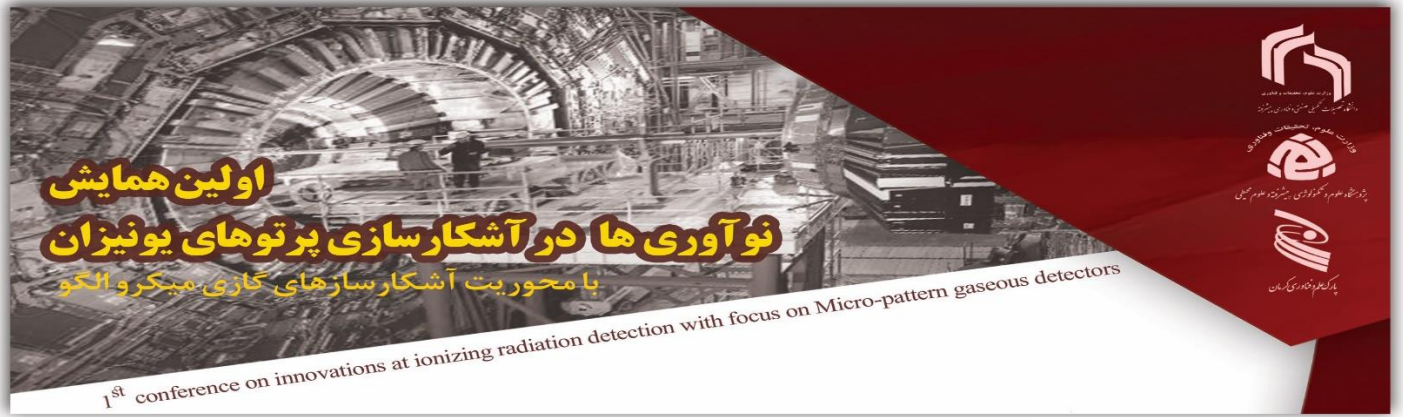


شکل (۵): شمارش ذرات آلفا بر حسب سرعت شاتر

در مرحله بعد شمارش ذرات آلفا با تغییرات بهره تقویت کننده ثابت شد. با افزایش بهره تقویت کننده ابتدا شمارش ذرات آلفا افزایش سپس کاهش پیدا می کند که در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل (۶) : شمارش ذرات آلفا بر حسب تغییرات Gain



با افزایش بهره تقویت کننده نویزافزایش پیدا می کند و بصورت برفک روی تصویر قابل مشاهده است که این برفکها با سیگنال ناشی از برخورد پرتو آلفا تداخل دارند.

دامنه برخی از پالسهای نویز با دامنه پالسهای ناشی از برخورد ذره آلفا برابری میکند که در این حالت فقط میتوانیم سیگنها با دامنه بیشتر را شمارش کنیم و این باعث از دست رفتن شمارش تعدادی از ذرات آلفا میشود.

یکی دیگر از روشهای آشکارسازی ذرات آلفا استفاده از فوتودیود هست.

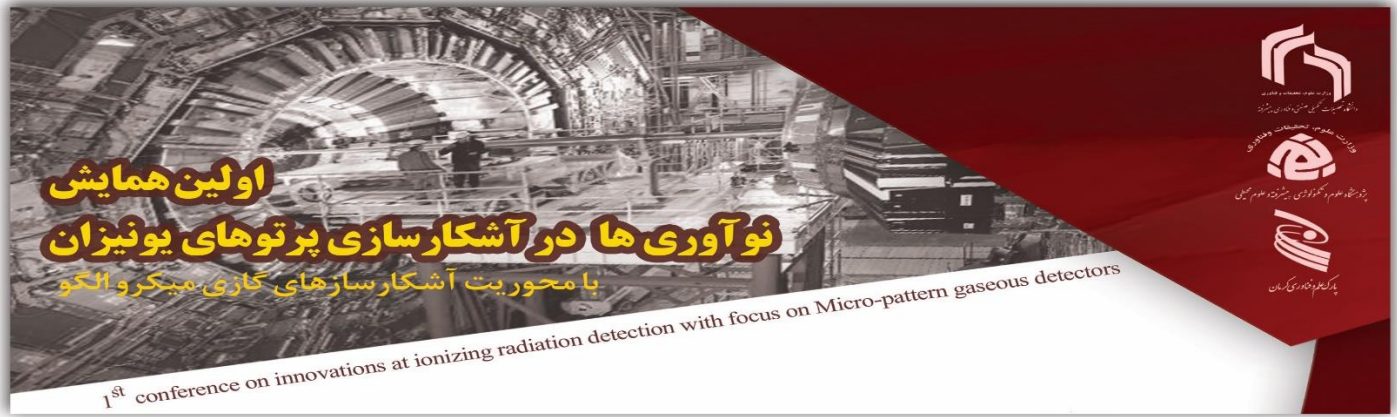
فوتودیودها نوعی نیمه هادی هستند که نسبت به ذرات باردار و فوتون ها حساس هستند. عملکرد فوتودیودها به این صورت است که با جذب فوتون ها یا ذرات باردار، جریانی متناسب با انرژی و توان پرتو ایجاد میکنند.

با اتصال نیمه هادی نوع n و p و اعمال ولتاژ معکوس ناحیه تخلیه تشکیل میشود و با برخورد فوتون و ذرات باردار به ناحیه تخلیه، جریان الکتریکی بین آند و کاتد برقرار میشود.

در این تحقیق از دیود $bpw34$ استفاده شده است و این دیود در یک پکیج رزینی جهت حفاظت فیزیکی قرار داده شده است. ضخامت این لایه حدود $2mm$ میباشد که ذرات آلفا قادر به عبور از این لایه نمی باشند به همین جهت این دیود را به مدت دو هفته در حلال رزین قرار دادیم تا لایه محافظ آن برداشته شود که در شکل ۵ نشان داده شده است.



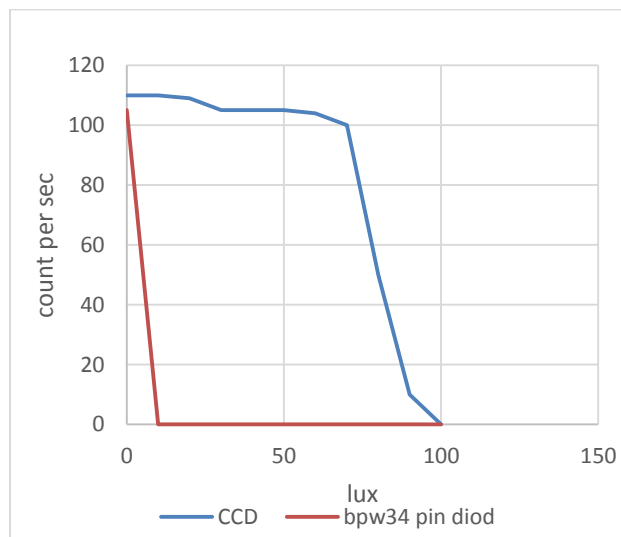
شکل (۷) : فوتودیود بعد از قرار دادن در حلال



از آنجا که بعد از حل شدن لایه محافظ دیود کاملاً دمونتاز می‌شود ابتدا دیود را روی PCB آلومینیومی مونتاژ نموده سپس در رزین قرار داده شده است.

بعد از آماده سازی دیود و اتصال به تقویت کننده های حساس آن را همراه با یک CCD در یک جعبه کاملاً تاریک قرار دادیم. در قسمت فوقانی این جعبه یک LED قرار داده شد و همچنین یک لوکس متر در کنار این دو سنسور جهت بررسی شدت تابش نور مرئی تابیده شده توسط LED قرار داد شد.

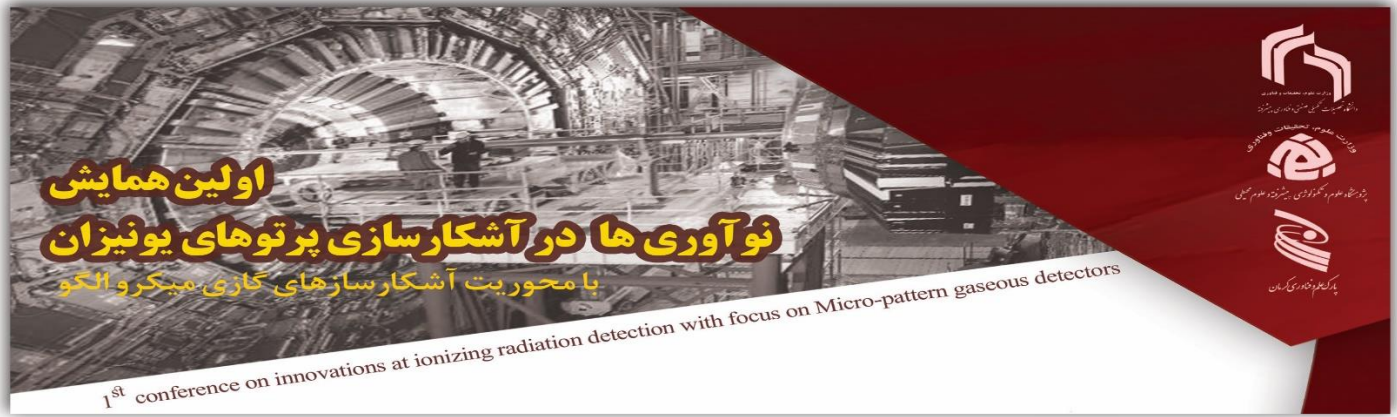
با افزایش تدریجی نور LED داده های حاصل از لوکس متر و سنسور ها ثبت شدند. این آزمایش در دو مرحله یک بار با قرار دادن چشمه بر روی فوتو دیود و بار دیگر با قرار دادن چشمه بر روی CCD انجام شد و در هر مرحله داده ها ثبت سپس بر روی یک نمودار رسم شدند که در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است.



شکل (۸): شمارش ذرات آلفا بر حسب شدت روشنایی

نتیجه گیری و جمع بندی

از آنجا که سنسور CCD بصورت آرایه ای می باشد و تراکم پیکسل ها در این سنسور در رنج مگاپیکسل بر اینچ می باشد با برخورد ذره آلفا به سطح این سنسور فقط چند عدد پیکسل روشن می شوند به عبارت دیگر ذره شتابدار آلفا تمام انرژی خود را به چند پیکسل میکرومتری انتقال میدهد با توجه به تعریف شدت روشنایی (لومن بر واحد سطح) از این جهت این پیکسل ها با



شدت روشنایی زیاد تری نسبت به پیکسل های مجاور خود که در معرض نور مرئی با شدت کمتر از 50lux قرار گرفته اند روشن می شوند بنابراین میتوان پیکسل های ناشی از برخورد ذره آلفا را تا شدت روشنایی تداخلی 50lux شمارش کرد در حالی که هنگام برخورد ذره آلفا با سطح فوتودیود انرژی برخوردی در ناحیه بسیار بزرگتری تخلیه می شود و از آنجا که تمام این ناحیه یک پیکسل میباشد حتی انرژی میزان کمی از نور مرئی تاییده شده پالس قوی تری را نسبت به پالس ایجلاد شده توسط ذره آلفا ایجاد می کند و نمیتوان انرژی ناشی از ذره آلفا را اندازه گیری کرد.

اگرچه آشکارسازی پرتو آلفا توسط فوتودیود در تاریکی مطلق به خوبی انجام می شود اما از بررسی نمودارها میتوان نتیجه گیری کرد که سنسور CCD قابلیت آشکارسازی هم در تاریکی مطلق و هم در روشنایی متغییر تا شدت 50lux را دارا می باشد. با توجه به ارزان شدن سنسورهای CCD این قطعات می توانند انتخاب مناسبی برای آشکارسازی پرتو آلفا باشند.

Investigation of visible light interference signal separability in alpha particle detector based on CCD and photodiode

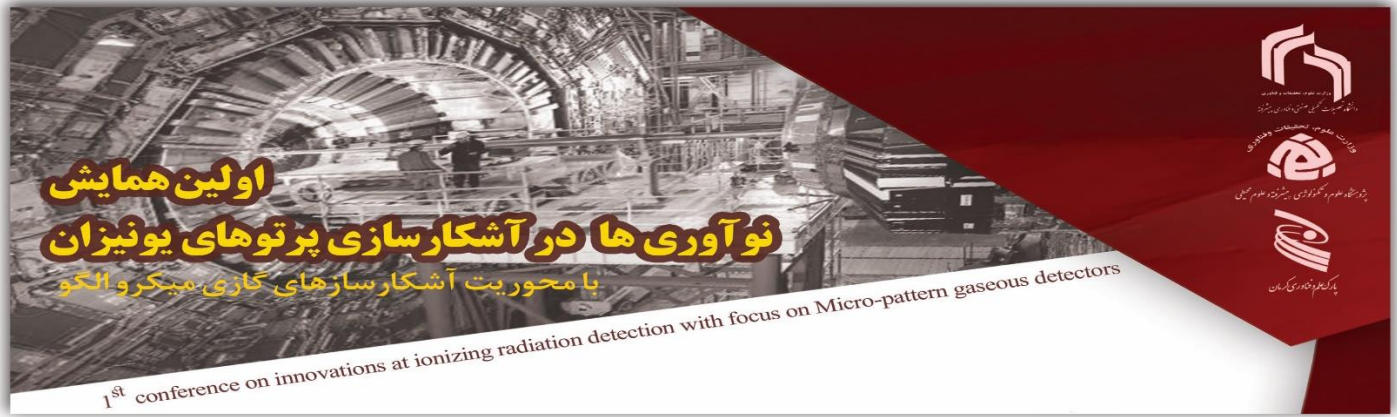
Ahmad esmaeili ^{*1}, Amin noushzadeh², Kosar Zahedi Lalehdashti³

- 1 Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran, a.esmaili@kgut.ac.ir
- 2 Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran,
- 3 Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran,

*Corresponding Author: Ahmad Esmaili Torshabi,

Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran, Tel: 09135009422 Email: a.esmaili@kgut.ac.ir

Abstract: Alpha-particle detection has various methods including the use of gas detectors, scintillators and semiconductors, each of which has its advantages and disadvantages . One of the methods of alpha- particle beam detection is the use of CCD sensors and photodiodes with direct methods and using scintillator . Since conventional CCDs and photodiodes are sensitive to visible light, one of the challenges of working with these sensors is the interference of ambient light in these detectors, which causes interference of the signal from visible light and alpha-particle collision, so isolating ambient light is inevitable. In this research, the sensitivity to visible light in bpw34 photodiode has been investigated and compared with the performance of CCD.

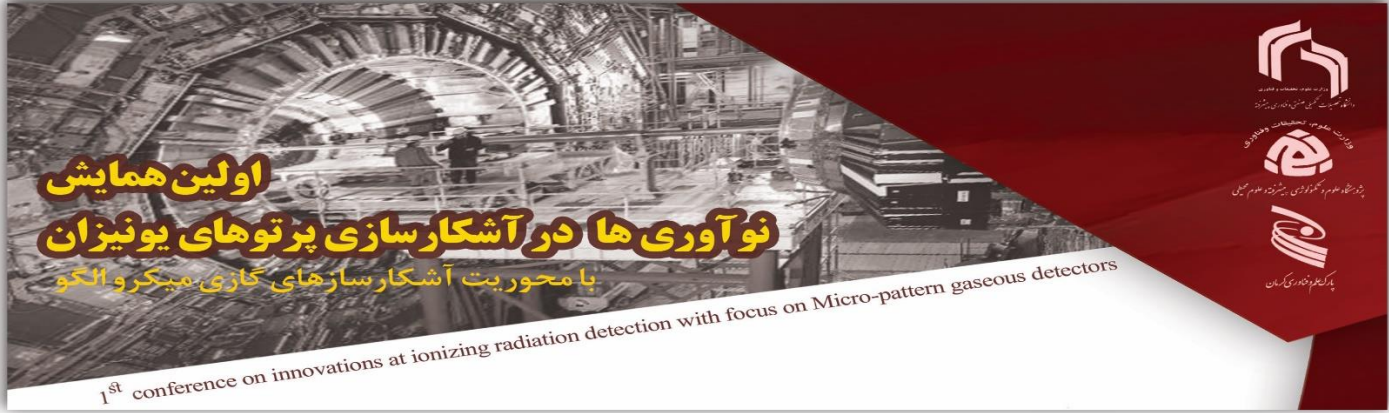


In this research, first the alpha particle count is investigated by changing the shutter speed and gain amplifier parameters of the CCD. The results show that by increasing the shutter speed from 1 / 50S to 1 / 10000S, the alpha particle count decreases and then by increasing the gain amplifier from 0db to 24db, the alpha particle count rate increases first and then decreases. In the next experiment, the photodiode and CCD were placed in a dark box next to each other in the presence of AM241 source. At first, they counted both sensors 110 cps in absolute darkness, but an examination of the results of the increase in light showed that it was not possible to separate the signal from the visible light and the signal from the alpha particle in the photodiode, but the CCD output signal from the light and alpha can separated on 50lux backlight.

Keywords : CCD, Alpha, Photodiode, interference

مراجع:

- [1] S.A. Durrani, R.K. Bull, Solid state nuclear track detection principles methods and applications, Pergamon Press (1987).
- [2] H. Zaki Dizaji, M. Shahriari, G.R. Etaati, Monte Carlo Calculation of CR-39 efficiency for fast neutron detection using a combination of MCNP and SRIM codes, and comparison with experimental results, Radiat. Meas. 42 (2007) 1332-1334.
- [3] G.F. Knoll, Radiation detection and measurement, John Wiley Press (1989).
- [4] . Charpak *et al.*, The use of multiwire proportional counters to select and localize charged particles, Nucl. Instrum. Meth. A **62** (1968) 262-268.
- [5] Gerald C. Holst, Ccd Arrays, Cameras, and Displays, SPIE Optical Engineering Press, 2nd edition (March 1, 1998)



اولین همایش نوآوری ها در آشکارسازی پرتوهای یونیزان

با محوریت آشکارسازهای گازی میکرو الگو

1st conference on innovations at ionizing radiation detection with focus on Micro-pattern gaseous detectors

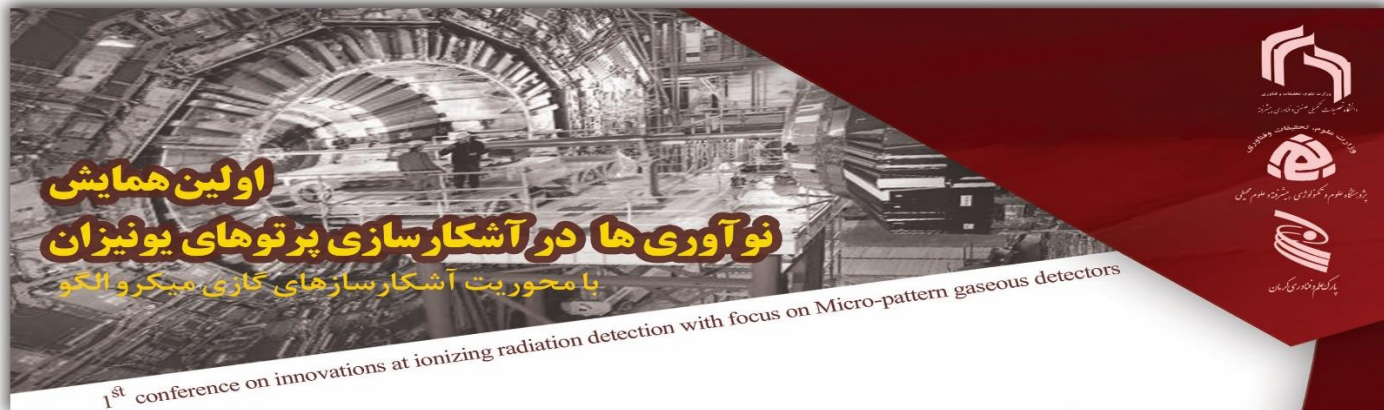


وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

پژوهشگاه ملی فناوری های نوین



پارک علم و فناوری گران



توسعه آشکارسازهای گازی مقیاس میکرونی جهت آشکارسازی آلفا

کوثر زاهدی لاله دشتی*^۱، عباس فرخی^۲، امین نوشزاده^۳، سیدمهدی هاشمی^۴، علی نگارستانی^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

kosar.zh3774@gmail.com

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

farokhiabbas@gmail.com

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

Amin-cell@gmail.com

۴. دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

hashemi.phy1@gmail.com

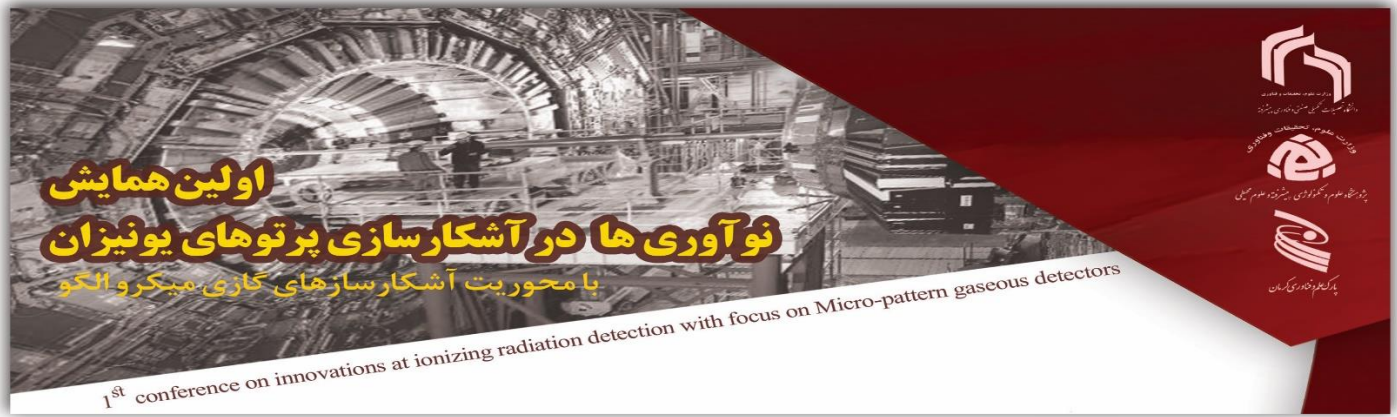
۵. دانشیار گروه مهندسی هسته ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

a.negarestani@kgut.ac.ir

چکیده:

در آشکارسازهای گازی در حضور مخلوطهای گازی جاذب فوتونهای UV می توان بعد از مد تناسبی، وارد مد SQS گردید که با پدیدار شدن یک ستون نور مرئی، در محل ورود اشعه، همراه می باشد. در این طرح باطراحی و ایجاد یک سیستم آزمایشگاهی اقدام به بررسی آشکارسازگازی با استفاده از صفحات THGEM کردیم. در این طرح جریان عبوری از صفحات THGEM توسط یک مدار الکترونیکی طراحی شده مورد بررسی قرار گرفته است. جهت حذف over shot های ایجادی، مداری طراحی گردیده است. با اتصال خروجی مدار فوق به یک اردینو به پردازش سیگنال فوق با استفاده از نرم افزار labview در اردینو انجام شده است.

واژه های کلیدی: مد SQS، THGEM، آشکارساز گازی، پرتو ایکس، AM²⁴¹



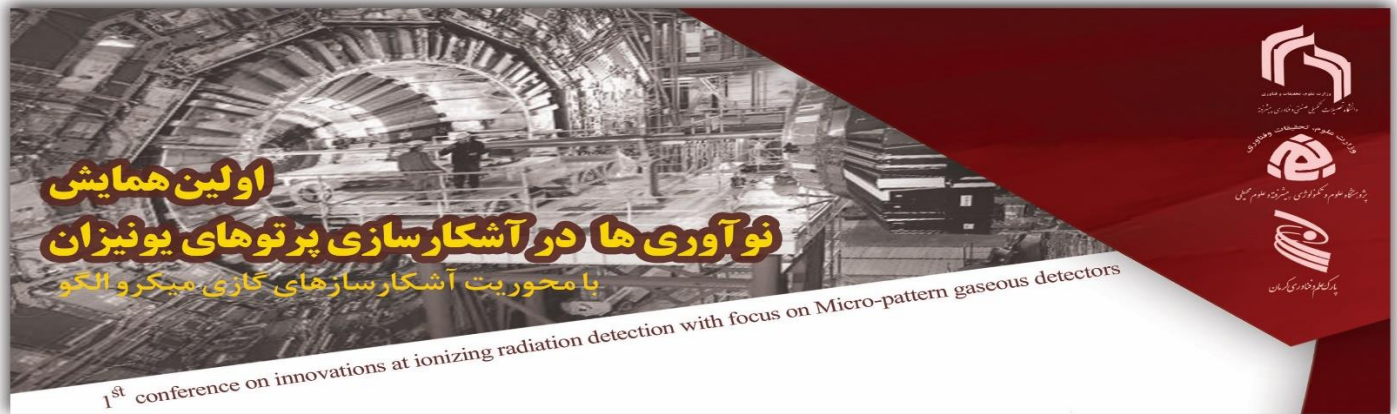
مقدمه:

در آشکارسازهای گازی در حضور مخلوط‌های گازی جاذب فوتون‌های UV میتوان بعد از مد تناسبی، وارد مد SQS گردید. با پدیدار شدن یک ستون نور مرئی، در محل ورود اشعه، همراه می‌باشد. در این تحقیق با طراحی، شبیه‌سازی و ساخت سه آشکارساز گازی مقیاس ریز ضخیم، THGEM، با ابعاد هندسی مختلف، نشان داده شده است که چگونه می‌توان با استفاده از قابلیت کارکرد آن‌ها در مد SQS اقدام به تشخیص موقعیت مکانی پرتوهای ورودی نمود. در این روش هر یک از حفره‌های صفحات THGEM، به‌عنوان یک پیکسل تصویر، مستقل از دیگر حفره‌ها، می‌تواند وارد مد SQS شود که در این حالت یک ستون نور درون آن حفره پدیدار می‌گردد [1]

مدستون نور خود فرو نشان (SQS) :

آشکارسازهای یونیزاسیون گازی معمولی، به اتاقک یونیزاسیون، شمارنده‌های تناسبی و گایگرمولر دسته بندی می‌شدند. اما نوع دیگری از سیستم‌های شمارش بر پایه اثرات یونیزاسیون نیز، توسعه یافته‌اند. این شمارشگر نوع خاصی از آشکارسازهای تکثیرکننده گازی است که تا حدودی متفاوت از سیستم‌های شمارنده تناسبی و گایگرمولر عمل می‌کند و به آن، مدستون نور خود فرو نشان (SQS) آشکارساز جریان محدود، گفته می‌شود [2]. برای جذب UVهای تولید شده، از گاز فرو نشان در آشکارسازهای گازی استفاده می‌گردد ولی در آشکارسازهای گایگرمولر به دلیل تولید بهمن الکترونی به UVها نیاز است، که این امر در همه‌ی فضای آشکارساز موجب تولید بار می‌گردد که سیگنال خروجی، با مقدار یون‌های اولیه حاصل از تابش اولیه رابطه‌ای ندارند. اما در آشکارسازهای تناسبی که از گاز فرو نشان استفاده می‌شود، ولتاژ را تا حدی که، ضریب تکثیر الکترون‌ها به بیش از 10^8 برسد که این مقدار موجب می‌گردد از حد تکثیر در مد تناسبی بالاتر برود و تا حد تکثیر گایگرمولر خواهد رسید، بالاتر ببریم وارد مد جدیدی به نام مد SQS خواهد شد. نکته جالب در این مد این است که این مد نیز مشابه مد گایگر در خصوص انرژی تابش اطلاعاتی نمی‌دهد. [3]

آشکارسازهای یونیزاسیون گازی معمولی به اتاقک یونیزاسیون، شمارنده‌های تناسبی و گایگرمولر تقسیم می‌شوند. مزیت که مد SQS دارد این است که پدیده‌ی بهمنی در این مد قابل مهار شدن است بطوری که تنها در مسیر بهمن اصلی به شکل



نور گسترش پیدا می کند و با جذب فوتون در امتداد برانگیختگی اتمها، بهمنهای اضافی تشکیل نمی شود. ستونهای نور دارای قطری بین ۰ تا ۱۵۰ μm می باشد که در چند میلیمتری آند به شکل عمود تشکیل می گردند و ممکن است در شعاعهای بزرگتری که میدان ضعیف خواهد شد، از بین بروند. [۴] پالسهای خروجی در اثر مد SQS دارای جریان قویتر و زمان کمتری نسبت به مد تناسبی خواهد داشت [۲,۵]. چگالی بار اولیه و ولتاژ اعمالی در میزان روشنایی ستون نورها اثر دارد. [۶,۷]

امرسیوم ۲۴۱:

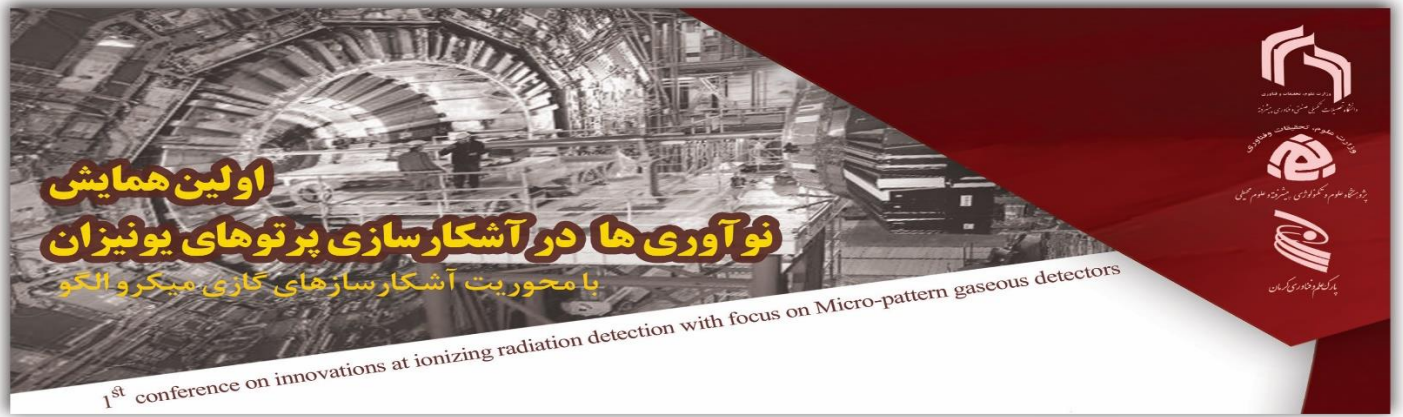
Am^{۲۴۱} در حین واپاشی الفا و گاما گسیل می کند برای تعیین رطوبت بکار می رود. چشمه امرسیوم ۲۴۱ باحفاظ برای پرتو الفا امکان اندازه گیری جرم سطحی لایه های نازک را با پرتوهای گاما 60keV مهیامی سازد. این چشمه نسبتاً گران است اما کاربرد آنروز به روز افزایش می یابد. در صورتیکه اکتیویته چشمه (0.27ci) 10GBq باشد. [۸]

آشکارساز گازی:

قاعدهی کلی اکثر آشکارسازها تغییراتی است که حاصل برخورد پرتو با ماده صورت می گیرند. ولی اکثر آشکارسازهای تابش بر تاثیراتی که یک ذره باردار زمان عبور از داخل گاز بر جای می گذارد کار می کنند. یونش و برانگیزش مولکولهای گاز در طول مسیر ذره باردار را می توان برهمکنش اولیهی ذره باردار دانست. گرچه برای بدست آوردن یک سیگنال مساعد امکان آن فراهم است که از مولکولهای برانگیخته بهره برد. ولی اساس کار اکثر آشکارسازهایی که به وسیلهی گاز پر شده اند، بر مبنای یونشهای مستقیمی که در طول جهت حرکت ذره باردار تولید شده اند، می باشد [۲].

آشکارساز تکثیرگر الکترون گاز ضخیم یا THGEM:

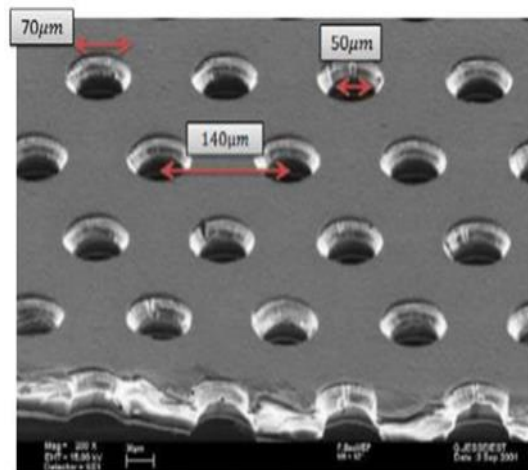
پس از گذشت چند سال از GEMها نسل جدیدی از آشکارسازهای ریزمقیاس ابداع گردید که بهرهی بالاتری نسبت به GEMهای معمولی داشتن و به THGEM نامگذاری و کاربردهای آن مورد مطالعه قرار گرفت [9,10]. از این



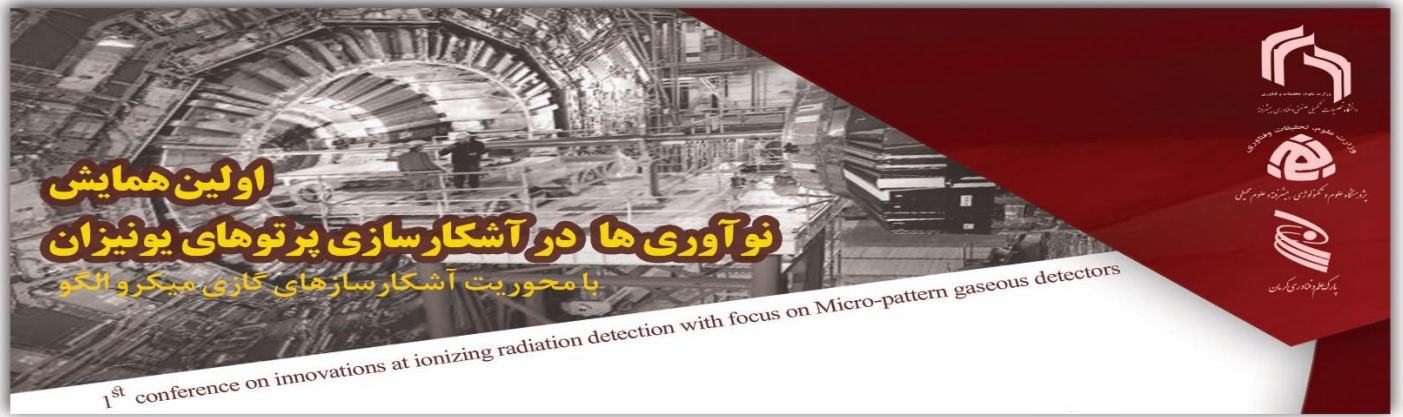
آشکارسازها می‌توان در آشکارسازی نوترون، نورمرئی، ذرات باردار و ... بکار برد. همچنین در آزمایشگاه سرن برای مطالعه فیزیک ذرات پرنرژی از این ساختار استفاده گرد [11,12]. عملکرد این نوع آشکارساز نیز بر پایه ی یونیزاسیون گاز درون حفره‌ها است. ساختار این آشکارسازهای THGEM در ساده‌ترین حالت ممکن مانند ساختار آشکارسازهای GEM برگرفته از یک صفحه آند و یک صفحه کاتد و یک صفحه THGEM که از پلکسی گلس می‌باشد، است. زمانی که گاز مناسب برای مثال گاز P10 به آن وارد شود یونیزاسیون و تکثیر دقیقاً همانند GEMها که قبلاً توضیح داده شده، رخ خواهد داد. ساختار THGEMها دقیقاً مشابه با ساختار GEMها است و تنها اختلاف بین این دو نوع آشکارسازی که به چشم می‌خورد میتوان به تعداد بیشتر حفره‌ها در ساختار THGEMها و همچنین قطر حفره‌ها THGEMها که حدود 1mm و ضخامت 1.0-2mm و طول گام 2mm است، اشاره نمود. اختلاف مهم‌تری نیز وجود دارد که امکان حذف لایه‌ی مس در اطراف حفره‌ها است، که این عمل از آشکارساز را در مقابل نوسانات ولتاژ و میدان الکتریکی محافظت خواهد کرد. ابعاد بزرگتری که THGEMها دارند می‌توان به عنوان یک مزیت دانست چرا که از می‌تواند جرعه‌های الکتریکی که امکان دارد در ولتاژهای بالا را ایجاد شود را تحمل کند.



شکل ۲: نمونه ای از ساختار THGEM [13]

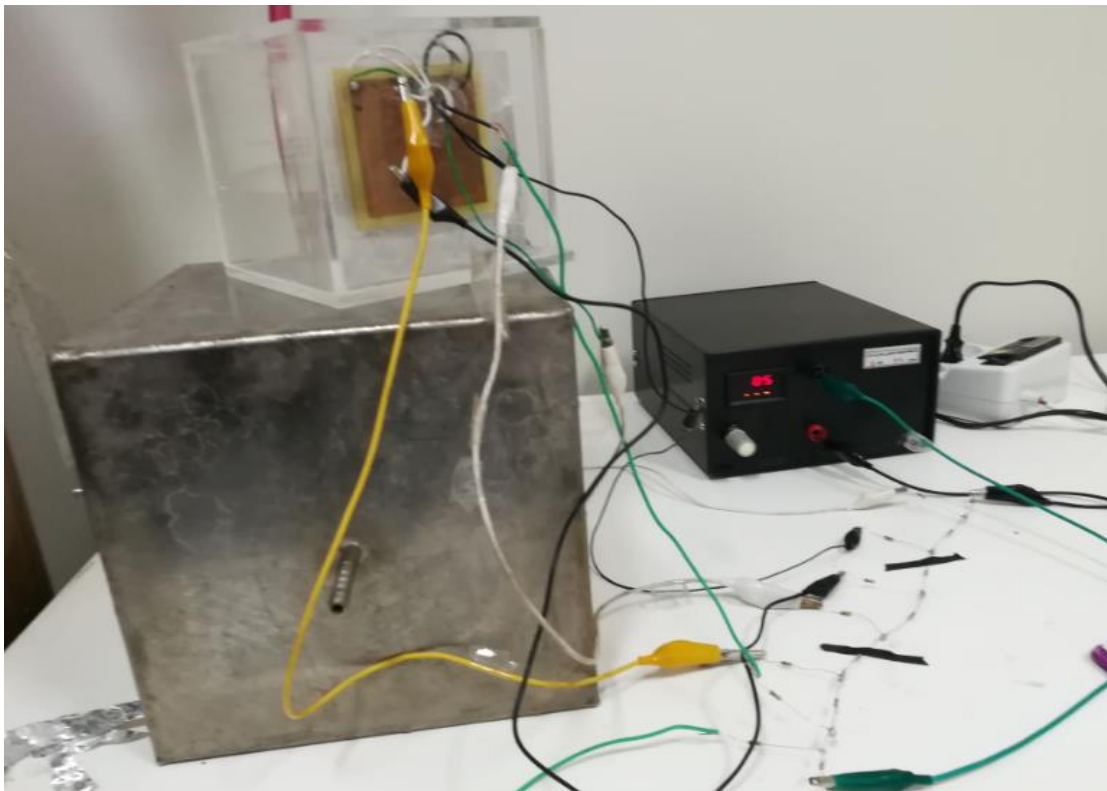


شکل ۱: عکس میکروسکوپی از حفره‌های GEM [9]



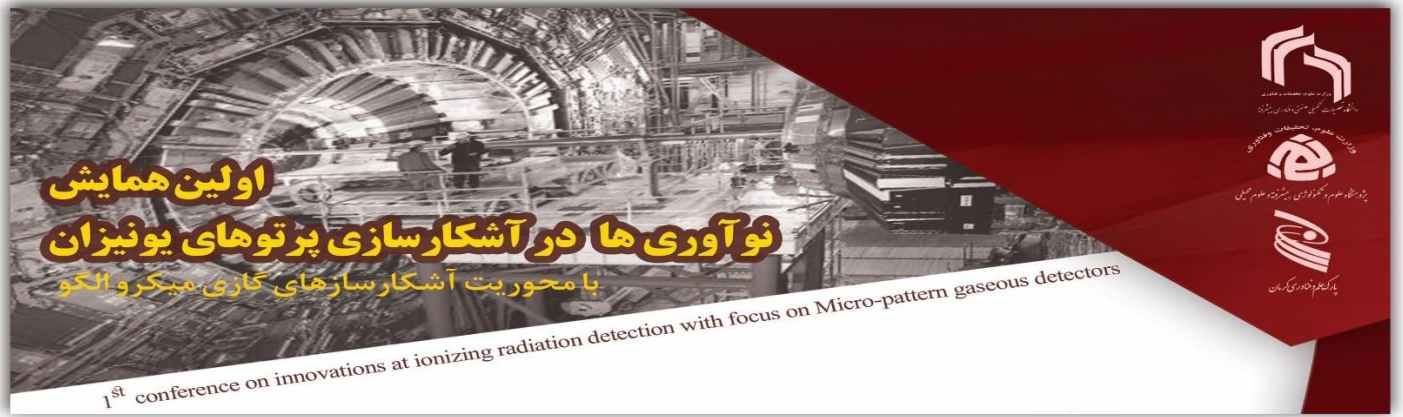
مراحل ساخت:

ابتدا ما به وسیله نرم افزار اتوکد شکل و ابعاد محفظه روطراحی کردیم. محفظه ما از جنس پلکسی گلاس می باشد که جنسی بسیار شفاف دارد. ما برای این آشکارساز یک ورودی و یک خروجی گاز، یک چشمه رادیو اکتیو، یک THGEM و یک گیج برای اندازه گیری فشار داخل محفظه مورد نظر استفاده کردیم.

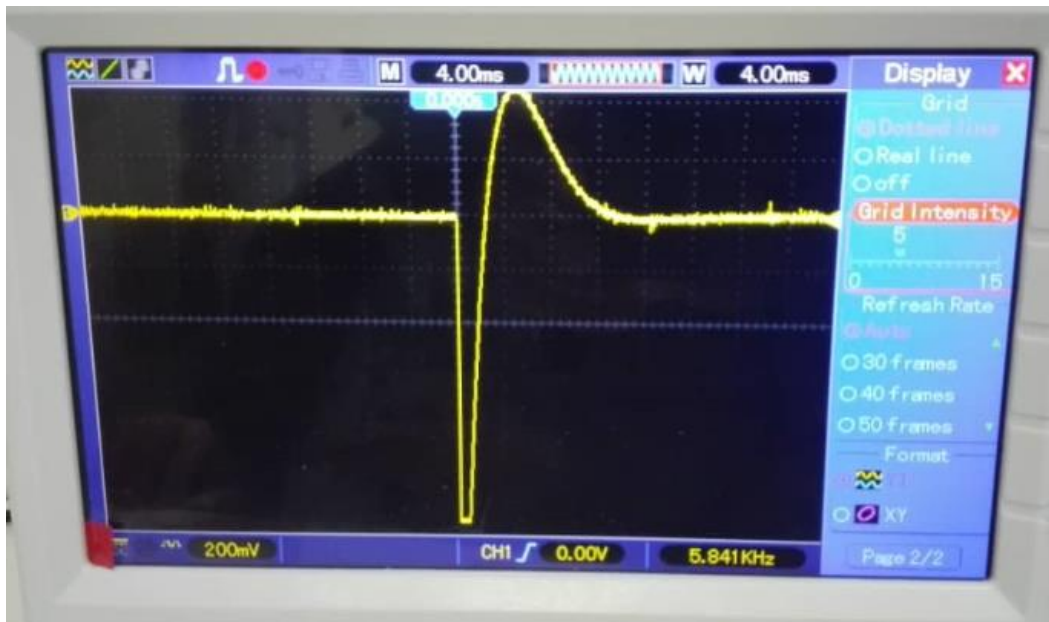


شکل ۳: شکل نهایی آشکارساز

نتایج:



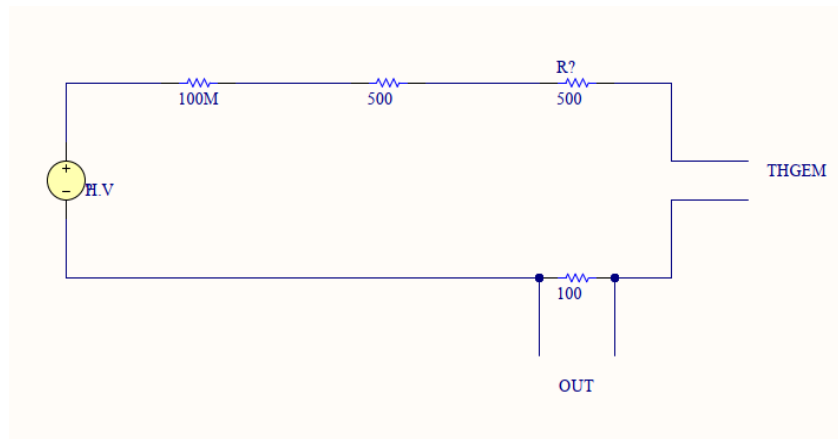
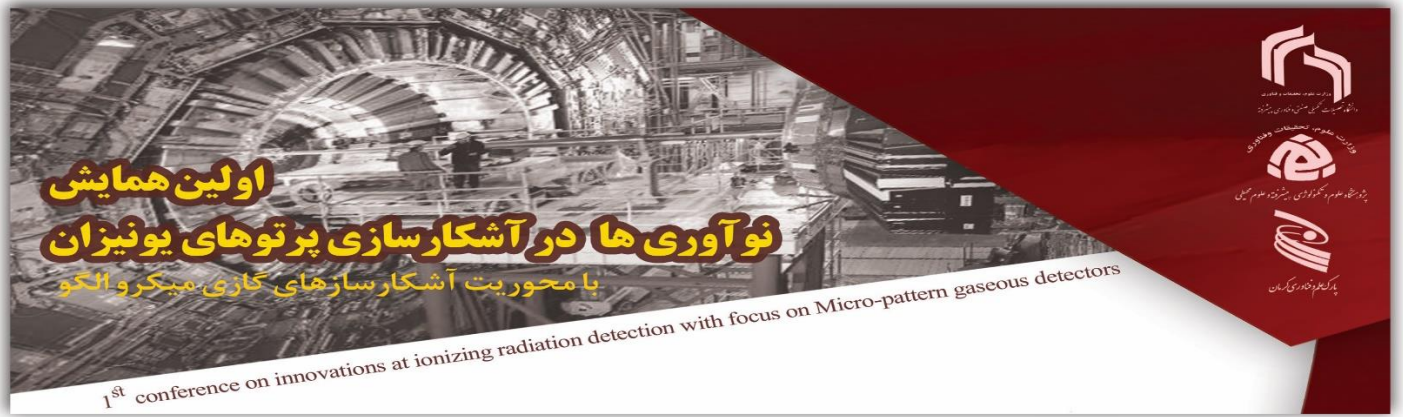
ابتدا ما چشمه رادیو اکتیو AM241 رو درون محفظه آشکارساز قرار دادیم بعد THGEM رو به فاصله 0.8mm از چشمه قرار دادیم. تمام اتصالات رو متصل کردیم گاز ورودی رو باز کردیم که در حالت سیستم باز فقط از داخل دستگاه عبور کند بعد H.V را متصل کردیم. کم کم مقدار ولتاژ را بالا بردیم در ولتاژ 1060v شروع به dark زدن کرد که ما مدار را به یک اسیلوسکوپ متصل کردیم که شکل سیگنال رو هم مشاهده کنیم.



شکل ۴: شکل سیگنال بر روی اسکوپ

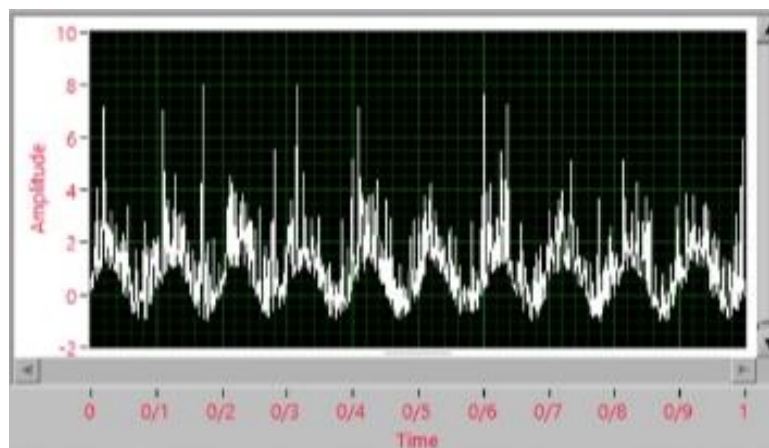
شرح مدار و پردازش سیگنال خروجی:

مدار THGEM طراحی شده در جهت آشکارسازی پرتوی آلفا ساخته شده و بعد از گذاشتن چشمه در جلوی THGEM و متصل کردن به (H.V) و انجام عملیات محاسباتی مختلف یک سیگنال خروجی به شکل زیرماده شده اما این سیگنال دارای ایراداتی غیرقابل چشم پوشی هستند از جمله این ایرادات، نویز دستگاه های مختلف که باعث خرابی سیگنال مامی-شود.

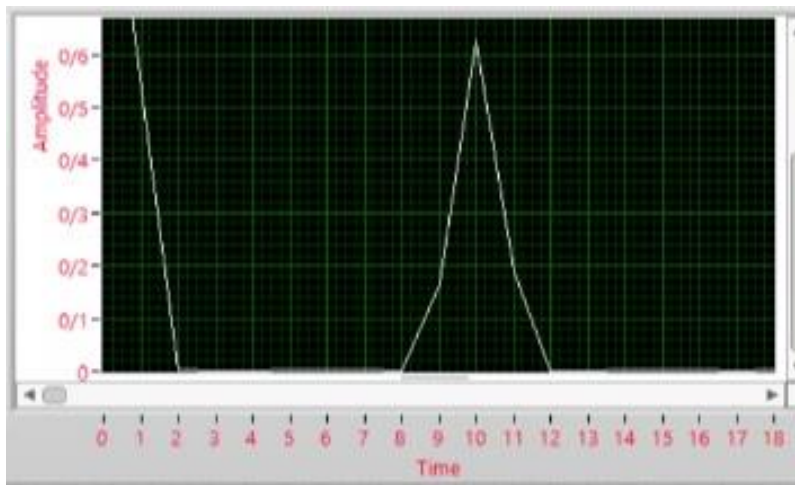
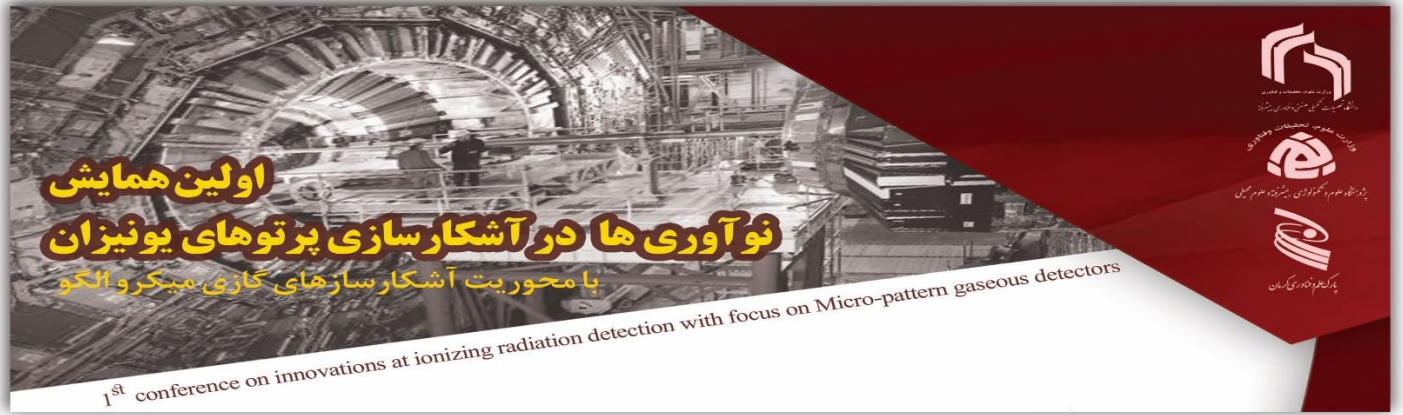


شکل ۵: مدار RC طراحی شده

حال ما میبینیم که در این سیگنال بدست آمده ایراداتی وجود دارد که این ایرادات باعث می شوند که مایک سیگنال پاک نداشته باشیم. حال ما با استفاده از نرم افزار برنامه نویسی Labview برای این مدار نوشتیم که می تواند نویزهای مدار را به طور کامل حذف کند و یک سیگنال پاک داشته باشیم، برنامه ی نوشته شده فوق را روی برد آردینو پیاده سازی می کنیم و در نتیجه یک سیگنال خروجی پاک به شکل زیر برای ما به وجود می آید.



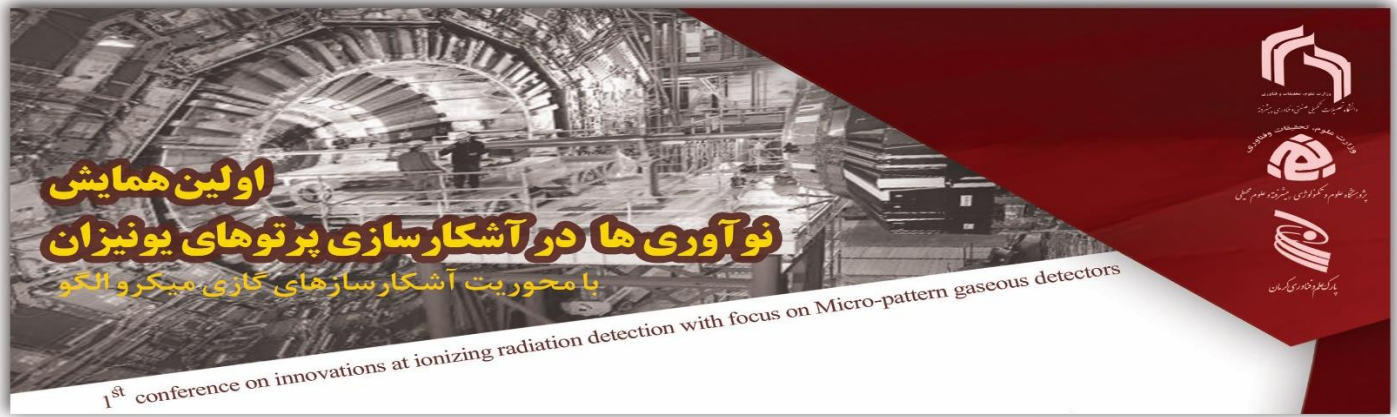
شکل ۶: خروجی مدار قبل از پردازش سیگنال



شکل ۷: خروجی سیگنال بعد از برنامه ای که برایش نوشتیم

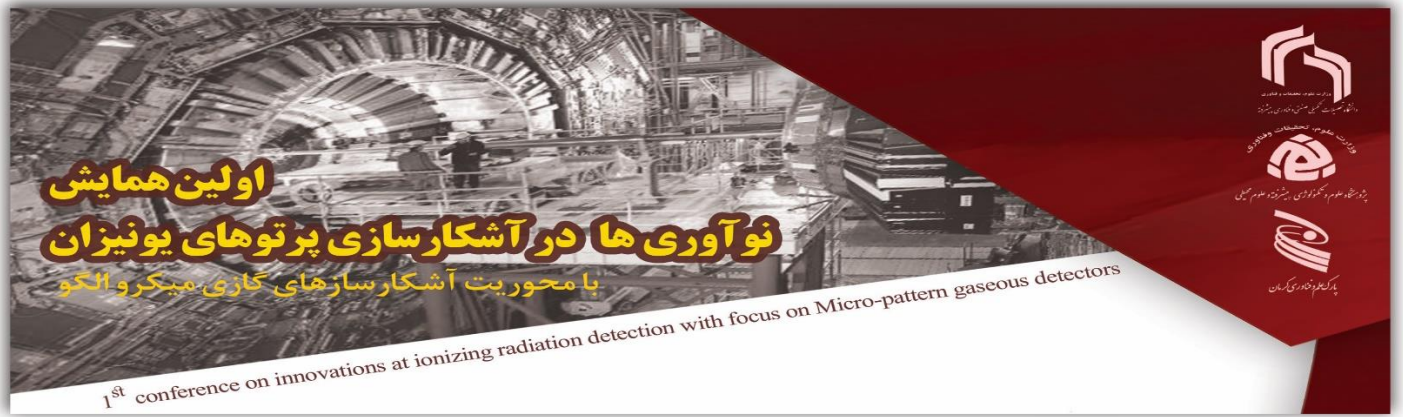
نتیجه گیری:

در این تحقیق ما وارد مد SQS شدیم براساس این تحقیق برای تعیین موقعیت مکانی اشعه UV روی THGEM و همچنین تعیین موقعیت مکانی و شدت اشعه آلفا مورد استفاده قرار می گیرد.



منابع :

- [1] سوری راضیه، نگارستانی علی، and ماهانی محمد. "آشکارسازی پرتوهای آلفا با استفاده از کارکرد آشکارسازهای گازی مقیاس ریز در مد SQS." 29-38.
- [2] G.F.Knoll. Radiation detection and measurement. John Wiley & Sons Press, (2010).
- [3] Alekseev G, Kalinina N, Karpukhin V, Khazins D, Kruglov V, Investigation of self-quenching streamer discharge in a wire chamber. Nuclear Instruments and Methods. 1980; 177:385-97.
- [4] Atac M, Tollestrup AV, Potter D, Self-quenching streamers. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1982; 200:345-54
- [5] Ji-Gang A, Anderson K, Merritt F, Oreglia M, Pilcher J, Possoz A, et al. A study of the self-quenching streamer mode using a nitrogen laser. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 1988; 267:396-407.
- [6] Peskov V, Fonte P. Research on discharges in micropattern and small gap gaseous detectors. arXiv preprint arXiv:09110463. 2009.
- [7] Zhang L S, A possible mechanism of the self-quenching streamer mode. Nucl. Instrum. Meth. A, 1986, 247, 343-346.
- [8] Foldiak, Gabor. "Industrial application of radioisotopes." (1986).
- [9] Ostling J, Brahme A, Damie... M, Francke T, Lacobaeus C, Peskov V. Study of hole-type gas multiplication structures for portal imaging and other high count rate applications, IEEE. Transactions on Nuclear Science. 2003; 50:809-19.
- [10] C. Shalem et al., Advances in Thick GEM-like gaseous electron multipliers - Part II: low pressure operation, Nucl. Instrum. Meth. A 558 (2006) 468-474.
- [11] Chechik R, Cortesi M, Breskin A, Vartsky D, Bar D, Dangendorf V. Thick GEM-Like (THGEM) detectors and their possible applications. arXiv preprint physics/0606162, 2006.
- [12] A. Lyashenko et al., Advances in ion back-flow reduction in cascaded gaseous electron multipliers incorporating R-MHSP elements, JINST 1 (2006) P10004.
- [13] R. Alon, J. Miyamoto, M. Cortesi, A. Breskin, R. Chechik, I. Carne, J. M. Maia, J.M.F. dos Santos, M. Gai, D. McKinsey and V. Dangendorf, Operation of a Thick Gas Electron Multiplier (THGEM) in Ar, Xe and Ar-Xe, 76100, Rehovot, Israel.



بررسی عملکرد تکثیرگرهای الکترونی میکرو الگو در مد SQS برای آشکارسازی پرتوهای رادیاواکتیو

سید مهدی هاشمی*^۱ و علی نگارستانی^۱

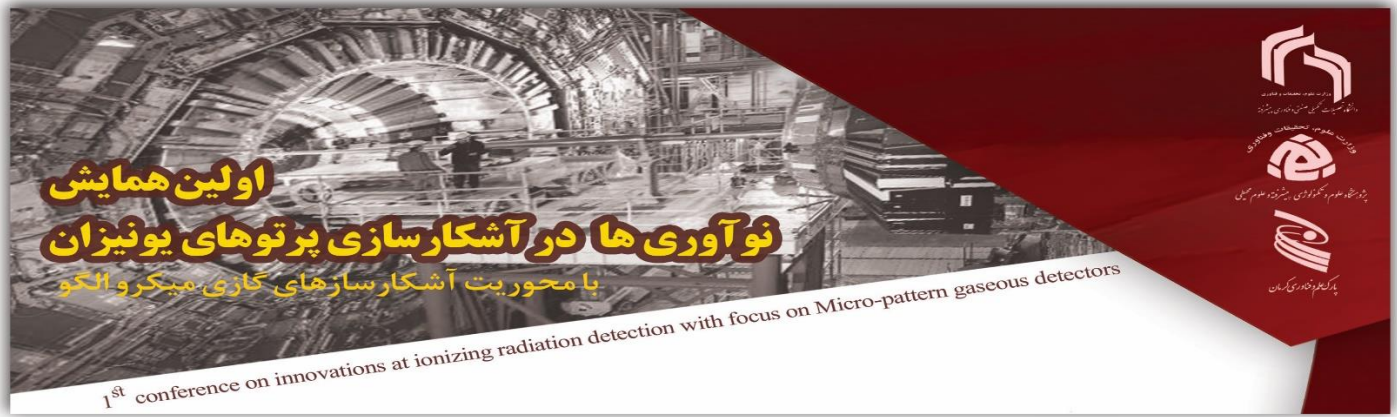
۱ دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان. پست الکترونیکی: hashemi.phy1@gmail.com

چکیده

در این مطالعه با به کارگیری چندین پیکربندی از ساختارهای تکثیرگر الکترونی گازی زیرمجموعه ساختارهای ریزالگو، آشکارسازی پرتوهای رادیاواکتیو در مد SQS مورد بررسی قرار خواهد گرفت. ظهور پیوسته ستون‌های نور مرئی در فضای بین الکترودهای تکثیرگرها در محل ورود ذرات، از جمله مزیت‌های به کارگیری این روش اپتیکی برای آشکارسازی پرتوهای یون‌ساز می باشد. در طراحی و ساخت محفظه آشکارساز، از تکثیرگر الکترونی ضخیم و مجتمع تکثیرگر الکترونی در چند پیکربندی مختلف استفاده خواهد شد.

واژه‌های کلیدی

تکثیرگر الکترونی گازی، ساختارهای ریزالگو، مد SQS و روش اپتیکی.



Investigation of the performance of gaseous electron multipliers in the SQS mode for radiation detection

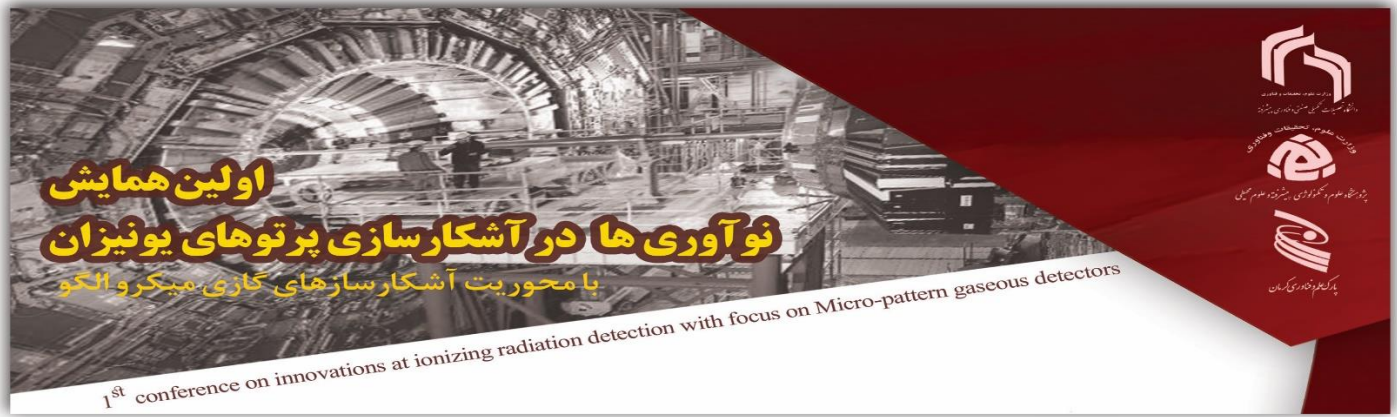
Seyed Mehdi Hashemi^{*,1} and Ali Negarestani²

1 Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran.

Abstract:

In this study, the detection of radioactive beams in the SQS mode will be investigated with several configurations of gaseous electron multipliers of micro-pattern structures. The appearance of visible light columns in the space between the multiplier electrodes at the location of input particles is one of the advantages of using this optical method to detect ionizing radiations. Thick Gas Electron Multiplier (TGEM) and an Electron Multiplier Assemblies (EMA) were designed and constructed as amplification gap in the detector chamber.

Keywords : Gaseous electron multipliers, Micro-pattern structures, SQS mode and an optical method.

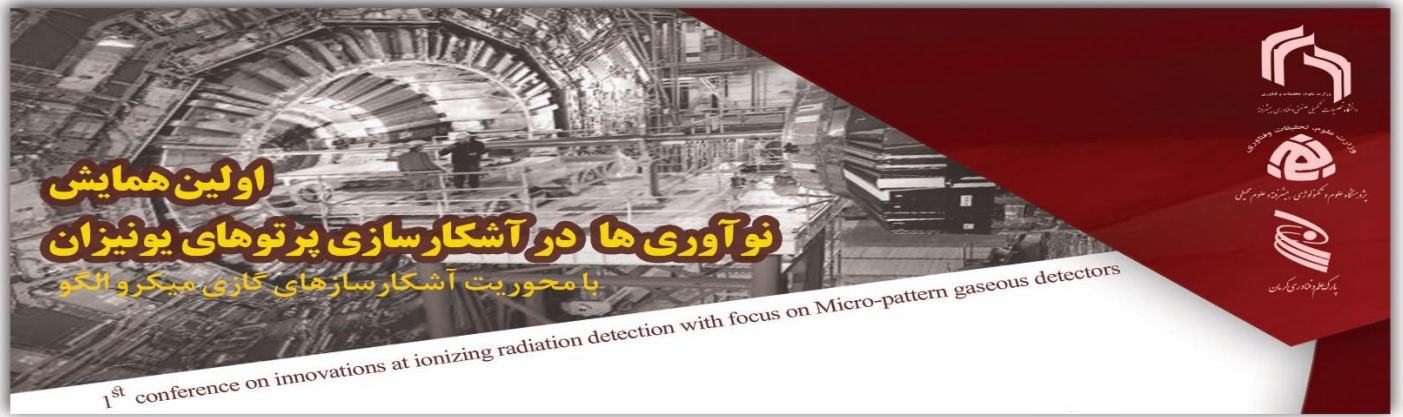


مقدمه

بعد از معرفی شمارنده‌های تناسبی در اواخر دهه ۴۰ میلادی، استفاده و بررسی عملکرد آنها برای آشکارسازی پرتوهای رادیواکتیو مورد توجه قرار گرفت. کارکرد این ساختارها به فرایندهای مختلف مربوط به حرکت و اندرکنش الکترونها و یونها در محیط گازی تحت تاثیر میدان الکتریکی وابسته می‌باشد [۱]. بطور کلی در تکثیرکننده های الکترونی گازی، تکثیر گازی در اثر افزایش میدان الکتریکی تا مقادیر زیاد در داخل گاز حاصل می شود. در میدان های الکتریکی قوی، الکترون های تولید شده ناشی از تابش فرودی شتاب گرفته و انرژی جنبشی زیادی را کسب می کنند. در صورتی که این انرژی از انرژی یونیزاسیون اتم ها یا مولکول های خنثی گاز بیشتر باشد در حین برخورد، زوج یون های دیگری ایجاد می شوند. الکترون های تولید شده جدید، که الکترون های ثانویه نام دارند نیز با بدست آوردن انرژی زیادتر از انرژی یونیزاسیون اتم ها یا مولکول های مقابل خود باعث تولید الکترون های دیگری می شوند [۲].

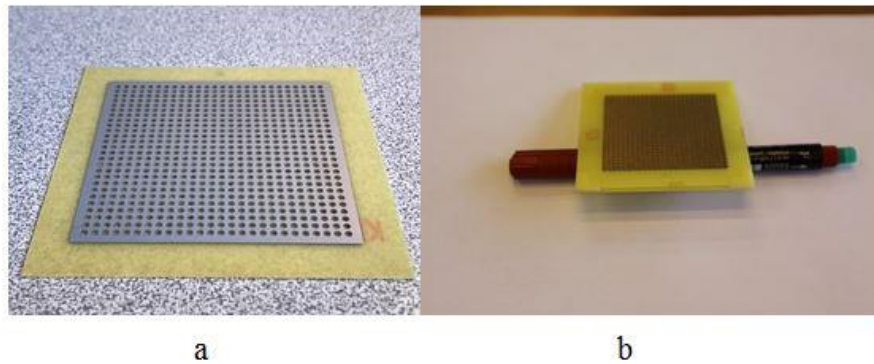
در آشکارسازهای گازی عموماً از ترکیب های گازهای نجیب با گازهای چند مولکولی به عنوان فرونشان استفاده می شود. از آنجاییکه انرژی برانگیختگی این مولکول ها کمتر از اتم های گاز نجیب می باشد، الکترون های شتاب گرفته شده در ناحیه تکثیر آشکارساز قادر به برانگیختگی مولکول های مربوط به گاز فرونشان می باشند. از اینرو بسته به نوع گاز فرونشان، فوتون هایی با انرژی در محدوده نور مرئی ساطع می شوند [۴]. یکی از حالت های مورد استفاده در آشکارسازهای حساس به موقعیت گازی، استفاده از مد ستو های نوری خودفرونشان می باشد. از لحاظ تئوری، گاز فرونشان، میدان الکتریکی اعمالی و اثر بار فضایی خود القای ناشی از یون های مثبت ایجاد شده در پدیده بهمن های الکترونی^۱ از جمله عوامل کلیدی در توصیف چگونگی شکل گیری این مد به حساب می آیند [۵]. در مد ستون های نوری خودفرونشان ، نتیجه گسترش بهمن های الکترونی در حضور برخی از ترکیب های گازی جاذب فوتون های ماوراء بنفش (UV) که از اتم ها یا مولکول های برانگیخته ساطع می شوند، ظهور ستون های خود فرونشان نوری با پهنای ۱۵۰-۱۰۰ μm و گستردگی چند میلیمتر خواهد بود [۶].

¹ Electron avalanches



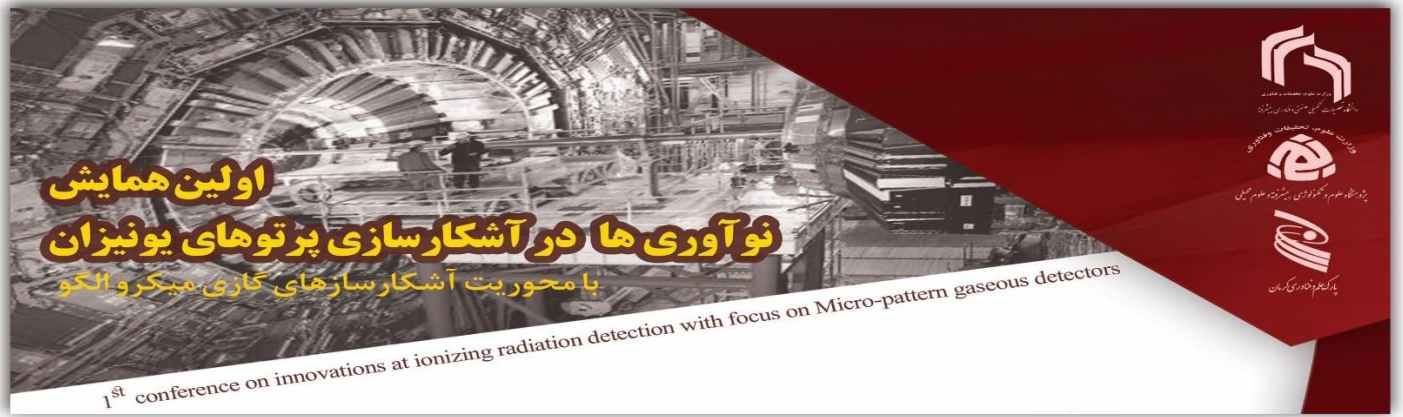
روش کار

در این روش، جهت آشکارسازی پرتوهای آلفای ساطع شده از یک چشمه آمرسیم، تکثیرگر الکترونی ضخیم و مجتمع تکثیرگر الکترونی در چند پیکربندی مختلف به عنوان ناحیه تقویت درون آشکارساز استفاده خواهد شد. در این تحقیق، هر صفحه جم ضخیم از یک صفحه FR4 به ضخامت 0.4 mm که در دو طرف آن لایه‌های مسی به ضخامت $35 \mu\text{m}$ قرار دارد، ساخته شده است. در حالی که در مجتمع تکثیرگر الکترونی هر صفحه الکتروود از دو لایه تشکیل می‌گردد. لایه اول از جنس مس به ضخامت $35 \mu\text{m}$ و لایه دوم از جنس عایق FR4 به ضخامت 0.4 mm می‌باشد (شکل ۱). قطر و گام تکرار حفره‌های ایجاد شده برای تمامی صفحات استفاده شده به ترتیب 0.5 mm و 1 mm در نظر گرفته شده است همچنین فاصله بین دو اکتروود مجتمع تکثیرگر 1 mm است. ابعاد تمامی صفحات $7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$ با سطح فعال (لایه مسی) $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ می‌باشند.

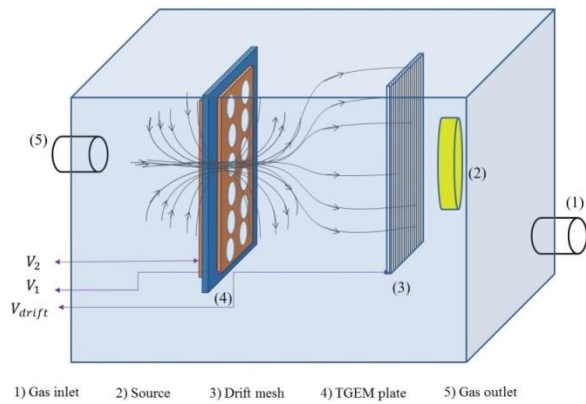


شکل (۱): تصاویر مربوط به (a) یک صفحه تکثیرگر الکترونی ضخیم و (b) مجتمع تکثیرگر الکترونی

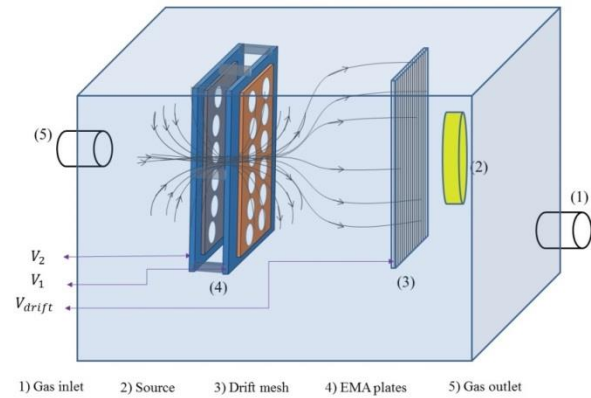
مطابق پیکربندی مشخص شده در شکل ۲، بعد از اعمال ولتاژ ورودی به الکترودهای مشخص شده، الکترون‌های تولید شده ناشی از برهم کنش ذرات آلفا با گاز داخل آشکارساز، با عبور از ناحیه رانش به ناحیه تکثیرکننده می‌رسند. در این ناحیه در اثر پدیده بهمن الکترونی، و با توجه به نوع گاز فرونشان انتخاب شده (P10) در یک ولتاژ معین، حفره‌هایی که



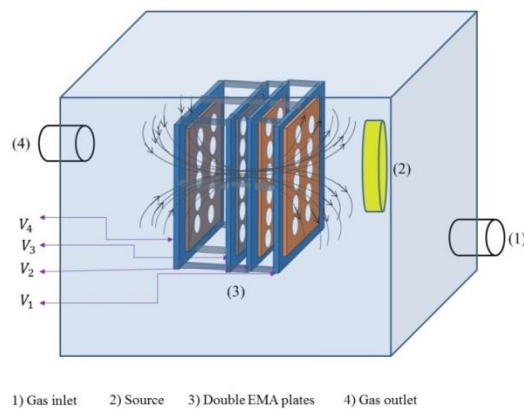
در معرض تشعشع پرتوهای آلفا قرار گرفته اند وارد مد ستون نوری خود-فرونشان می شوند. بدنبال آن، در فضای میان حفره ها، ستون های نوری خود فرونشان ظاهر می شوند.



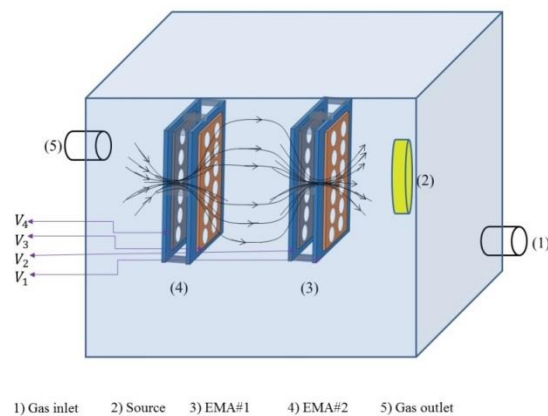
a



b

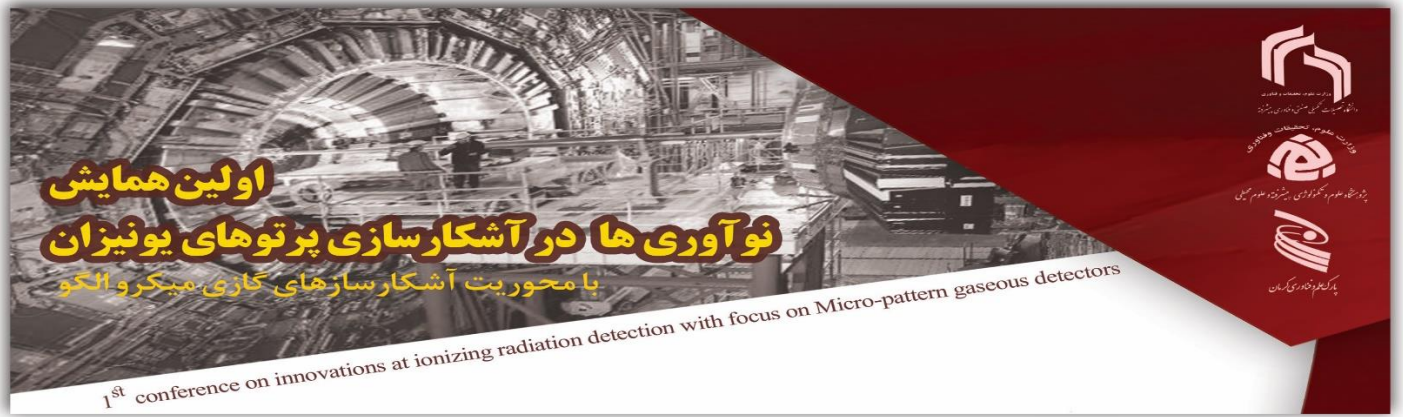


c



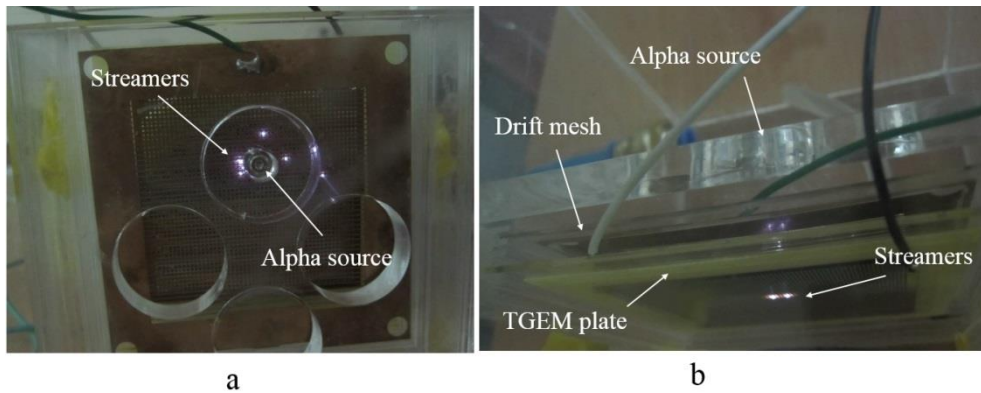
d

شکل (۲) : پیکربندی چیدمان اجزاء برای محاسبه جریان در ساختارهای (a) تکثیرگر الکترونی ضخیم (b) مجتمع تکثیرگر الکترونی (c) حالت آبشاری از دو نوع مجتمع تکثیرگر و (d) ساختار دو گانه از مجتمع تکثیرگر.

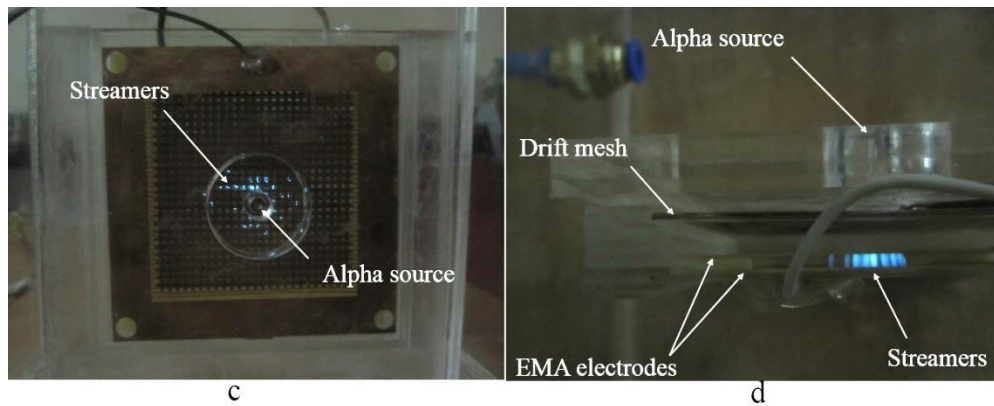
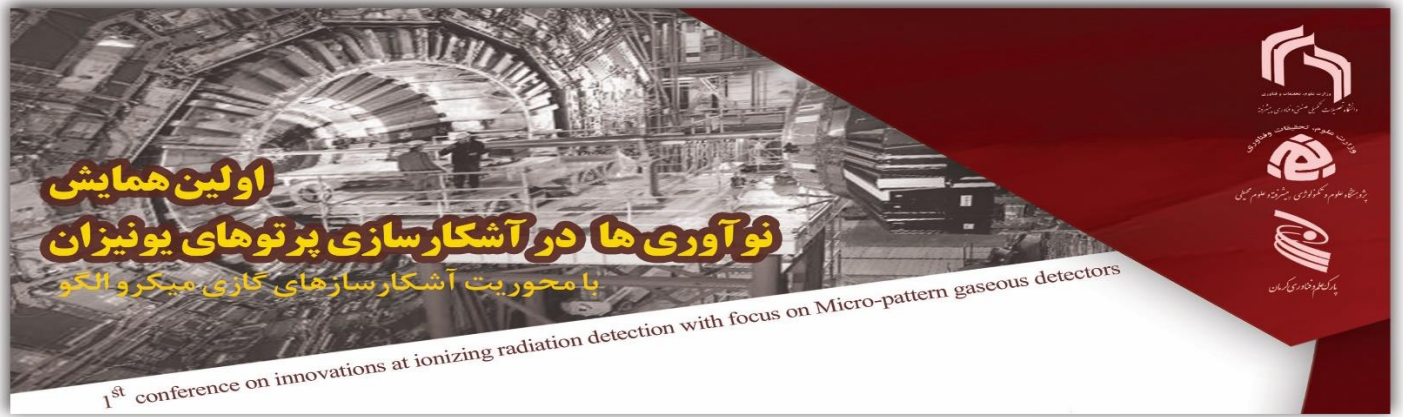


نتایج

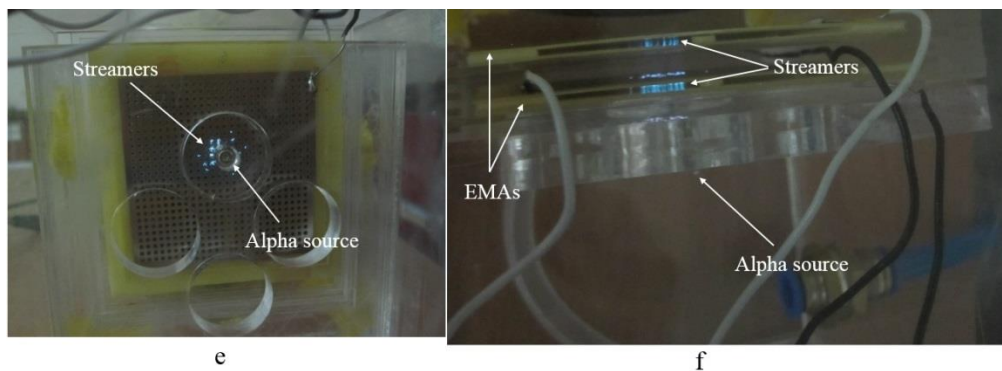
تصویر ستون‌های نوری خود فرو نشان در حضور گاز P10 و در ولتاژ انتقال، از نمای مقابل و بالای محفظه آشکارساز مربوط به تکثیرگرها در شکل ۳ تا شکل ۶ آورده شده است. برای مشاهده رویدادهای داخل محفظه، جنس آن از نوع مواد شفاف ساخته شده است. چشمه ^{241}Am نیز در مرکز دایره مشخص شده قرار دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مد ستون نوری خودفرونشان، در ساختار تکثیرگر الکترونی ضخیم نورهای مرئی به شکل نقاط نورانی روی صفحه و در ساختار مجتمع تکثیرگر الکترونی، این نورها به شکل یک ستون نوری بین دو الکتروود نمایان می‌گردند.



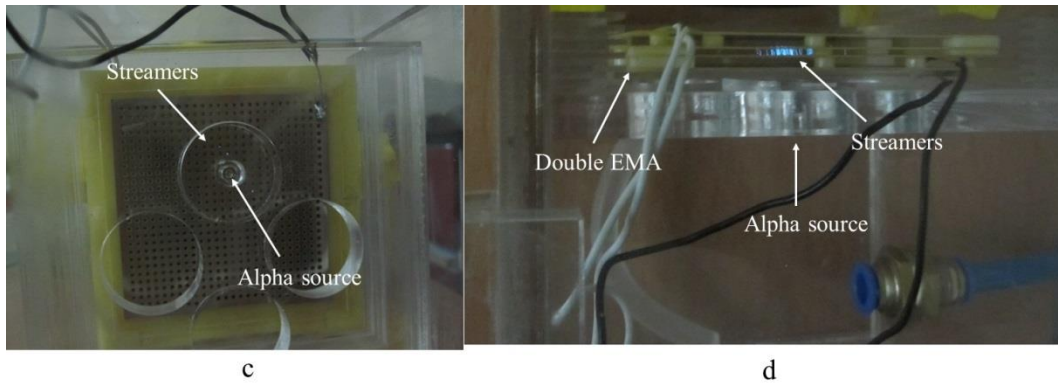
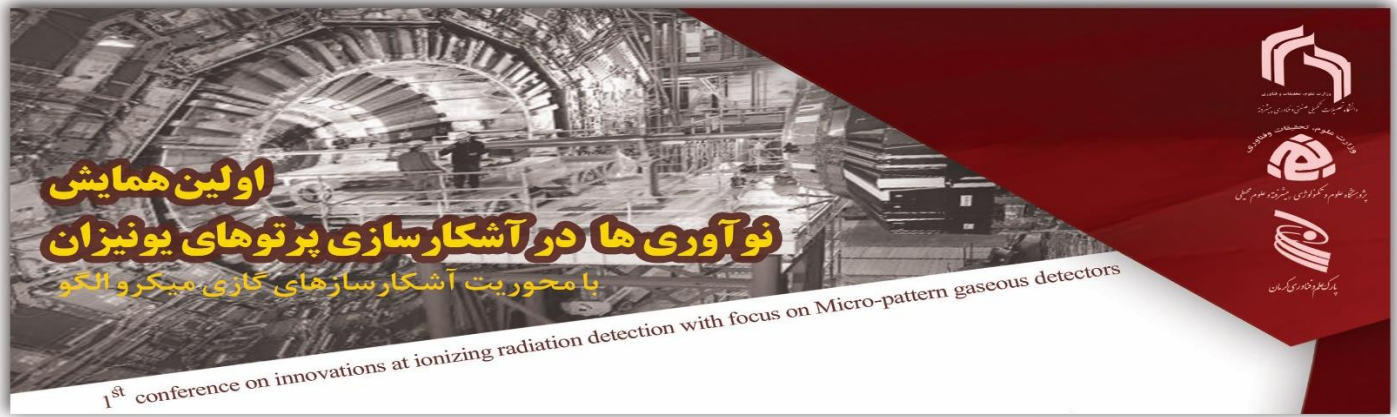
شکل (۳): تصاویر مربوط به ظهور ستون‌های خودفرونشان در ساختار تکثیرگر الکترونی ضخیم.



شکل (۴): تصاویر مربوط به ظهور ستون‌های خودفروشان در ساختار مجتمع تکثیرگر الکترونی.



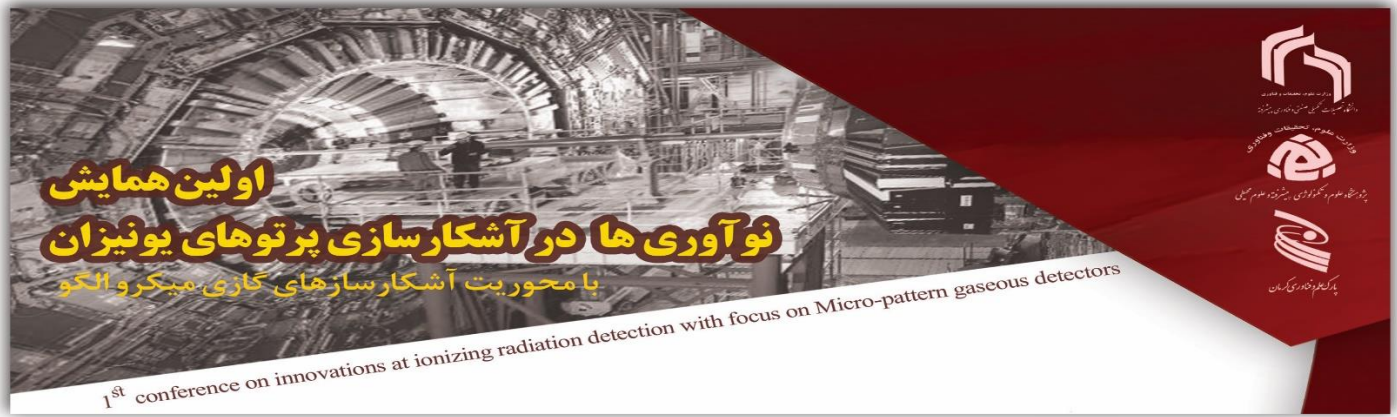
شکل (۵): تصاویر مربوط به ظهور ستون‌های خودفروشان در حالت آبخاری از دو نوع مجتمع تکثیرگر.



شکل (۶): تصاویر مربوط به ظهور ستون‌های خودفروشان در ساختار دوگانه از مجتمع تکثیرگر

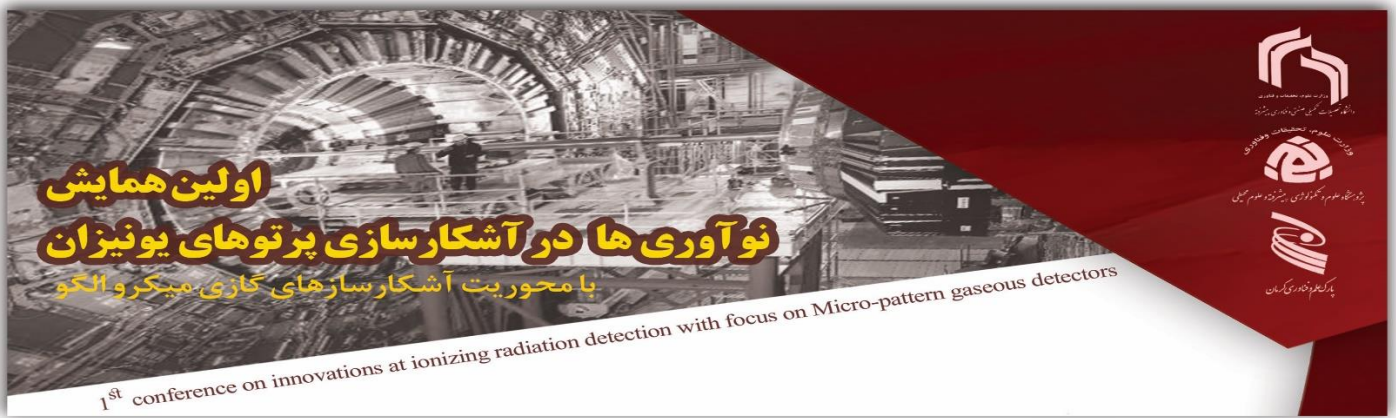
جمع بندی

در این تحقیق با به‌کارگیری ساختارهای مختلف تکثیرگر الکترونی، روشی کاربردی بر مبنای مشاهدات مستقیم ستون‌های نورانی برای آشکارسازی فعال ذرات باردار ارائه گردید. با حضور ترکیب گازی P10 به‌عنوان گاز فرونشان داخل فضای آشکارساز و جذب فوتون‌های UV ایجاد شده در بهمن‌ها توسط گاز فرونشان، در ولتاژهای مشخصی شرایط ورود به مد ستون نوری خودفروشان فراهم می‌شود، که در این حالت بسته به پیکربندی‌های مختلف درون هر کدام از حفره‌هایی که در مقابل چشمه رادیواکتیو قرار گرفته‌اند ستون‌های نوری خود فرونشان پدیدار می‌گردند. همچنین در این روش، دقت در اندازه‌گیری مکان (تفکیک مکانی) ذرات فرودی بسته به قطر حفره‌های ایجاد شده در صفحات الکترودها، مشخص می‌شود. با نظر به پایداری این مد اندازه‌گیری و ظهور پیوسته ستون‌های نورانی در مقابل چشمه رادیواکتیو، بهینه‌سازی و به‌کارگیری این نوع روش آشکارسازی برای استفاده در پرتوسنجی‌های محیطی پیشنهاد می‌گردد.



مراجع

- [1] G. F. Knoll. Radiation detection and measurement, John Wiley & Sons, 2010.
- [2] G. Charpak, R. Bouclier, T. Bressani, J. Favier, and C. Zupancic. The use of multiwire proportional counters to select and localize charged particles, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 62 (1968) 262-268.
- [3] R. Bouclier, G. Charpak, Z. Dimcovski, G. Fischer, F. Sauli, G. Coignet and G. Flügge. Investigation of some properties of multiwire proportional chambers, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 88 (1970) 149-161.
- [4] G. D. Alekseev, N. A. Kalinina, V. V. Karpukhin, D. M. Khazin and V. V. Kruglov. Investigation of Self-Quenching Streamer Discharge in a wire chamber, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 177 (1980) 385-397.
- [5] M. Atac, A. V. Tollestrup and D. Potter. Self-Quenching Streamers, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 200 (1982) 345-354.
- [6] L. S. Zhang. A possible mechanism of the self-quenching streamer mode, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 247 (1986) 343-346.



اندازه گیری دز رکتوم به علت حضور بالن در پروتون تراپی سرطان پروستات با استفاده از کد شبیه ساز فلوکا

عابدین پایدار^۱، احمد اسماعیلی ترشابی^{۱*}

۱- گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، کد پستی: ۷۶۳۱۸۱۸۳۵۶، ایران

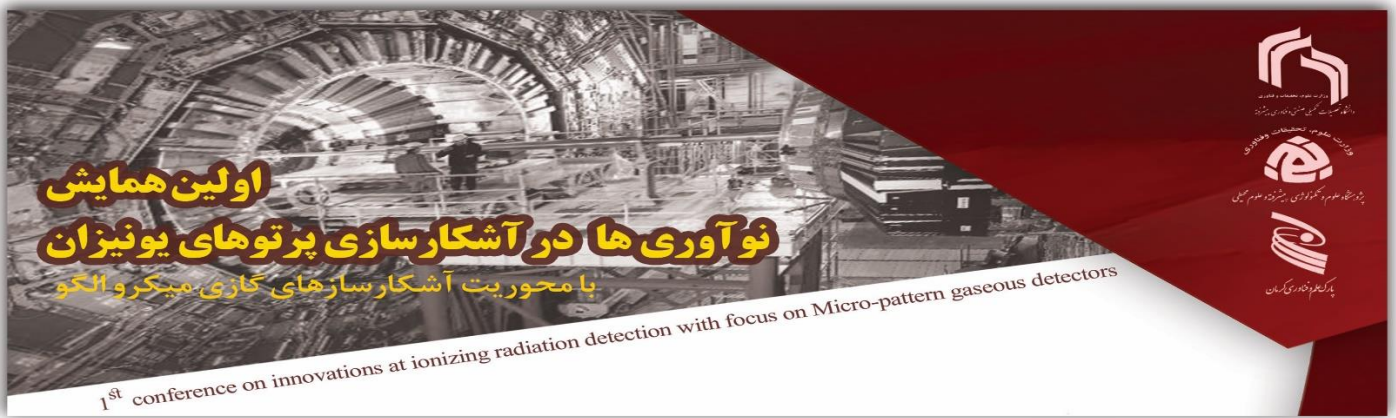
*نویسنده مسئول: احمد اسماعیلی ترشابی

استادیار گروه مهندسی هسته‌ای دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، تلفن: ۰۹۱۳۵۰۰۹۴۲۲ ایمیل: a.esmaili@kgut.ac.ir

چکیده:

سرطان نوعی از بیماری‌ها است که با رشد و گسترش کنترل نشده سلول‌های غیرطبیعی مشخص می‌شود. اگر گسترش سلول‌ها کنترل نشود می‌تواند منجر به مرگ شود. سرطان پروستات شایع‌ترین نوع سرطان در مردان در جهان غرب است. خطر ابتلا به سرطان پروستات در طول عمر ۱ از ۸ است. انتظار می‌رود با توجه به سالمندی جمعیت، میزان بروز در دهه‌های آینده به میزان قابل توجهی افزایش یابد و این مسئله را به یک مشکل بزرگ مراقبت‌های بهداشتی تبدیل می‌کند. در رادیوتراپی سرطان پروستات، حرکت و تغییر شکل اعضای بدن مانند مثانه، و روده بزرگ منجر به تغییرات در شکل هندسی و مکان پروستات می‌شود. پر و خالی بودن رکتوم نقش مهمی در دقت تنظیم موقعیت بدن بیمار مقابل بیم درمانی دارد. با داشتن اطلاعات مفید از حجم رکتوم می‌توان دقت هدف‌گیری سرطان پروستات را بهتر کرد. در این کار به بررسی تغییرات دز روی تومور پروستات ناشی از حضور بالن در رکتوم پرداخته شده است. این کار با هدف رسیدن دز بیشتر به ناحیه تومور و کمترین آسیب به بافت سالم انجام گرفته است. در نتیجه‌ی کار که با استفاده از کد مونت کارلویی فلوکا برای شبیه‌سازی استفاده شده، مشاهده می‌شود بیشترین دز دریافتی رکتوم در حالت رکتوم خالی و کمترین دز دریافتی زمانی است که درون رکتوم از بالن استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: پروتون تراپی، پروستات، دز، رکتوم، بالن



مقدمه

سرطان پروستات شایع‌ترین نوع سرطان در مردان در جهان غرب است مطالعات نشان داده است که با افزایش سن اکثر مردم به این سرطان مبتلا می‌شوند [1] خطر ابتلا به سرطان پروستات در طول عمر ۱ از ۸ است. در رادیوتراپی سرطان پروستات، حرکت و تغییر شکل اعضای بدن بیشتر از تغییرات هندسی در پروستات، مثانه و روده بزرگ ایجاد می‌شود این تغییرات آناتومیکی می‌تواند منجر به تابش در حجم هدف، یا تابش بیش از حد به اندام‌های در معرض خطر، کاهش کنترل موضعی دز و افزایش خطر سمیت در این حالت‌ها شود [۲، ۳].

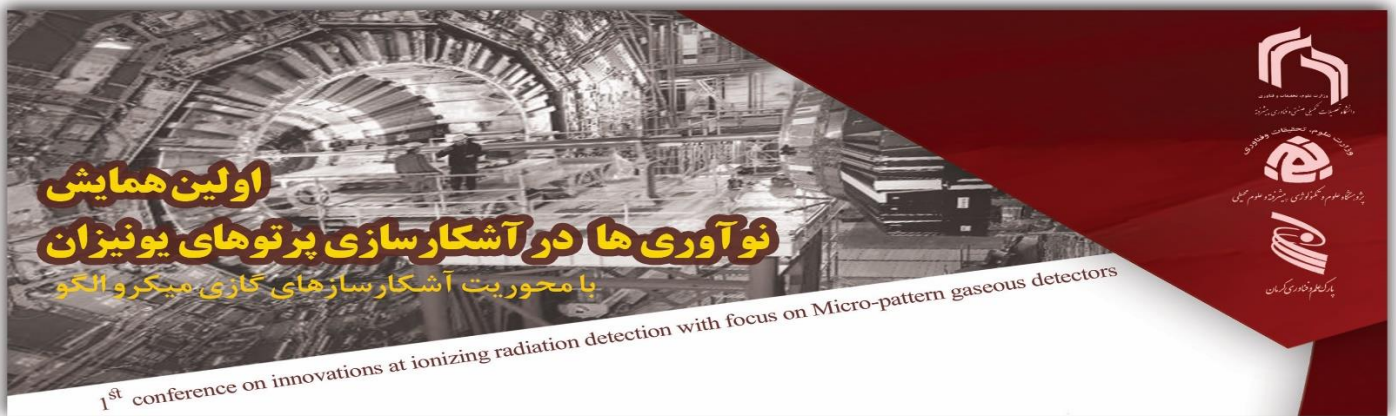
یک طرح درمان مناسب شامل در دست داشتن اطلاعات مناسب از مکان تومور قبل از درمان می‌باشد. پر و خالی شدن مثانه و رکتوم نقش مهمی در کنترل دقت راه‌اندازی یک بیمار و در نتیجه مسمومیت و پیامدهای کلی دارد با داشتن اطلاعات کافی از حجم مثانه و رکتوم در حالت‌های مختلف می‌توان روی هدف‌گیری سرطان پروستات بحث دقیق‌تری کرد. در این کار به بررسی تغییرات رکتوم با استفاده از بالن‌های مختلف در پرتودرمانی مبتنی بر بیم پروتونی برای درمان تومور پروستات پرداخته شده است. استفاده از بالن مقعدی در طی پرتودرمانی به‌طور قابل‌توجهی حرکت پروستات را کاهش می‌دهد و بی‌حرکتی پروستات منجر به کاهش حجم هدف و کاهش دوز دریافتی بافت‌های سالم اطراف تومور پروستات خواهد شد [4].

آندره هیل و همکاران در سال ۲۰۰۵ تأثیر حجم متغیر در بالن‌های رکتال بر دز رکتال در پرتودرمانی کانونرمال سرطان پروستات را بررسی کردند. هدف از این تجزیه و تحلیل، ارزیابی کمی حجم بهینه در بالن‌های رکتال در مورد صرفه‌جویی در دز رکتال در حجم هدف‌های مختلف بالینی در تابش سرطان پروستات بود. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از بالن رکتال منجر به محافظت از دیواره ی رکتوم در پرتودرمانی سرطان پروستات می‌شود [5].

بین اس‌ته و همکاران در سال ۲۰۰۲ استفاده از بالن رکتال در حین تحویل دز در رادیوتراپی با شدت بیم تعدیل شده (IMRT¹) برای سرطان پروستات را مورد بررسی قرار دادند که هدف از این مطالعه بررسی نقش یک بالن راست روده برای بی‌حرکتی پروستات و کاهش سمیت مقعدی در بیماران دارای سرطان پروستاتی است که تحت تابش رادیوتراپی با شدت بیم تعدیل شده قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که جابجایی پروستات قدامی - خلفی و جانبی از نظر عدم قطعیت اندازه‌گیری حداقل بود (تقریباً ۱ میلی‌متر). انحراف استاندارد جابجایی تحتانی ۱.۷۸ میلی‌متر بود. مطالعات تنفسی نشان داد که هنگام بالن مقعدی جابجایی عضوی در هنگام تنفس طبیعی وجود ندارد [۴].

ونگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ تأثیر استفاده از بالن اندورکتال بر دوزیمتری رکتوم در طی پرتودرمانی استریوتاکتیک بدن برای سرطان موضعی پروستات را مورد بررسی قرار دادند که هدف از این مطالعه این است که بالن‌های اندورکتال ممکن است در طول

¹ IMRT: Intensity Modulated Radiotherapy



پرتودرمانی استریوتاکتیک بدن از پروستات برای محدود کردن حرکت درونی پروستات و به حداقل رساندن سمیت مقعدی مفید باشند [۶].

در این تحقیق به بررسی حضور یا عدم حضور بالن روی توزیع دوز تجویز شده روی بافتهای اطراف پرداخته شده است. برای انجام این تحقیق از کد شبیه ساز مونت کارلویی فلوکا استفاده شده است و در فرایند شبیه سازی تغییرات مربوط به رکتوم و پروستات بر اساس داده های بیماران واقعی می باشد. نتایج آنالیز شده ی نهایی نشان می دهد که در حالتی که از بالن با حجم مطلوبی استفاده می کنیم دز کمتری به رکتوم می رسد.

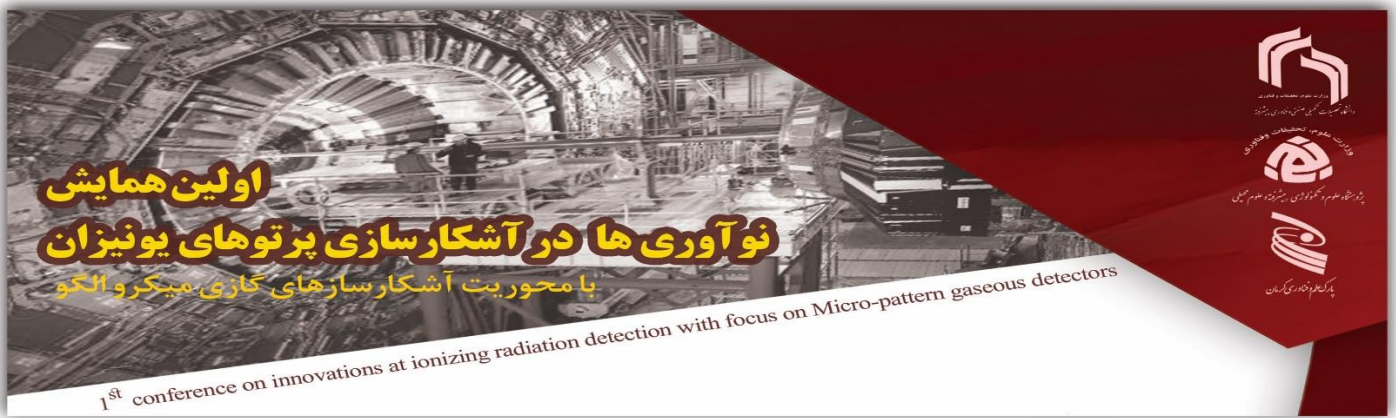
روش انجام کار

کد مونت کارلوی فلوکا یک کد چند منظوره برای تراپرد ذرات و محاسبه ی اندرکنش های آن ها با ماده است که به طور گسترده در اعتبارسنجی و پیش بینی توزیع دز باریکه های پروتونی مورد استفاده قرار می گیرد. این کد می تواند ذرات مختلفی را در هندسه پیچیده در یک محدوده انرژی گسترده منتقل کند این کد بر اساس زبان برنامه نویسی فرترن نوشته شده و بر روی سیستم عامل لینوکس اجرا می شود این کد یک پروژه مشترک INFN و CERN است. [۷, ۸].

در مقایسه با فوتون درمانی، پروتون درمانی به دلیل خواص فیزیکی برخورد هادرونها با ماده و نحوه اتلاف انرژی مطابق با منحنی براگ، بافتهای سالم بیشتری را حفظ می کند و آن را برای تومورهای عمقی ایده آل می کند. لازم به ذکر است شکل و انرژی بیم پروتونی بعد از خروج از شتابدهنده باید متناسب با حجم تومور تعدیل شود و سپس از آن برای درمان استفاده گردد تا حجم تومور دوز بالای یکنواختی دریافت کند. با این حال، پروتون تراپی نسبت به حرکت اندام و آناتومی حساسیت بیشتری نسبت به بیم فوتونی دارد که در صورت عدم دقت در هدف گیری می تواند اثرات خطرناکی برای بافتهای سالم اطراف تومور داشته باشد [۹]. یکی از تومورهایی که شدیداً تحت تاثیر حرکت ارگانهای تحتانی ناحیه بالاتنه دچار جابجایی و تغییر شکل می شود پروستات است که باید در پروتون تراپی به دلیل وجود حساسیت گفته شده مدنظر قرار گیرد. از جمله این ارگانهای تاثیرگذار روی جابجاییهای تومور پروستات، رکتوم و پر و خالی بودن آن است که در این کار به آن پرداخته ایم. همچنین در صورت استفاده از بالن در ایستا کردن تومور پروستات، اثر حضور آن نیز در این کار مورد ارزیابی کمی قرار گرفته است [۱۰-۱۶].

برای انجام این کار ابتدا بیم درمانی پروتونی را با مدولاسیون انرژی بهبود داده و منحنی براگ پیک گسترده با یکنواختی مناسب SOB²P تولید کرده ایم. برای شبیه سازی ناحیه پایین تنه بدن شامل پروستات و ارگانهای اطراف آن، از داده های بیماران واقعی

² SOB²P: Spread Out Bragg Peak



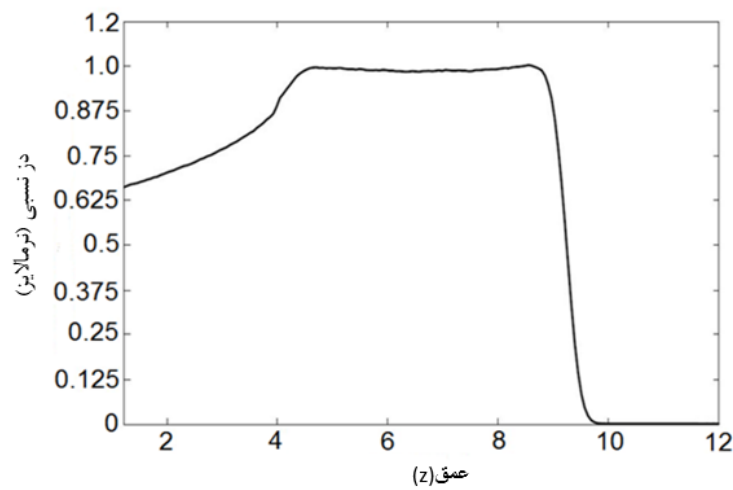
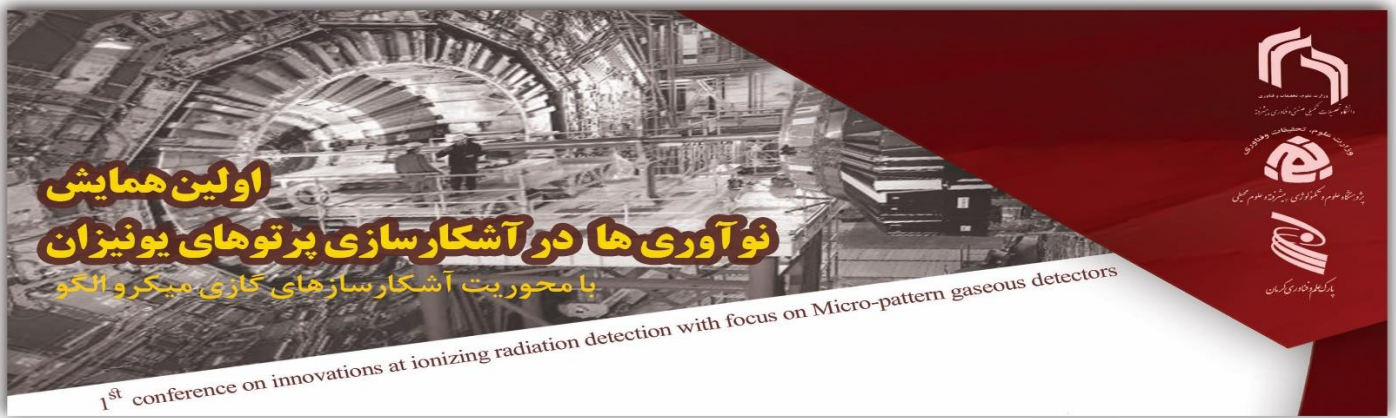
استفاده شده است که حجم پروستات و مثانه با توجه به این داده ها شبیه سازی شده است. پروستات کروی با قطر ۵ سانتیمتر است که از عمق ۴ سانتیمتری شروع شده است. برای شبیه سازی روده از دو استوانه استفاده شده است که شعاع داخلی ۲/۲ سانتیمتر و شعاع بیرونی ۲/۵ سانتیمتر می باشد. در حالتی که روده خالی است ترکیبات داخلی آن را هوا در نظر گرفته شده و در حالتی که از بالن استفاده شده از موادی مانند آب و هوا درون بالن استفاده شده است. همچنین با توجه به تغییرات حجم بالن حجم رکتوم نیز تغییر کرده است. لازم به ذکر است که در همه ی شبیه سازی ها فرض بر این است که مثانه پر و در حجم ۶۰۰ سی سی می باشد. شکل ۱ یک بالن مقعدی را نشان می دهد.



شکل ۱- بالن مقعدی

نتایج

در عمل ممکن است که تومور با عرض های مختلفی موجود باشد بدین منظور باید با توجه به نیاز، SOBP با ناحیه درمان یکنواخت خاصی تولید شود. تولید SOBP با نواحی یکنواخت مختلف در انرژی های مختلف با تغییر انرژی صورت گرفته است که نشانگر این است که با تغییر انرژی بیم می توان ناحیه فلت و عمق نفوذ را تغییر داد. شکل ۲ تولید SOBP در عمق نفوذ ۴ سانتی متر و ناحیه یکنواخت ۵ سانتی متر در بازه های انرژی بین ۱۱۶ تا ۱۴۶ MeV را نشان می دهد. بنابراین فرض بر این است که تومور پروستات در عمق ۴ سانتیمتری شروع و قطر آن ۵ سانتیمتر است. همچنین عرض بیم درمانی در دو جهت عمود بر محور انتشار بیم نیز با یکنواختی ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شده است که کل حجم تومور دوز بالای تجویز شده دریافت کند.

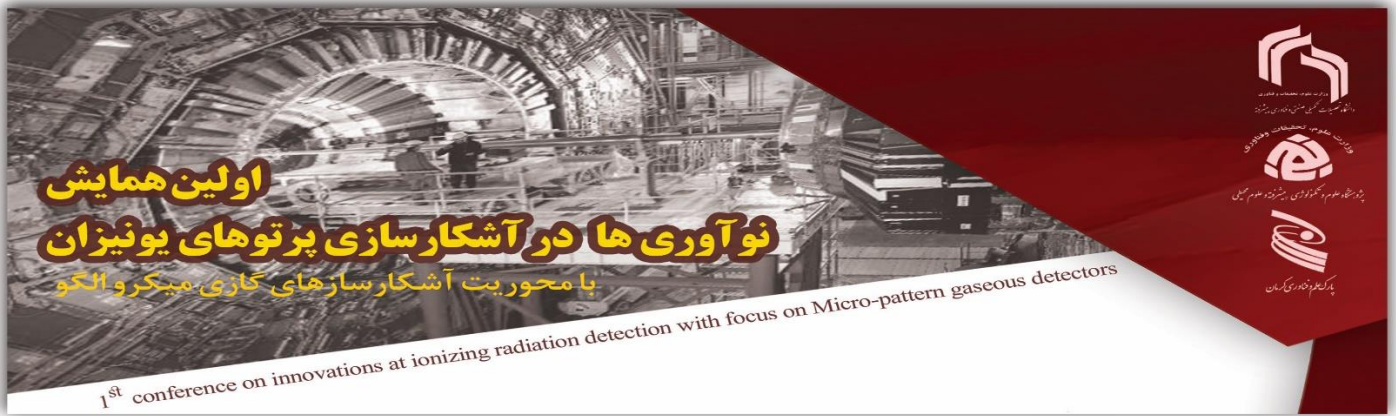


شکل ۲. sobp با یکنواختی ۵سانتی متری

برای کاهش دز رسیده به رکتوم از بالن استفاده شده است. شبیه‌سازی با حضور بالن در حجم ۶۰۰ سی سی بدون بالن و با حضور بالن با استفاده از مواد آب و هوا انجام شده است. با توجه به اینکه برای تثبیت موقعیت پروستات از بالن استفاده می شود از ماده ی هوا که به طور روتین داخل بالن استفاده می شود. در این کار ما ماده ی دیگری را پیشنهاد داده ایم که آب می باشد تا اثر آنرا روی توزیع دوز بررسی و با اثر هوا مقایسه کنیم. همان طور که میدانید بالن با حجم اب متناسب با تومور قابلیت شکل گیری دارد و که حجم بالن متناسب با قطر تومور طراحی شده است نتایج حاصل از این کار در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱ مشاهده می کنید که بیشترین دز دریافتی رکتوم در حالت رکتوم خالی و کمترین دز دریافتی زمانی است که درون رکتوم از بالن با آب استفاده شده است همانطور که مشاهده می کنید زمانی که از بالن با مواد اب و هوا استفاده شده است دز دریافتی رکتوم کاهش یافته است.

جدول ۱. دز دریافتی رکتوم

حالت‌های مختلف	دز دریافتی رکتوم با قطر
	۵سانتی متر بر حسب میکرو



گری	
بدون بالن	۸۱
بالن با مواد هوا	۸۰.۷
بالن با مواد آب	۷۹.۱

بحث و نتیجه گیری

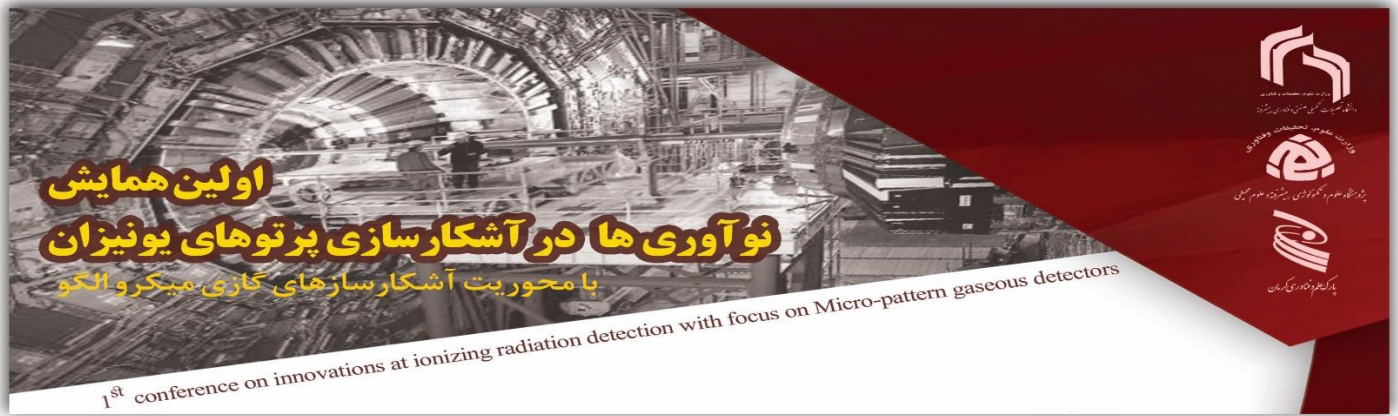
در پروتون تراپی تولید SOBP از اهمیت بالایی برخوردار است با توجه به اینکه ممکن است در عمل با هر نوع تومور با قطرهای مختلفی برخورد کنیم باید بیمی تولید شود که حجم تومور رو به طور کامل بپوشاند. به همین منظور SOBP با یکنواختی و عمق نفوذ متناسب با تومور شبیه سازی شده است. در پژوهش انجام گرفته شده که با هدف بدست آوردن حجم مناسب برای رسیدن دز کمتر به رکتوم انجام گرفته شده است شبیه سازی در ۳ مرحله انجام شده است که با توجه به نتایج به دست آمده دز دریافتی رکتوم زمانی که از بالن متناسب با حجم رکتوم استفاده شده است در مقابل حالت بدون بالن کاهش یافته است. جدول ۱ دز دریافتی رکتوم را نشان میدهد طبق نتایج بدست آمده با شبیه سازی های مختلف مشاهده می شود که در قطر ۵ سانتی متر بیشترین دز دریافتی به رکتوم زمانی است که ما از بالن استفاده نکرده ایم که مقدار آن ۸۱ میکرو گری می باشد و کمترین دز دریافتی زمانی است که از بالن با آب استفاده کرده ایم که مقدار آن ۷۹.۱ میکرو گری می باشد.

Measurement of rectum dose while using balloon at proton therapy of prostate cancer using FLUKA simulation code

Abedin Paydar¹, Ahmad Esmaili Torshabi^{1,*}

1-Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran

*Corresponding Author: Ahmad Esmaili Torshabi, Assistant Professor of Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran



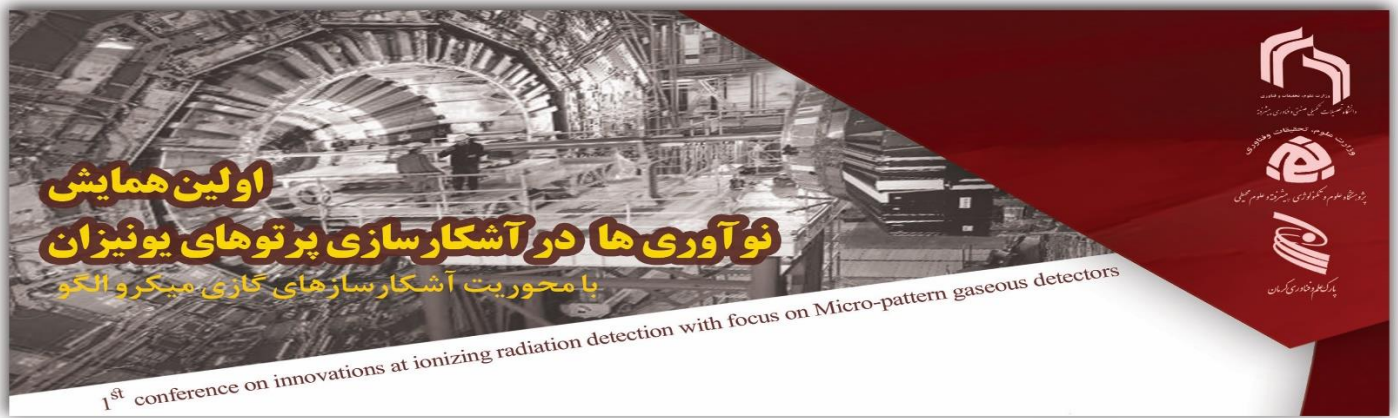
Abstract:

Cancers are known as diseases with uncontrolled growing cells, non-naturally. Cancers cause mortality if the growing of cancerous cells are not controlled. Prostate cancer is the most common cancers among men at west. The risk of prostate cancer is 1 from 8 at total life time. While the population is going to elder age, it's expected that prostate cancer will be increased at next decades. At radiotherapy of prostate cancer, motion variations of patient body such as bladder and rectum will cause prostate displacement and deformation. Filling and emptying of rectum has an important role at the accuracy of patient geometrical setup. By using helpful information of rectum volume, targeting accuracy of prostate cancer can be done, precisely. In this study, an investigation has been done on prostate dose variations due to implementing balloon inside rectum. The aim of this work, is delivering the high dose onto tumor volume while keeping normal nearby tissues safe against additional unwanted dose. Based on the results, while the rectum is empty, its dose is maximum, and while implementing the balloon, the dose of rectum is minimum.

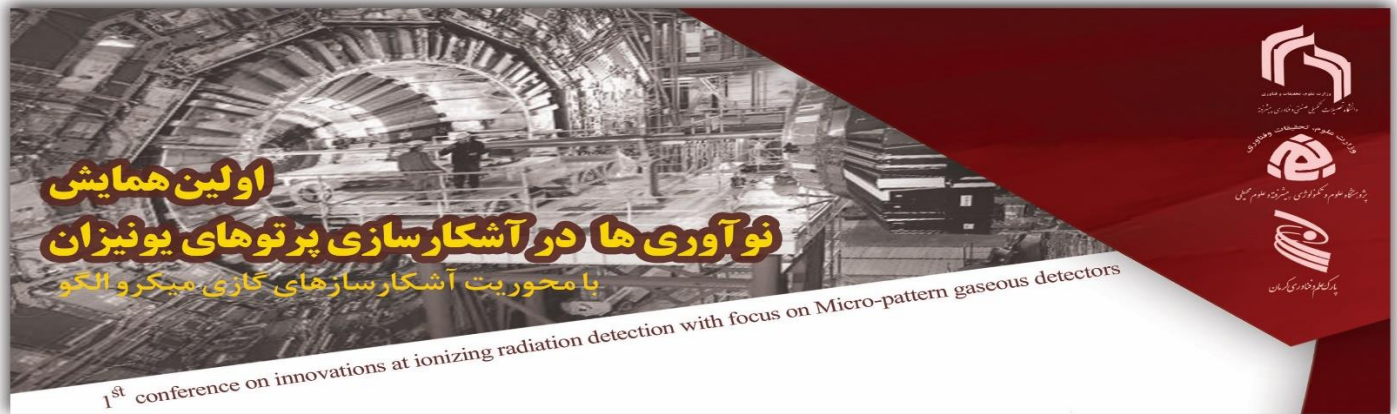
Keywords: proton therapy, prostate, dose, rectum, balloon

مراجع

۱. J.G. Krikorian et al. *Spontaneous regression of non - Hodgkin's lymphoma: A report of nine cases*, Cancer. **46**, 2093 (1980).
۲. A.Barrett et al. *Practical radiotherapy planning*, CRC Press. (2009).
۳. H. Shirato et al. *Organ motion in image-guided radiotherapy: lessons from real-time tumor-tracking radiotherapy*, Int. J. Clin. Oncol. **12**, 8 (2007).
۴. H. Liu, and J.Y. Chang, *Proton therapy in clinical practice*, Chin. J. Cancer. **30**, 315 (2011).



۵. B.S. Teh et al. *The use of rectal balloon during the delivery of intensity modulated radiotherapy (IMRT) for prostate cancer: more than just a prostate gland immobilization device?*, Cancer. **8**, 476 (2002).
۶. A. Hille et al. *The impact of varying volumes in rectal balloons on rectal dose sparing in conformal radiation therapy of prostate cancer*, Strahlenther Onkol. **181**, 709 (2005).
۷. A.T. Wong et al. *Impact of the use of an endorectal balloon on rectal dosimetry during stereotactic body radiation therapy for localized prostate cancer*, Pract Radiat Oncol. **6**, 262 (2016).
۸. R. Ten Haken et al. *Treatment planning issues related to prostate movement in response to differential filling of the rectum and bladder*, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. **20**, 1317 (1991).
۹. S.E. Schild, H.E. Casale, and L.P. Bellefontaine, *Movements of the prostate due to rectal and bladder distension: implications for radiotherapy*, Med Dosim. **18**, 13 (1993).
۱۰. J.C. Roeske et al. *Evaluation of changes in the size and location of the prostate, seminal vesicles, bladder, and rectum during a course of external beam radiation therapy*, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. **33**, 1321 (1995).
۱۱. T. Kron et al. *Intra-fraction prostate displacement in radiotherapy estimated from pre- and post-treatment imaging of patients with implanted fiducial markers*, Radiother Oncol. **95**, 191 (2010).
۱۲. J.-F. Aubry et al. *Measurements of intrafraction motion and interfraction and intrafraction rotation of prostate by three-dimensional analysis of daily portal imaging with radiopaque markers*, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. **60**, 30 (2004).
۱۳. G. Ingrosso et al. *Interfraction prostate displacement during image-guided radiotherapy using intraprostatic fiducial markers and a cone-beam computed tomography system: a volumetric off-line analysis in relation to the variations of rectal and bladder volumes*, J Cancer Res Ther. **15**, 69 (2019).
۱۴. E. Huang et al. *Intrafraction prostate motion during IMRT for prostate cancer*, Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. **53**, 261 (2002).
۱۵. A. Ferrari et al. *FLUKA, a multi-particle transport code*, SLAC (2005).
۱۶. A. Ferrari et al. *Fluka*, CERN-library in: <http://fluka.web.cern.ch/fluka>. **55**, 100 (2005).



بررسی مونت کارلوی امکان محاسبه غنای اورانیوم^{۲۳۵} بروش PIGE با استفاده از پروتون های پرانرژی

شراره بابا محمدی، ندا زارعی، محمد رضا رضایی*

گروه مهندسی هسته ای؛ دانشکده علوم و فن آوری های نوین دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان
*آدرس رایانامه نویسنده مسئول : mr.rezaie@kgut.ac.ir

چکیده

تاکنون روش های زیادی برای محاسبه درصد غنای اورانیوم^{۲۳۵} در ترکیب اورانیوم معرفی شده است. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از روش PIGE با پروتون های پرانرژی 25 MeV درصد غنای ^{۲۳۵}U در ترکیب اورانیوم بررسی و انرژی گامای مشخصه ^{۲۳۵}U محاسبه شود. نتایج نشان میدهد که گامای مشخصه 2.2 MeV مربوط به ^{۲۳۵}U در ترکیب اورانیوم است که در این انرژی هیچ خطی از ^{۲۳۸}U مشاهده نمی شود. با تغییر درصد غنای ^{۲۳۵}U در ترکیب پاسخ آشکارساز SiPM به گامای 2.2 MeV بصورت تابعی از درصد غنا های مختلف نیز با استفاده از نتایج کد MCNP محاسبه و فرمولبندی شده است.

واژه های کلیدی

پروتون ، MCNP ، PIGE ، اورانیوم^{۲۳۵} ، اورانیوم^{۲۳۸} ، درصد غنا

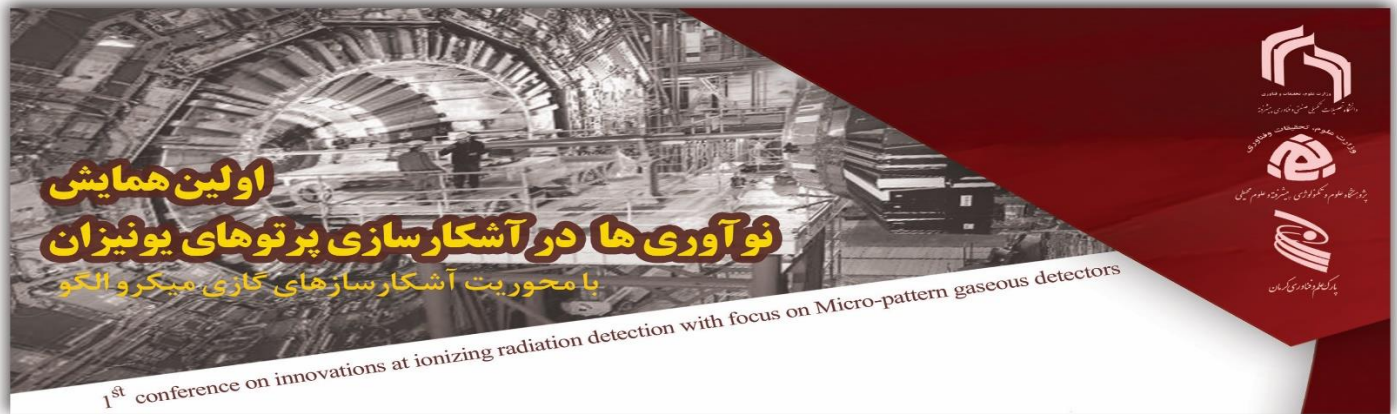
Monte Carlo investigation of ²³⁵U Enrichment measurement using PIGE method by high energy proton beam Sharareh BabaMohammadi, Neda Zarei , Mohammadreza Rezaie *

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Modern Sciences and Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

Email of the responsible author: mr.rezaie@kgut.ac.ir

Abstract:

So far, many methods have been introduced to calculate the percentage of Uranium-235 enrichment in uranium composition. In this research, we have tried to investigate 25% of ²³⁵U



enrichment in uranium composition using PIGE method with protons with 25MeV energy and calculate the characteristic gamma energy of ^{235}U . The results show that the 2.2 MeV characteristic gamma corresponds to ^{235}U in the uranium compound, at which no line of ^{238}U is observed. It is also the response of SiPM detector versus percent enrichment calculated and formulated using MCNP code results.

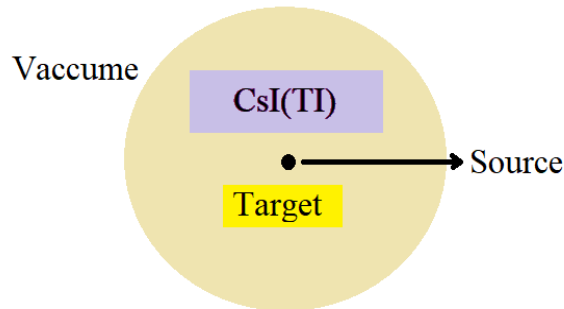
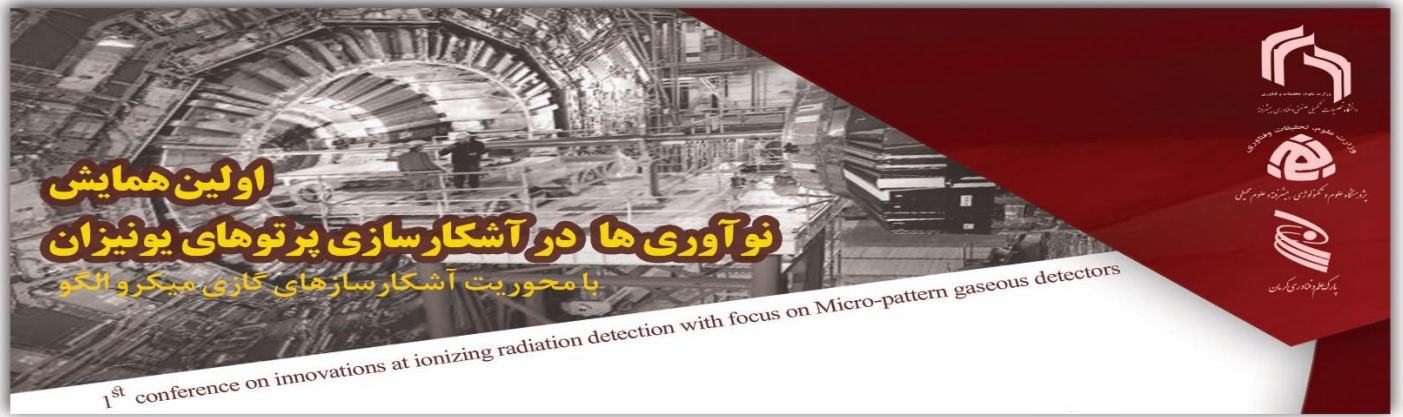
Keywords : Protons, Percent of enrichment, Uranium-235, MCNPX, Uranium-238, PIGE

مقدمه

اورانیوم یکی از عناصر مهمی است که با کشف آن زندگی انسان دچار تحول و تغییرات زیادی شده است. [۱] اورانیوم دارای ایزوتوپ های مختلفی است که ایزوتوپ ^{235}U آن از عناصر شکافتا بوده و با جذب نوترون های حرارتی شکافتا می شود [۲]. انرژی حاصل از شکافت عناصر شکافتا با طراحی سیستم های راکتوری قابل تبدیل به انرژی های الکتریکی می باشد [۳] جهت راه اندازی راکتورهای قدرت بایستی درصد مشخصی از سوخت های شکافتا با مواد کند کننده ترکیب شود [۴] به علت پایین بودن درصد غنای اورانیوم ^{235}U در ترکیبات طبیعی، غنای این ترکیبات با روش های مختلفی در حد غنای مورد نیاز که جهت استفاده در راکتورهای تحقیقاتی یا قدرت باشد افزایش می یابد. تعیین درصد غنای اورانیوم ^{235}U یکی از موارد خیلی مهم است که اندازه گیری آن در طراحی های راکتورهای هسته ای نقش مهمی دارد. [۵] تا کنون روش های مختلفی برای تعیین درصد غنای اورانیوم ^{235}U طراحی و اجرا شده است. [۶] در این تحقیق سعی می شود تا با استفاده از کد MCNP که یک کد هسته ای مبتنی بر روش مونت کارلو است [۷] و با روش PIGE با پرنرژی روش مناسبی جهت تعیین درصد غنای اورانیوم ^{235}U طراحی و تست شود. که در ادامه به ذکر چگونگی انجام این کار پرداخته می شود.

مواد و روش ها :

جهت استفاده از کد MCNP یک فایل ورودی نوشته شده است. فایل ورودی شامل سه قسمت کارت سلول ، کارت سطوح و کارت داده است. سلول های تعریف شده در این تحقیق شامل چهار سلول است سلول اول هدف مورد نظر است که یک استوانه باشعاع ۱ سانتی متر و ضخامتی بیشتر از برد ذرات پروتون در عنصر مورد نظر است . سلول دوم یک آشکارساز SIPM است که ناحیه حساس آن یک بلور سوسوزن از جنس CsI(TL) است. سلول سوم فضای اطراف هدف را که از جنس هوا است نشان می دهد که فضای داخل یک کره به شعاع ۱۰ سانتی متر به غیر از هدف مورد نظر و آشکارساز است . سلول آخر نیز فضای خارج از کره و از جنس خلاء فرض می شود که تا بی نهایت ادامه دارد. چشمه پروتون بین هدف و آشکارساز قرار گرفته است. ابعاد آشکارساز را خیلی بزرگتر از چشمه در نظر میگیریم تا تمام زاویه های گامای مشخصه را در بر گیرد.

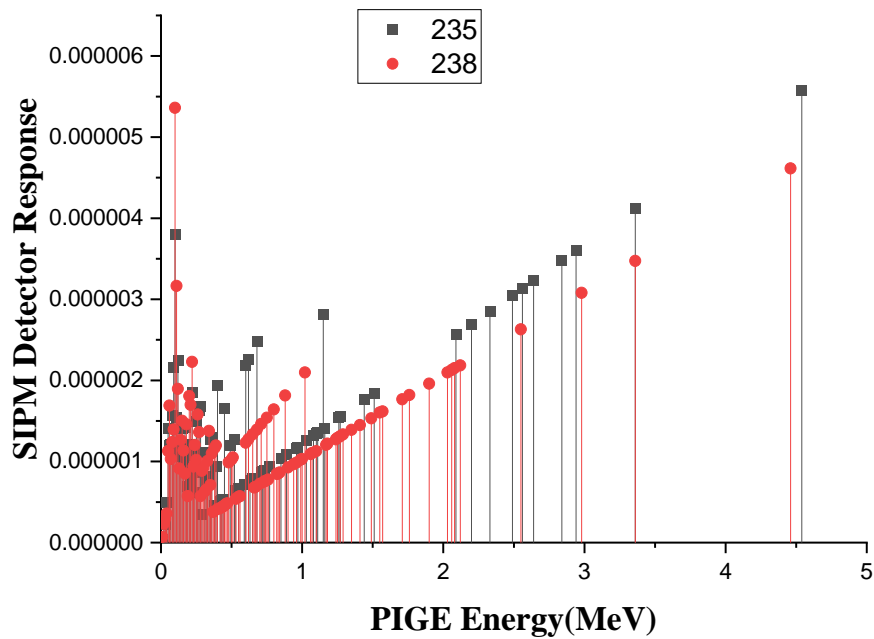
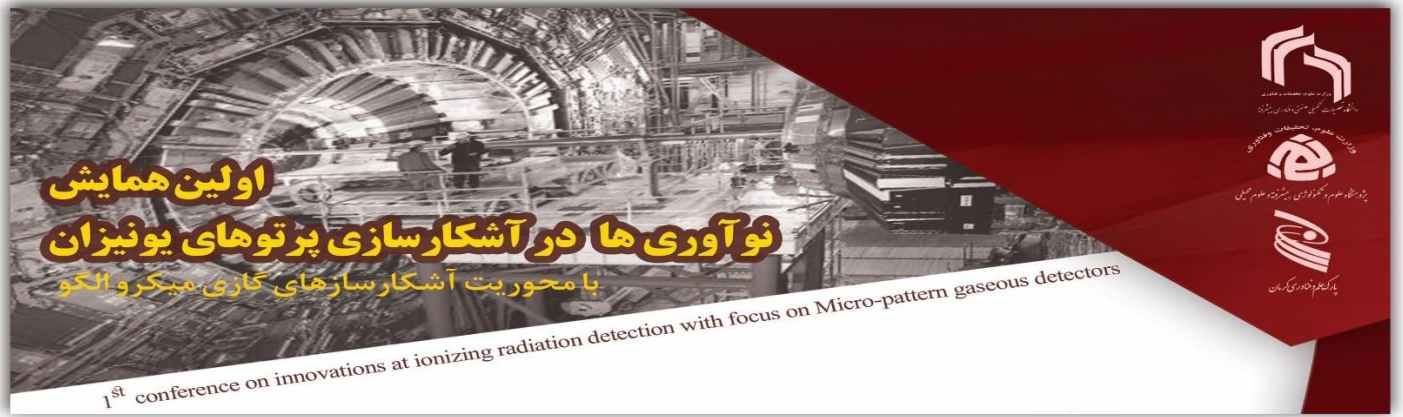


شکل ۱: شماتیکی از هندسه استفاده شده برای تشخیص عناصر به روش PiGe

چشمه پروتون یک چشمه با انرژی 25MeV است. هدف مورد تابش از جنس اورانیوم با غنای مختلف است. آشکارساز پرتوهای گامای مشخصه نیز یک آشکارساز سوسوزن با ابعاد $3 \times 3 \times 3\text{ cm}^3$ است که قبل هدف قرار میگیرد. تعداد ذرات برای شبیه سازی طوری در نظر گرفته شده است که خطای محاسبات مونت کارلو به زیر یک درصد برسد. جهت محاسبه طیف گامای مشخصه از تالی F8 که انرژی بجای مانده در آشکارساز CsI(Tl) را در بازده $0-25\text{MeV}$ به بازده های 1 keV بر حسب MeV به ازای یک ذره از چشمه محاسبه میکند استفاده میشود.

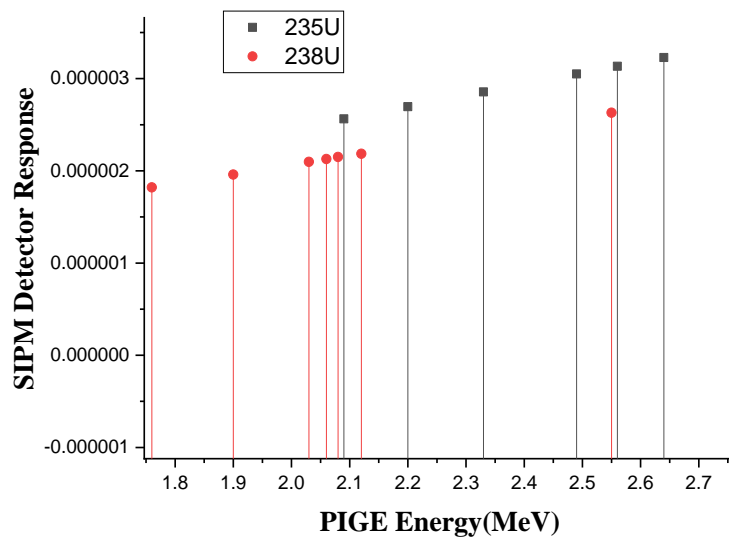
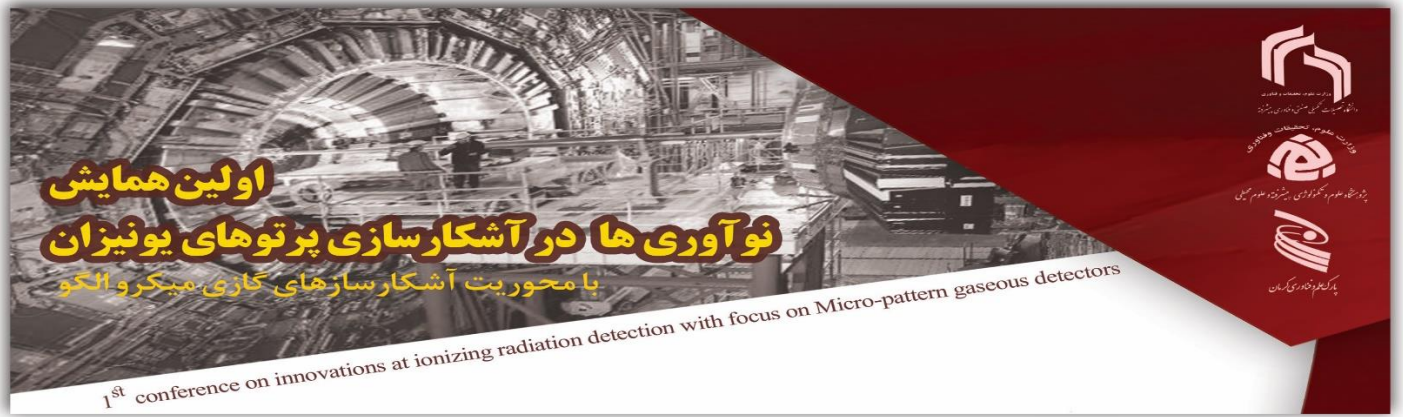
نتایج

جهت اندازه گیری درصد غنای ^{235}U در ترکیبات اورانیوم ابتدا خطوط تابش ^{235}U و ^{238}U جداگانه با استفاده از روش PIGE با پروتون های با انرژی 25 MeV اندازه گیری شده است (شکل ۱).



شکل ۱: طیف گامای PIGE با پروتونهای با انرژی ۲۵ MeV اورانیوم ۲۳۵ و ۲۳۸

با مقایسه انرژی فوتون های تابش شده در اثر برخورد پروتون به هدف های ^{235}U و ^{238}U خطوطی از آن که با هم تداخل نداشته باشند بعنوان انرژی گامای مشخصه ^{235}U شناسایی شده است (شکل ۲).

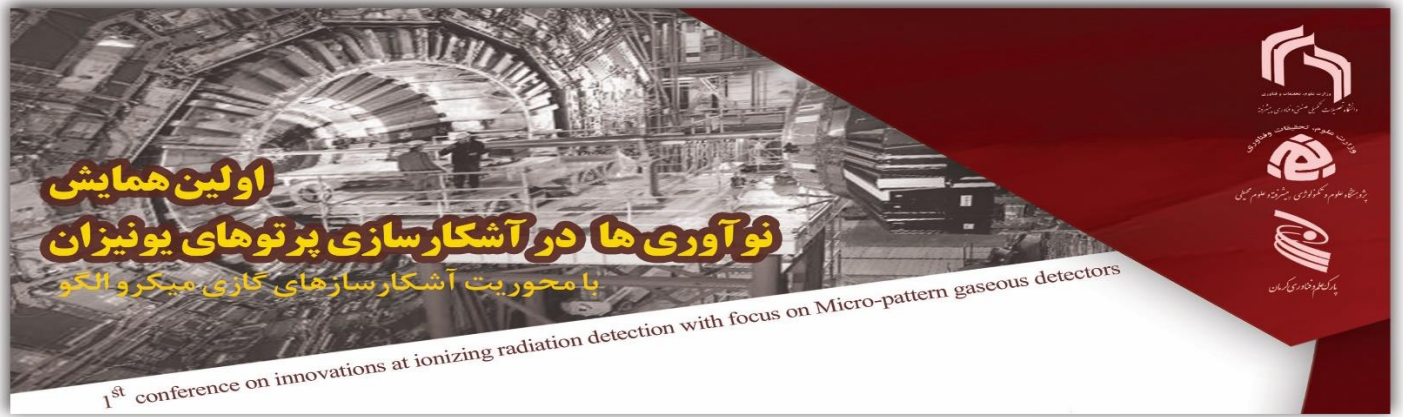


شکل ۲: تعیین انرژی گامای مشخصه ^{235}U

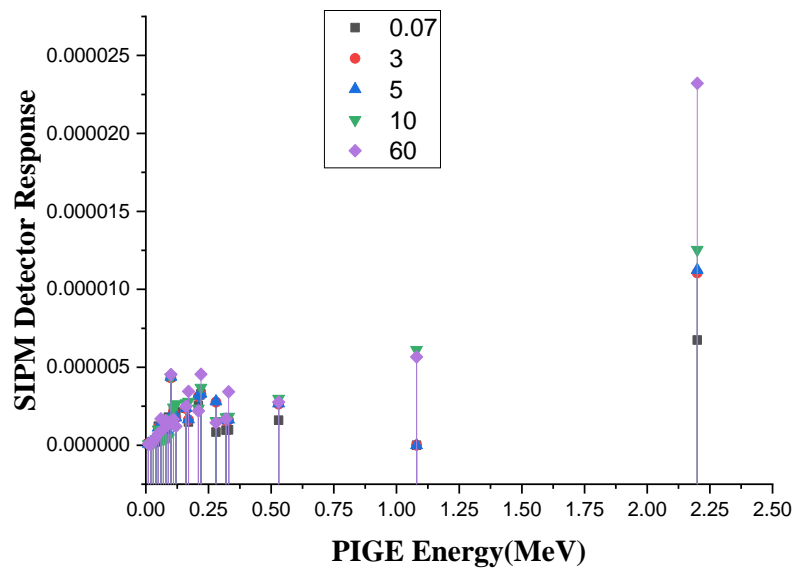
انرژی های گامای مشخصه ^{235}U خطوط 2.2 MeV مناسب تشخیص داده شده است. با تغییر درصد عناصر ^{235}U در ترکیب به ترتیب از ۰.۷ تا ۶۰ درصد پاسخ آشکارساز SiPM در انرژی 2.2 MeV محاسبه شده است که نتایج آن در جدول ۱ و شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: پاسخ آشکارساز SiPM در انرژی 2.2 MeV در غناهای مختلف ^{235}U

Enrichment	SIPM Detector Response
------------	------------------------



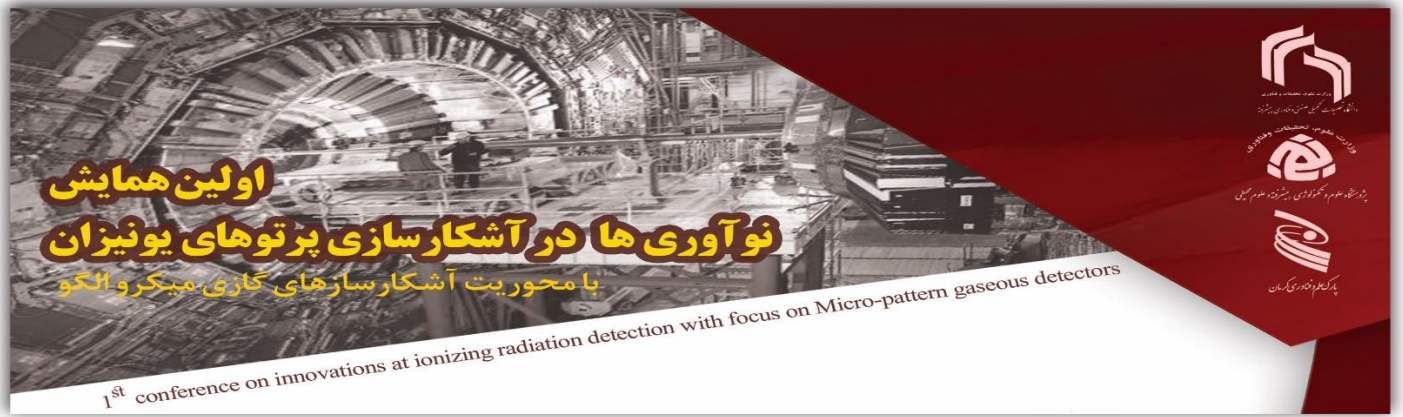
0.7	6.74608E-06
3	1.10483E-05
5	1.12424E-05
10	1.25361E-05
60	0.000023215



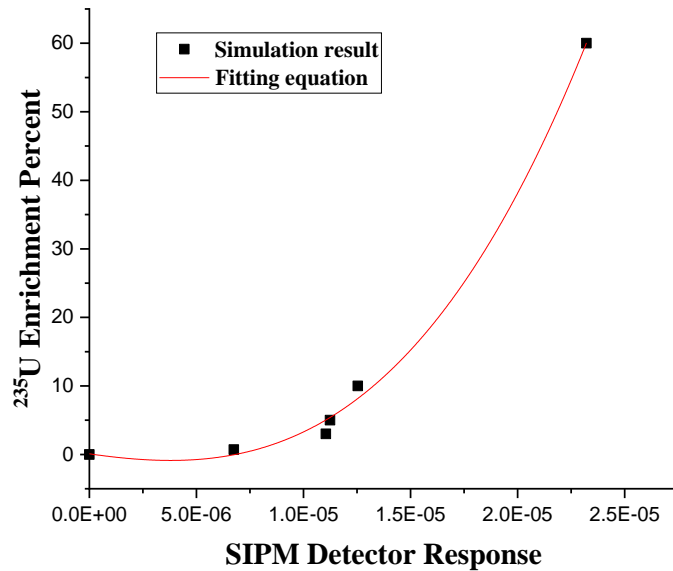
شکل ۳ نمودار پاسخ آشکارساز SiPM در انرژی ۲.۲ MeV در غناهای مختلف ^{235}U

با استفاده از نرم افزار origin نمودار داده های بدست آمده در جدول ۱ بدست آمده است که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است. با رسم داده های جدول بالا در اورجین و با استفاده از تکنیک برازش در این نرم افزار رابطه بین درصد غنای اورانیوم ^{235}U و پاسخ آشکارساز بصورت معادله ۱ بدست آمده است.

$$^{235}\text{U} \% = 0.561(1+X)^{201292} \quad (1)$$



که X پاسخ آشکارساز SiPM در انرژی ۲.۲ MeV در غناهای مختلف است.



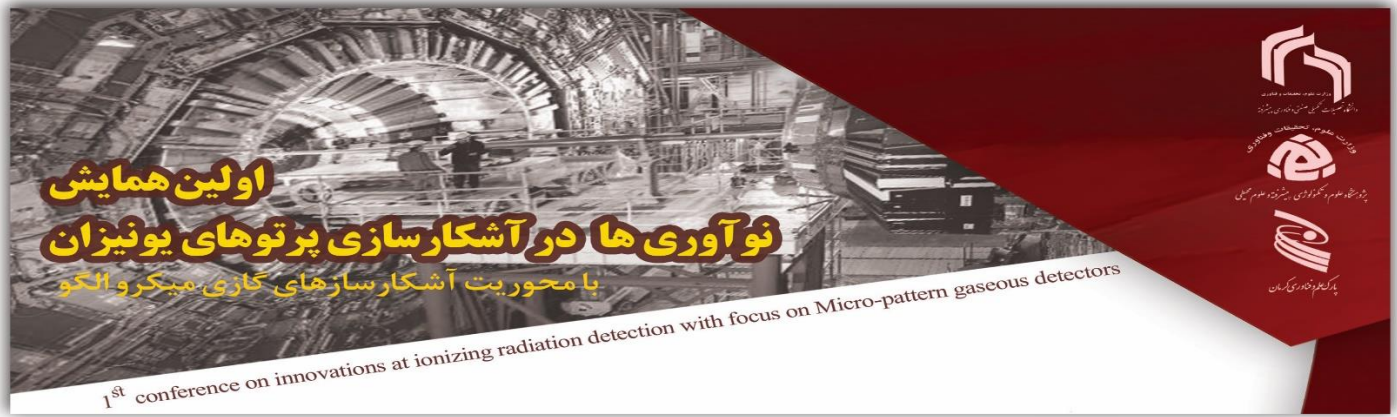
شکل ۴- برازش معادله مناسب بر پاسخ آشکارساز SiPM در انرژی ۲.۲ MeV در غناهای مختلف ^{۲۳۵}U

نتیجه گیری

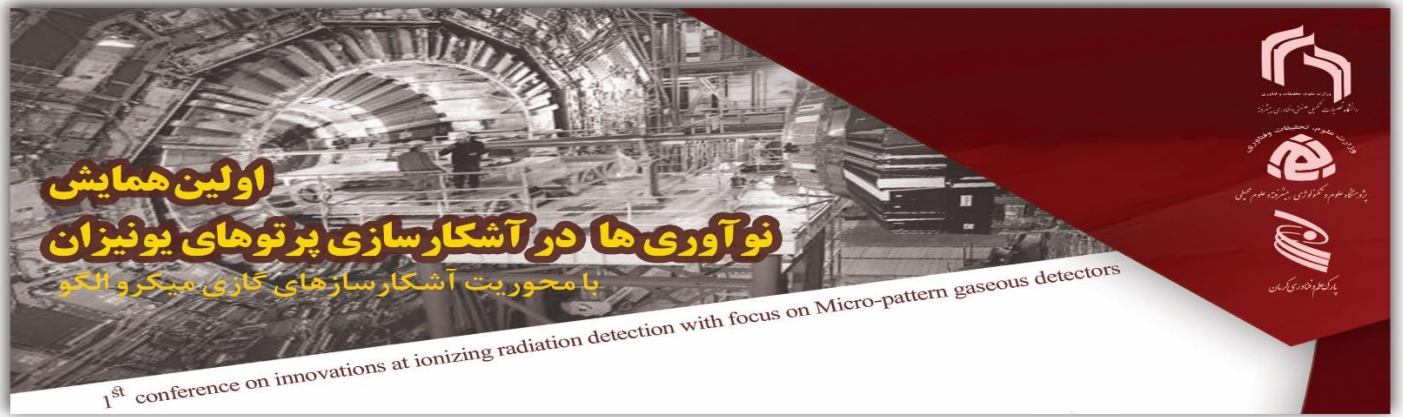
در این مقاله سعی شده با استفاده از روش PIGE با پروتون های انرژی که بر هدفی از اورانیوم با غناهای مختلف اورانیوم ^{۲۳۵} تابیده میشود طیف گامای تابشی از هدف بررسی شده انرژی گامای مشخصه مناسب اورانیوم ^{۲۳۵} شناسایی شود. سپس با استفاده از نتایج کد MCNP پاسخ آشکارساز SiPM برحسب درصد غنا ^{۲۳۵}U فرمولبندی شود. نتایج شبیه سازی نشان میدهد که روش PIGE روشی مناسب جهت تعیین درصد ^{۲۳۵}U در ترکیب اورانیوم است.

مراجع

[1] Guillaumont, R. (2019). Completion and extension of the periodic table of elements beyond uranium. *Comptes Rendus Physique*, 20(7-8), 617-630.



- [2] Petruska, J. A., Melaika, E. A., & Tomlinson, R. H. (1955). The fission yields of the cesium isotopes formed in the thermal neutron fission of U235 and the neutron absorption cross section of XE135. *Canadian Journal of Physics*, 33(11), 640-649.
- [3] TerraPower, L. L. C. (2010). Traveling-wave reactors: a truly sustainable and full-scale resource for global energy needs. In *Proceeding of ICAPP* (Vol. 2010).
- [4] McDonald, B. H., & Wren, D. J. (2020). Thermalhydraulics and Activity Transport. In *Fission Product Transport Processes in Reactor Accidents* (pp. 27-51). CRC Press.
- [5] Messel, H. (1953). Nuclear Power For Australian Industry. *The Australian Quarterly*, 25(4), 7-12.
- [6] Berndt, R., Franke, E., & Mortreau, P. (2010). 235U enrichment or UF6 mass determination on UF6 cylinders with non-destructive analysis methods. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 612(2), 309-319.
- [7] Waters, L. S., McKinney, G. W., Durkee, J. W., Fensin, M. L., Hendricks, J. S., James, M. R., ... & Pelowitz, D. B. (2007, March). The MCNPX Monte Carlo radiation transport code. In *AIP conference Proceedings* (Vol. 896, No. 1, pp. 81-90). American Institute of Physics.



بررسی شدت های استریم های ظاهر شده در حضور چشمه هایی با اکتیویته مختلف در یک ساختار میکروالگو

سمیرا اسماعیلی*، علی نگارستانی^۱، سید مهدی هاشمی^۱

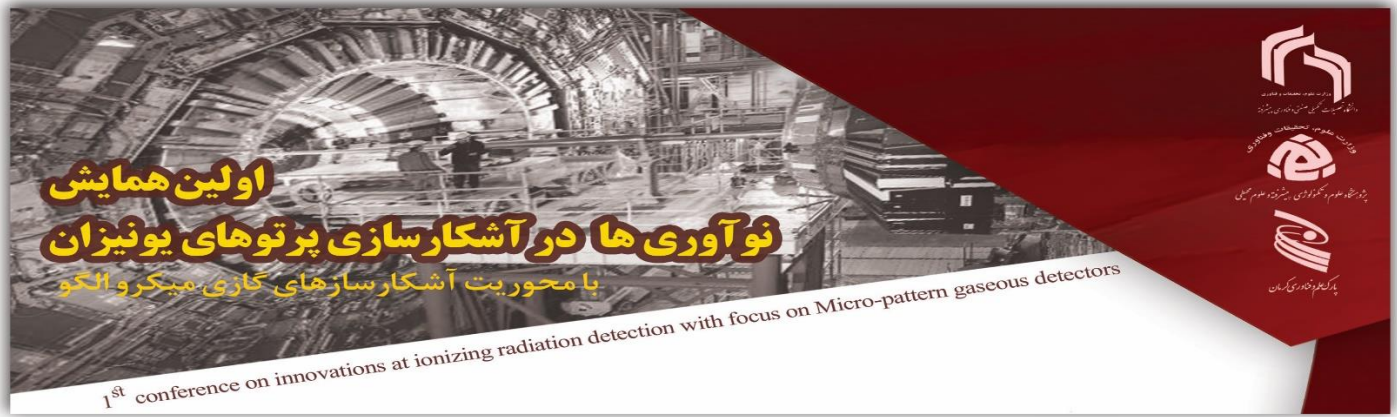
^۱ دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان. پست الکترونیکی: samiraesmaeili7373@gmail.com

چکیده

در این مقاله ما بر روی ولتاژ انتقال و شدت های نور در مد ستون نوری خود-فرونشان در آشکارسازی گازی کار کرده ایم. به این صورت که از مقایسه ی دو صفحه ی تکثیرگر الکترون گازی ضخیم با هندسه ی متفاوت و دو چشمه ی آلفا با شدت پرتوایی مختلف استفاده شده است. عملکرد دو صفحه در حضور ترکیب گازی P10 و در معرض ذرات آلفا بررسی می شود که با اعمال ولتاژ ورودی به الکترودها شرایط وارد شدن به مد ستون نوری خود-فرونشان در ولتاژ انتقال معین فراهم می شود. که در میان حفره ها ستون های نوری دیده می شود که توسط سنسور تشخیص نور، شدت های نور اندازه گیری می شوند و داده های مربوطه جمع آوری و مقایسه می شوند.

واژه های کلیدی

صفحه ی تکثیرگر الکترون گازی ضخیم، ولتاژ انتقال، ستون نوری خودفرونشان، سنسور تشخیص نور، نرم افزار آردوینو.



Investigation of intensities of streamers appearing in the presence of source with different activity

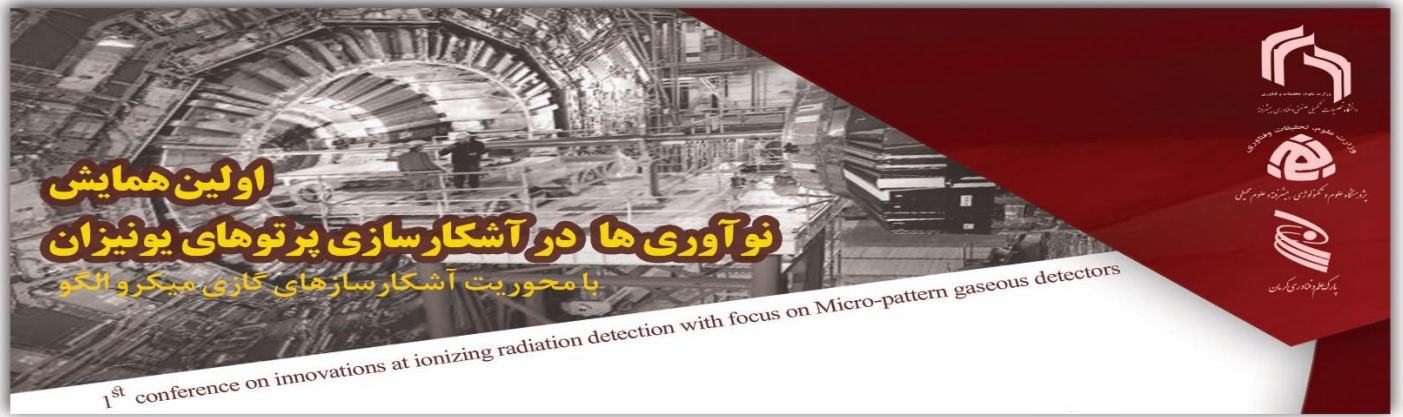
Samira Esmaeili^{*1}, Ali Negarestani¹, S. Mehdi Hashemi¹

Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

Abstract:

At this study deals with the transmission voltage and light intensities in a Self Quenching Streamers mode, which is used to compare two TGEM with different geometries with two alpha sources and two various radiation intensities Performance of the two plates in the presence of P10 gas is exposure and assess with alpha particles by apply the input voltage to the electrodes for enabling them to enter the Self-Quenching streamers column mode at a given transmit voltage The light intensities are measured by the Ambient Light Sensor was coupled on the Arduino board and the relevant data are collected and compared.

Keywords: Thick Gas Electron Multiplier, Transition voltage, Self-Quenching streamer, Ambient Light Sensor, program Arduino.

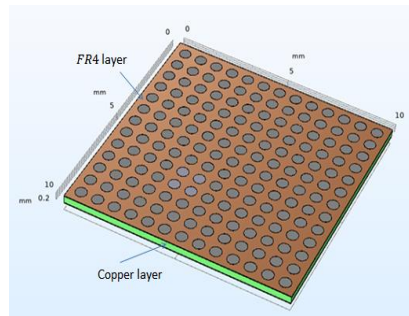
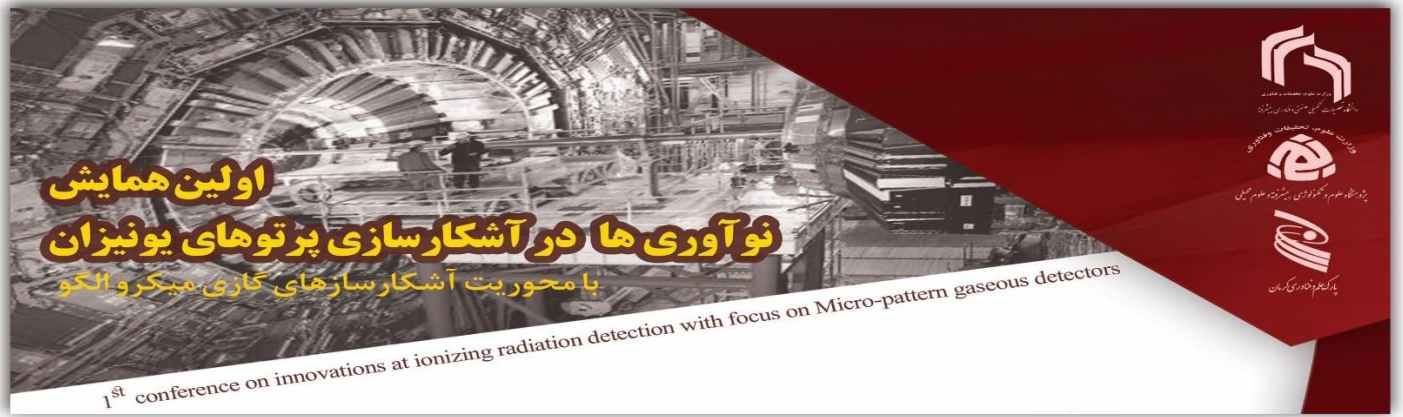


مقدمه

در آغاز دهه ۱۹۹۰ تکنیک‌هایی مانند حکاکی نوری، کنده کاری انتخابی و ماشین کاری لیزری، در طراحی دسته جدیدی از آشکارسازهای گازی با نام ریز الگو به کار گرفته شد [1]. این آشکارسازها با جزئیات ریزمقیاس ساختاری و با مراحل بازخوانش ریزمقیاسی مشخص می‌شوند و با بوجود آوردن یک پیش تقویت کننده در گاز اجازه ی بازخوانش الکترونیهای تولید شده در ولتاژهای کم را می‌دهند. این ویژگی‌ها باعث تقویت قدرت تفکیک مکانی در کمتر از چند میلی متر می‌باشد. که در تصویر برداری و دنبال کردن موقعیت ذره کاربرد دارد. در میان آشکارسازهای ریز الگو، آشکارساز THGEM دارای بهره ی بالاتر و ساخت راحت تر نسبت به آشکارسازهای جم معمولی می‌باشد. ابعاد THGEM این امکان را میدهد. که جرقه های الکتریکی در ولتاژهای بالا را تحمل کند [2,3].

روش کار:

از دو نوع THGEM با هندسه های مختلف برای ساخت ردیاب استفاده کردیم. هر صفحه از دو لایه تشکیل شده است. یک لایه از جنس FR4 و به ضخامت 0.4 میلی متر است. لایه ی بعدی از جنس مس می باشد که دارای ضخامت 0.035 میلی متر است و در ۲ طرف لایه ی FR4 قرار دارد. همانطور که در شکل مشاهده می شود این صفحه شامل یک سری حفره است که قطر حفره ها به ترتیب 0.3 میلی متر (THGEM#1) و 0.5 میلی متر (THGEM#2) می باشد. هنگام اعمال ولتاژ بالا برای جلوگیری از ایجاد جرقه به اندازه ی 0.1 میلی متر از لایه ی مس لبه ی حفره ها به کمک روش های شیمیایی برداشته شده است. و گام حفره ها (فاصله ی مرکز حفره تا مرکز حفره ی مجاور) به ترتیب 0.7 میلی متر و 1 میلی متر در نظر گرفته شده است. ابعاد هر صفحه به ترتیب $7\text{ cm} \times 7\text{ cm}$ و $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ است. که نمونه ای از یک صفحه ی جم زخیم که توسط شبیه سازی کامسول شبیه سازی شده در شکل ۱ قابل مشاهده می باشد.



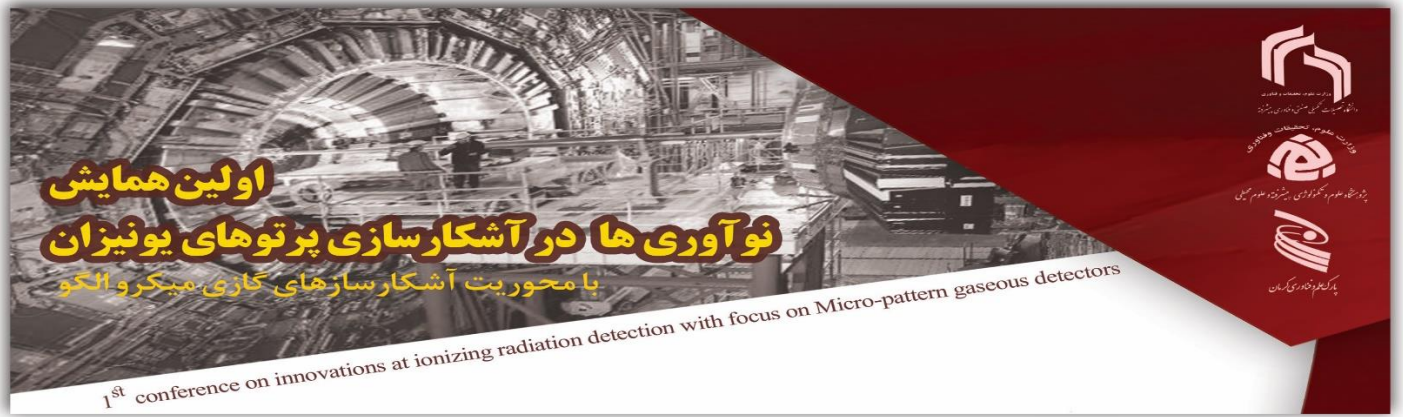
شکل شماره(۱): نمونه ای از صفحه ی THGEM.

در میان آشکارسازهای گازی که شامل اتاقک یونش ، آشکارسازهای تناسبی و آشکارسازهای گازی می باشد. در آشکارساز تناسبی گاز فرونشان قرار داده شده است تا UV های تولید شده را جذب کند اگر با وجود این گاز ولتاژ را بالاتر ببریم که ضریب تکثیر الکترون ها به بالاتر از 10^8 برسد. وارد مد SQS می شویم. حداکثر بهره ی (A_{max}) قابل دسترسی در این آشکارساز توسط رابطه ی زیر بدست می آید:

$$A_{max} \leq Q_{max}/n_0$$

n_0 برابر است با تعداد الکترون های اولیه تولید شده توسط تابش فرودی است و Q_{max} برابر با مقدار بیشینه ی بار الکتریکی به دست آمده در بهمن های الکترونی هست ($10^7 - 10^8$). اگر بهره از A_{max} بیشتر شود از حد ریدر می گذرد و باعث ایجاد جرقه ی ناگهانی می شود و خرابی قطعات الکترونی را به همراه خواهد داشت. ولی در حدود این مقدار ، زمانی که گاز فرونشان داشته باشد و بار نهایی به مقدار Q_{max} برسد از مد تناسبی وارد مد SQS می شود و باعث پدید آمدن ستون های خود فرونشان می شود. بنابراین A_{max} را به عنوان بهره ی آستانه برای رسیدن به مد SQS در نظر می گیریم. از این مد میتوان برای ذرات فرودی نیز استفاده کرد.

بنابراین زمانی که در ساختار THGEM مورد استفاده در ولتاژ انتقال (V_{tr}) بهره ی آشکارساز به مقدار آستانه (A_{tr}) برسد، ستون های نور را به دنبال خواهیم داشت.



در این مطالعه شدت این جریان دهنده ها با استفاده از یک سنسور نور به دیجیتال پس از ظاهر شدن آنها اندازه گیری شد. به این صورت که یک سنسور دیجیتال apds-9930 که در شکل ۲ قابل مشاهده است. توسط یک برد آردینو شدت نور را در حفره های THGEM اندازه گیری می کند. ADC های یکپارچه (مبدل آنالوگ به دیجیتال) به طور هم زمان جریان های فوتودیود تقویت شده را به مقدر دیجیتال تبدیل کرده که خروجی این سنسور ، شدت نور (جریان قابل مشاهده) را در واحد LUX توسط یک ریز پردازنده بیان میکند.

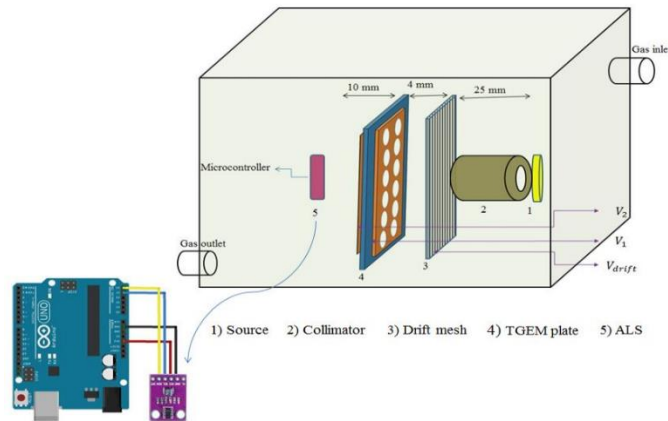
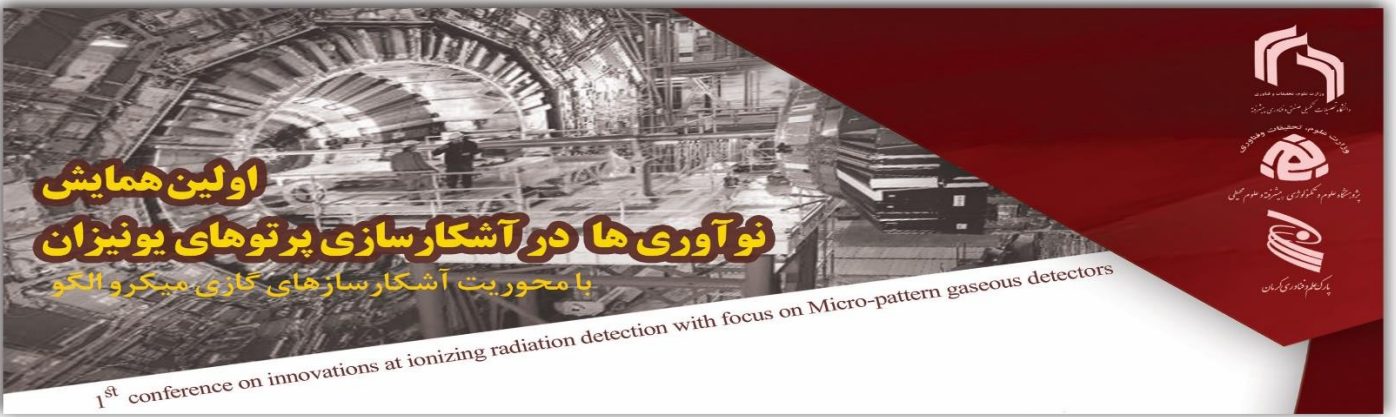


شکل شماره (۲): نمونه ای از سنسور apds-9930.

الکتروود های رانش و صفحه ی GEM به منبع تغذیه ی ولتاژ بالای DC متصل شدند که با طراحی مدار تقسیم ولتاژ ورودی به الکتروود ها $V_{dr} < V_1 < V_2$ اکترون های یونیزه شده توسط تعامل بین ذرات آلفا و مولکول های گازی در خلاف جهت میدان رانش به سمت صفحه ی GEM که به عنوان ناحیه ی تقویت می باشد حرکت کرده با افزایش ولتاژ ورودی ، یک میدان الکتریکی قوی مسئول فرآیند بهمن و ضرب الکترون ها در حفره های GEM می باشد که در صورت وجود گاز P10 در ولتاژ معین (ولتاژ انتقال) با برآورده شدن شرط ریدر ، شرط ورود به مد SQS فراهم می شود. در این حالت ظاهر شدن جریان اولیه در محدوده طیف نور مرئی دنبال می شود که نور ها بعد از گذشت ۱۰ میلی تر توسط سنور ALS شدت آن ها اندازه گیری می شود. شدت متوسط جریان ها در هر ولتاژ به شرح زیر محاسبه می شود:

$$I(\text{Lux}) = \frac{\sum_{i=1}^N L_i \times F_i}{N}$$

L میزان درخشندگی اندازه گیری شده از ستون های نور، F فرکانس درخشندگی اندازه گیری شده و N تعداد کل داده های خروجی در فاصله تعریف شده است. طرز قطعات استفاده شده در آزمایشگاه در شکل ۳ نشان داده شده است.



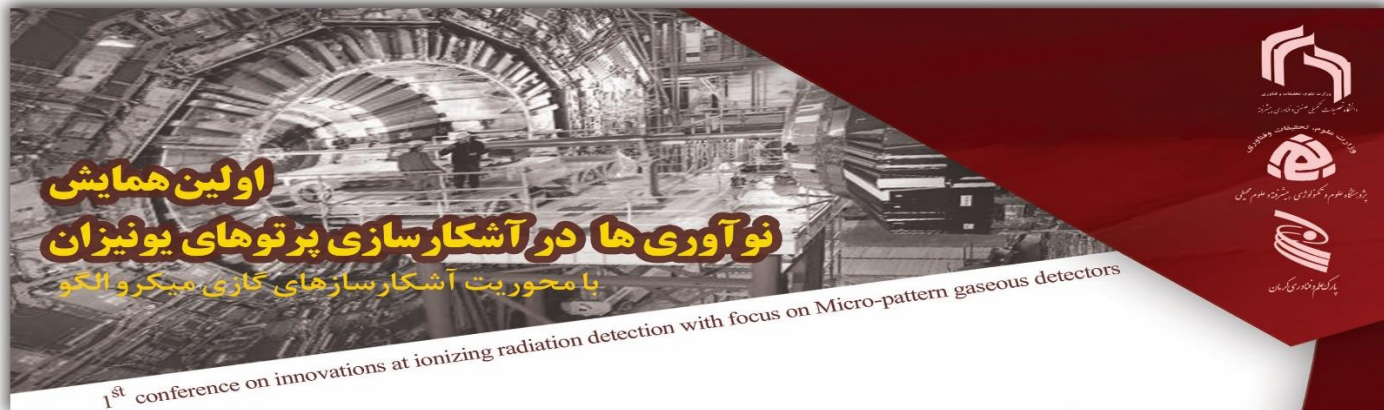
شکل شماره (۳): قرار گرفتن قطعات در حجم حساس آشکارساز.

و در حضور منبع Am^{241} با دو فعالیت پرتوزایی $33KBq$ و $150KBq$ در دمای اتاق این آزمایش انجام شد. در آشکارساز تناسبی گاز فرونشان قرار داده شده است تا UV های تولید شده را جذب کند اگر با وجود این گاز ولتاژ را بالاتر ببریم که ضریب تکثیر الکترون ها به بالاتر از 10^8 برسد. وارد مد SQS می شویم. اندازه گیری با THGEM و در حضور گاز P10 و منبع Am^{241} با دو فعالیت پرتوزایی $33KBq$ و $150KBq$ در دمای اتاق انجام شد. با حضور هر منبع الف، THGEM ها توسط واکنش پرتوهای یونیزان درون محفظه آشکارساز، تابش شدند. در مرحله ی اول ولتاژ ورودی به الکتروده های رانش و THGEM اعمال شد. با افزایش ولتاژ اعمال شده، در ولتاژ انتقال، جریان دهنده های اصلی ظاهر می شوند و میزان شدت نور توسط سنسور دیجیتال اندازه گیری می شود. افزایش بیشتر ولتاژ باعث افزایش شدت جریان می شود. زمان اندازه گیری هر جریان (زمان مرگ سنسور) 2.7 میلی ثانیه می باشد و برای 1000 داده ی متوالی این اندازه گیری انجام شده است و حداکثر وضوح به عنوان 07.0 LUX برای درخشندگی اندازه گیری شده بین دو داده ی متوالی بدست آمده است [4].

در جدول زیر ضخامت THGEM ها و چشمه های مورد استفاده در آزمایشگاه آورده شده است:

جدول شماره (۱): چشمه ها و ضخامت جم ضخیم.

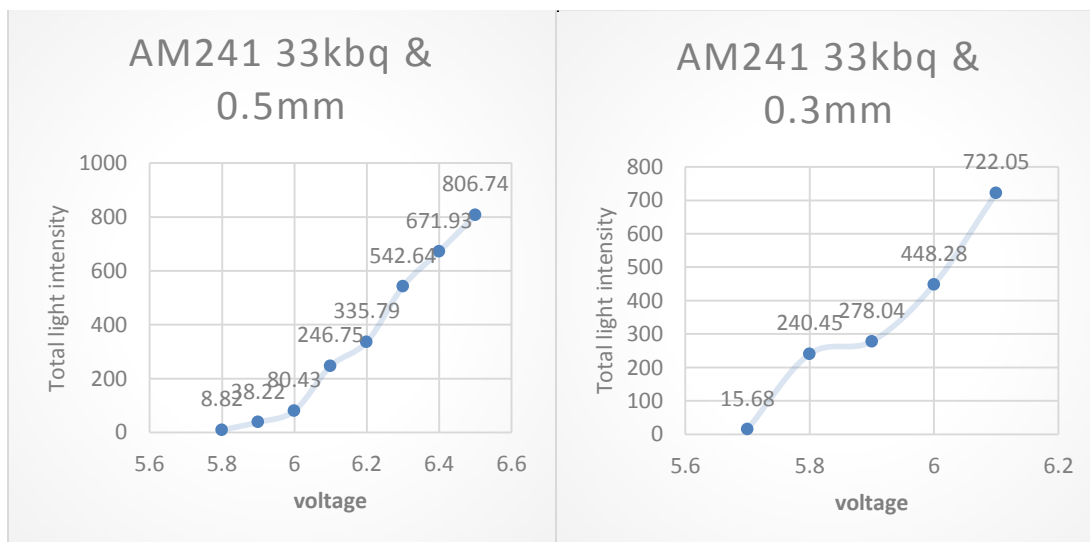
شماره	گام حفره	قطر حفره	Am^{241}	ضخامت صفحه
۱	0.7mm	0.3mm	33KBq	0.4mm

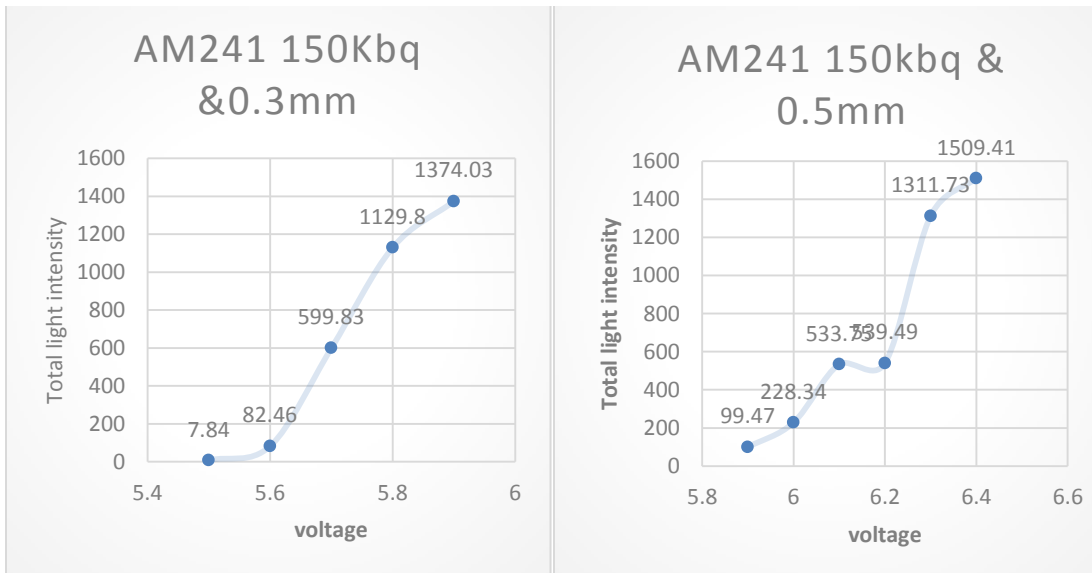
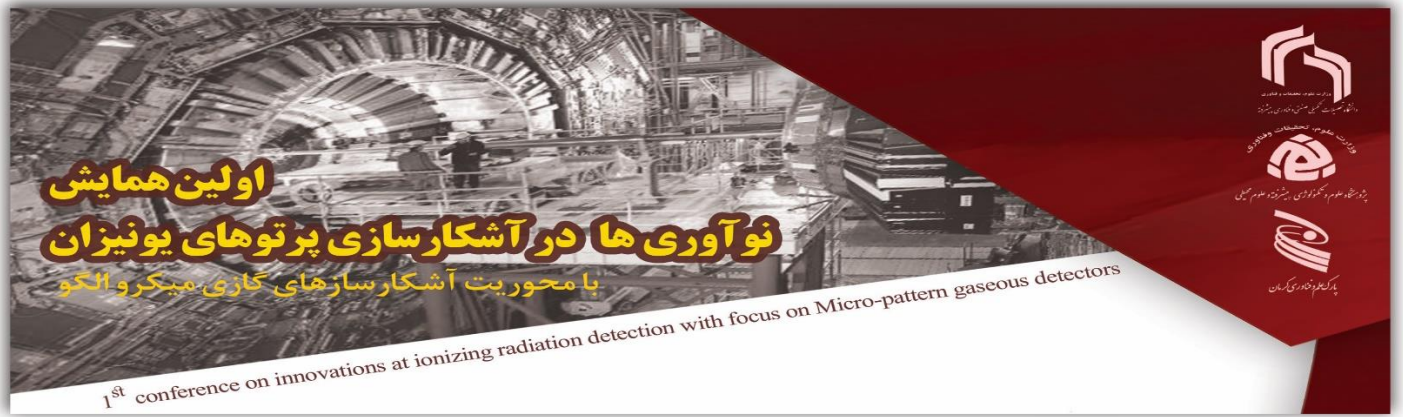


0.4mm	150KBq	0.5mm	1mm	۲
0.4mm	33KBq	0.5mm	1mm	۳
0.4mm	150KBq	0.3mm	0.7mm	۴

نتیجه گیری و جمع بندی

در THGEM شماره ۱ با قطر سوراخ 0.3mm آشکارساز در ولتاژ انتقال کمتر نسبت به THGEM شماره ۳ با قطر سوراخ 0.5mm در حضور منابع مشابه وارد مد SQS شده است. تعداد الکترون های بدست آمده از منبع Am^{241} فعالیت پرتوزایی 150KBq بیشتر از منبع Am^{241} با فعالیت پرتوزایی 33KBq است. نتایج نشان می دهد که افزایش الکترون های اولیه در حضور منبع Am^{241} با فعالیت پرتوزایی 150KBq موجب کاهش ولتاژ انتقال در THGEM#1 می باشد. در حالی که برای THGEM#2 اثر منبع آلفا بر روی ولتاژ انتقال قابل تشخیص نبود. رابطه ی معکوس بین ولتاژ انتقال و فعالیت پرتوزایی منبع در هندسه ی THGEM#1 به جای THGEM#2 مشاهده شد. این نشان می دهد که استفاده از THGEM ها با عامل وضوح بالا، مکان پرتوهای ورودی با دوز های مختلف می تواند توسط اسکن کردن ولتاژ ورودی تعیین شود. نتایج در شکل 4 به صورت نمودار آورده شده است.

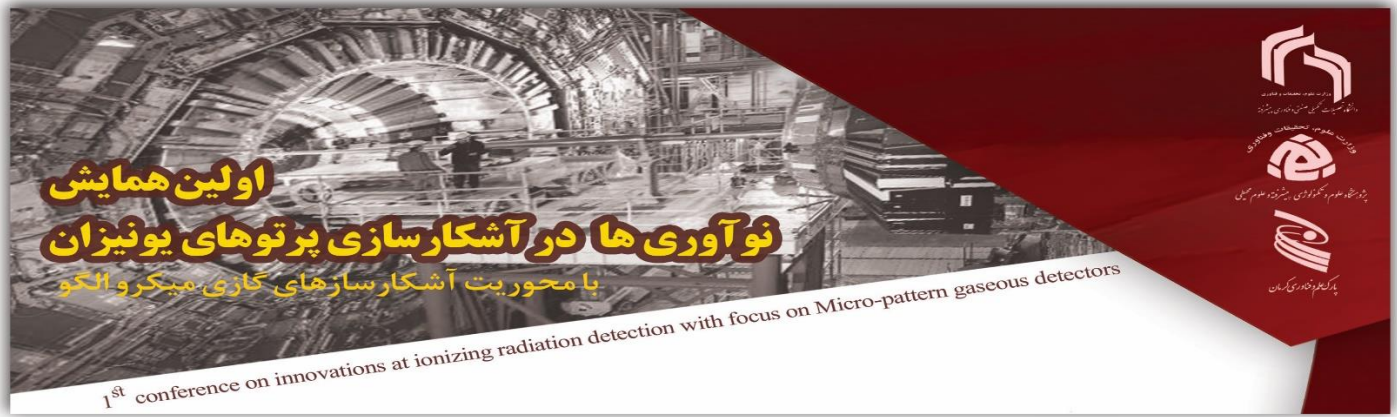




شکل شماره (۴): نتایج حاصل از دو جیم ضخیم در مقابل چشمه ها بر دو پرتو زایی متفاوت.

مراجع

- [1]. F.Simon. Commissioning of the GEM Detectors in the COMPASS Experiment. Doctoral dissertation. Diploma thesis. TU Munchen (2001).
- [2]. L. Ropelewski. Gas Micropattern Detectors for Tracking Talk at the "Workshop on Tracking in high Multiplicity Environments". Universit at Zurich, 6 october (2005).
- [3] Giunji S, Peskov V, Sakurai H et al., Micro capillary glass plates as a gaseous detector of photons and particles, Nucl. Instr. Meth. A, 2002, 477, 8-12.
- [4]. Mehdi hashemi, samiraesmaeili, alinegarestani. Measurement of the streamer intensities in the self quenching streamer mode for TGEM structure. Journal of Instrumentation, Volume 14, Issue 12, pp. P12008 (2019).



بررسی تابش گاما بر افزایش مقاومت تنش شوری گیاه تریتیکاله

مرجان اتقائی^۱ دکتر محمدرضا رضایی^۲ * دکتر حسین میرشکارپور^۳

۱. گروه مهندسی هسته ای، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری

پیشرفته، کرمان، ایران (m.atghaei65@gmail.com)

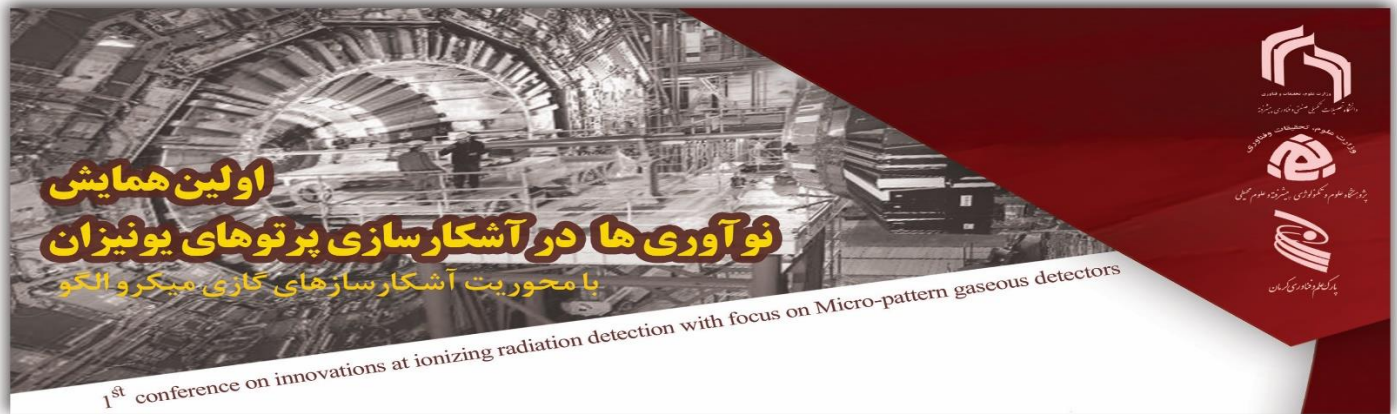
۲. گروه مهندسی هسته ای، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری

پیشرفته، کرمان، ایران ایمیل نویسنده مسئول (mr.rezaie@kgut.ac.ir)

۳. دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران (mirshekarpour@gmail.com)

چکیده

تولید گیاهان و دانه های خوراک دام در مناطق کم آب با درجه شوری بالا یکی از نیازهای اساسی کشور ایران و مناطق کم آب جهان محسوب می شود. بذر تریتیکاله یکی از دانه هایی است که به دلیل درصد بالای ویتامین ، چربی و... بعنوان خوراک اصلی دام در ایران استفاده می شود. به علت درجه شوری بالای آب مناطق مرکزی ایران امکان رشد آن در این مناطق فراهم نیست. در این تحقیق با استفاده از روش های شبیه سازی مونت کارلو و روشهای عملی امکان تولید این گیاه در آب با درجه شوری بالا بررسی شده است . چشمه گامای مورد استفاده یک چشمه ید ۱۳۱ با اکتیویته های مختلف است که دانه های تریتیکاله در بازه های زمانی ۱ تا ۶ روز در معرض تابش گامای ید ۱۳۱ قرار گرفته اند. عناصر

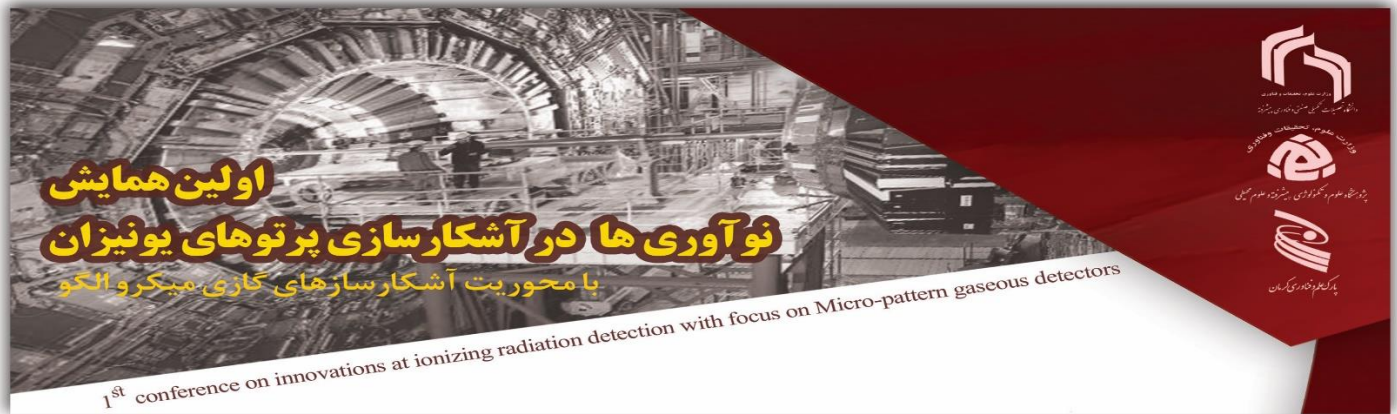


موجود در تریپتیکاله استخراج و میزان دز دریافتی با استفاده از کد MCNPX محاسبه شده است. نمونه‌ها در دزهای ۱۱۰-۰ گری مورد تابش قرار گرفته و سپس در محیط آزمایشگاه کشت شده‌اند. با مشاهده میزان رشد گیاه در محیط‌های مختلف با درجه شوری متفاوت، مشاهده شده است که نمونه‌های تابش دیده با درجه شوری بالا در دز ۶۳ گری رشد بیشتری نسبت به دزهای دیگر داشته‌اند و با افزایش سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی آنزیمی پارامترهای مخرب استرس اکسیداتیو مانند هیدروژن پراکسیداز و دی‌مالون‌آلدهید کاهش پیدا کرد و نتایج قابل توجهی نشان داده است که نمونه‌های اشعه دیده مقاومت بیشتری در مقابل تنش شوری از خود نشان دادند.

کلیدواژه: تریپتیکاله، تنش شوری، تابش گاما، کد MCNPX

مقدمه

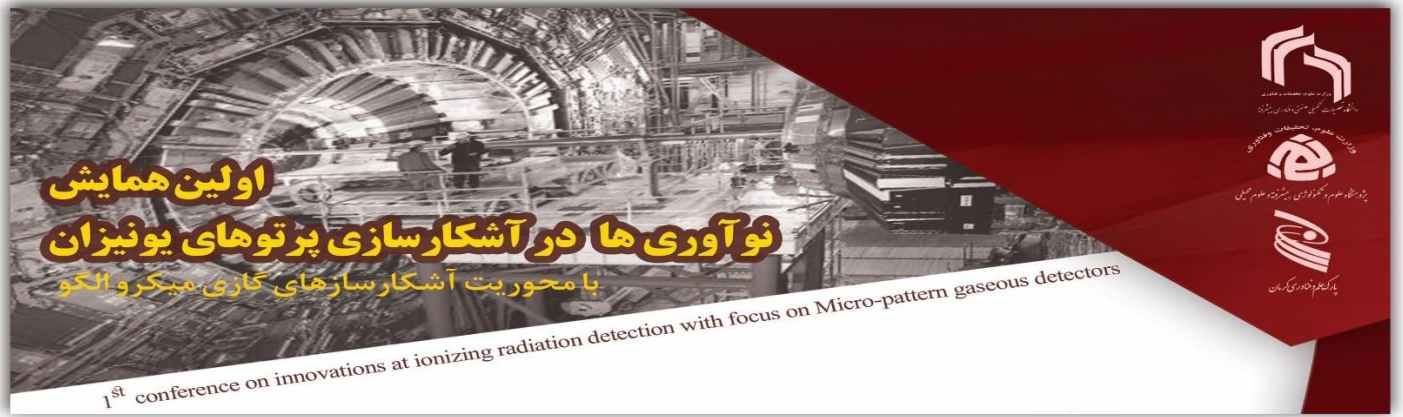
خوراک‌های مختلفی برای مصرف دام در ایران استفاده می‌شود [۱]. از جمله آنها می‌توان به ذرت، گندم، جو و تریپتیکاله اشاره کرد [۲]. تریپتیکاله یک گیاه تولید شده توسط انسان بر پایه گیاه گندم محسوب می‌شود که میزان عناصر مهم غذایی آن در حد گندم و در بعضی موارد غنی‌تر از آن است [۳]. این گیاه یکی از خوراکی‌های اصلی دام محسوب می‌شود که در مناطق مختلف ایران امکان تولید آن وجود دارد [۴]. شوری یک تنش غیر زیستی عمده است که روی گیاه تأثیر منفی می‌گذارد [۵]. مقادیر بیش از حد یون‌های Na^+ و Cl^- منجر به عدم تعادل یونی و کاهش جذب یون‌های مفید مانند K^+ ، Ca^{2+} و Mn^{2+} می‌شوند [۶]. شناسایی ترکیبات مولکولی در مسیرهای سیگنالینگ مرتبط با استرس نمک ضروری است. کاربرد گسترده پرتوهای گاما با قدرت نفوذ تکنیک‌های اصلاح گیاه هستند. اثرات تابش گاما بر تغییرات مورفولوژیکی و پاسخ بیولوژیکی گیاهان به دز تابش بستگی دارد [۷]. ثابت شده است که استفاده از اشعه گاما



با دزهای کم اثرات مثبتی روی طیف وسیعی از گیاهان دارد. قرار گرفتن در معرض تابش گاما با دز پایین نه تنها باعث تحریک رویشی می شود بلکه باعث افزایش شاخص جوانه زنی بذر، طول ریشه، اندام هوایی و قوه بنیه بذر می گردد [۸].

[۹]. یکی از معضلات اصلی ایران کمبود آب شیرین است و امکان تولید گیاهان خوراک دام در آب های شور کمتر وجود دارد. بعلاوه وجود منابع زیاد آب شور در ایران در صورتیکه گیاهان خوراک دام با استفاده از این منابع آب تولید شوند امکان تولید محصولات دامی و مورد نیاز انسان با هزینه کمتری امکان پذیر خواهد شد. معمولا پارامترها و ژن گیاهان به میزان شوری آب حساس بوده و امکان تولید گیاهان خوراک دام با تغییرات ژنتیکی و تغییر پارامترهای سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی و ... امکان پذیر است [۱۰]. یکی از مواردی که امکان تغییر ژن با استفاده از آن وجود دارد، تابشهای الکترومغناطیسی و هسته ای می باشد [۱۱]. با قرار دادن دانه های گیاهی در معرض تابش اشعه UV، تخلیه های الکتریکی، پلاسما، تابشهای گاما، بتا و نوترون [۱۲] امکان تغییرات ژنتیکی و مقاومت گیاه در برابر شوری بررسی شده است [۱۳]. نتایج تحقیقات مختلف نشان می دهد که در یک دز خاص تابش گاما، نوترون، بتا و ... امکان تولید گیاه در مناطق با درجه شوری بالا وجود دارد [۱۴]. در این تحقیق سعی شده است که با استفاده از تابش های گاما با میزان دز بین ۰-۱۱۰ گری امکان تغییرات ژنتیکی گیاه تریتیکاله در آب ها با درجه شوری مختلف بررسی شود.

از چشمه های مختلفی می توان برای پرتو دهی گاما استفاده کرد [۱۵]. از چشمه های کبالت ۶۰ و ید ۱۳۱ و ... نیز امکان استفاده برای پرتو دهی وجود دارد [۱۶]. در این تحقیق از چشمه ید ۱۳۱ که یک چشمه گاما و بتا است استفاده شده است [۱۷]. میزان دز ناشی از این پرتو در گیاه تریتیکاله با استفاده از کد MCNPX بررسی می شود. کد



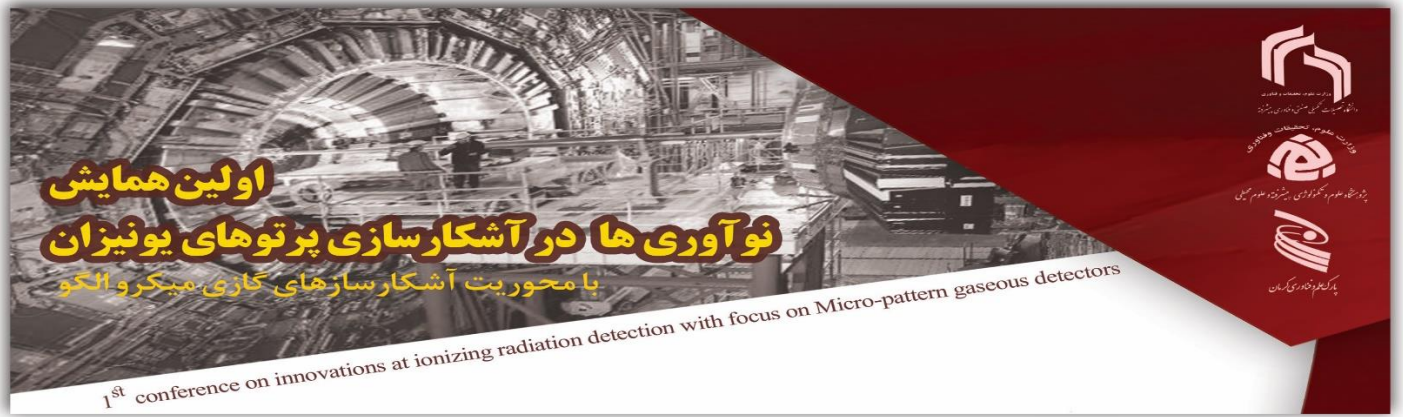
MCNPX یک کد مونت کارلو است که امکان ردیابی ۳۲ ذره اتمی هسته ای را دارد [۱۸]. عناصر موجود در گیاه تریتیکاله که از منابع علمی استخراج [۱۹] و بعنوان ماده درکارت ورودی کد MCNPX اعمال می شود. مشخصات چشمه گاما و بتازای ید ۱۳۱ نیز از منابع علمی استخراج و بعنوان چشمه در کد تعریف خواهد شد. گیاهان تابش دیده و تابش ندیده در محیط آزمایشگاه در دمای ثابت کشت می شود و پارامترهای حاصل شده ناشی از تنش شوری با روشهای آزمایشگاهی و محلولها با تغییر در شدت طول موج با دستگاه اسپکتروفتومتر بررسی شده است.

روش کار

دانه های تریتیکاله در ۱۰۰ دسته ۱۰ گرمی بسته بندی شده و در معرض تابش های گامای ناشی از چشمه ید ۱۳۱ در زمانهای ۱-۶ روز قرار گرفتند. سپس نمونه ها دسته بندی و پس از سعی و خطا های زیاد و مطالعه مقالاتی در زمینه نحوه کار و مدت زمان استراحت بذرهای تریتیکاله قبل از کاشت، نتیجه این شد که بذرها بدون استفاده از هیچ گونه ماده ضد عفونی به مدت ۴۸ ساعت در ۵۰ میلی مولار آب استراحت داده شوند (شکل شماره ۱).



شکل شماره (۱): نمایی از خیساندن بذرها با دزهای مختلف و شرایط مختلف شوری

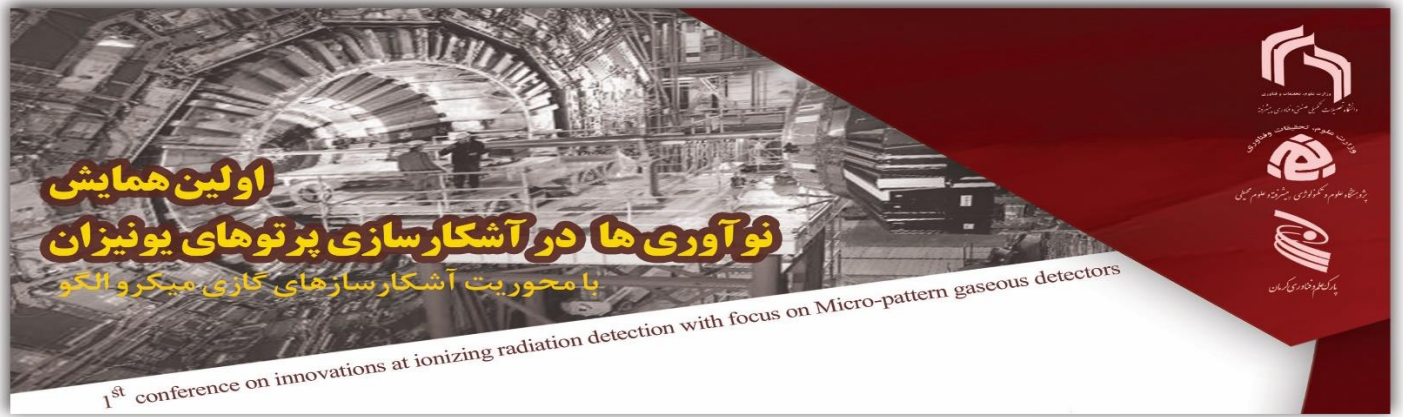


لازم به ذکر است استراحت در آب شور ، آب شور همراه با محلول غذایی استوک A,B هم انجام شد که نتیجه خوبی حاصل نگردید . بعد از اتمام زمان مورد نظر نمونه های مختلف تابش دیده و تابش ندیده در گلدانهای پلاستیکی ضد عفونی شده با خاک (۵۰ درصد خاک ۱۰ درصد خاکبرگ ۴۰ درصد ماسه همراه با مقداری پرلیت) با درجه شوری متفاوت در محیط آزمایشگاه کشت داده شدند. لازم به ذکر است کاشت در داخل ظرفهای یکبار مصرف دست سازی که بذرها روی تور و ریشه در آب یا محلول هوگلند نیز ، مورد تست و آزمایش قرار گرفت (شکل شماره 2).



شکل شماره (2) : ظرف های ساخته شده جهت کاشت بذر که به نتیجه نرسید.

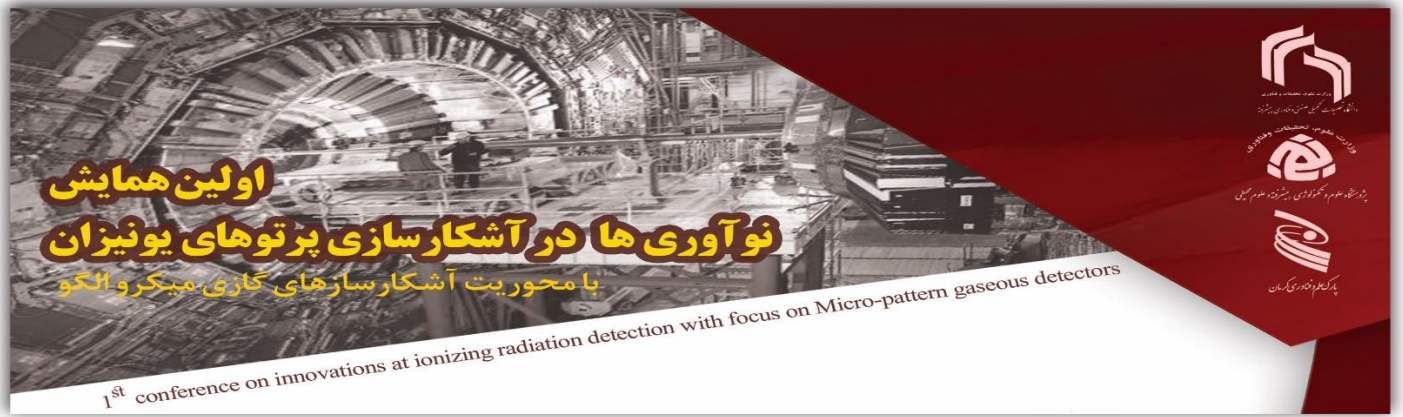
جهت بررسی میزان دز دریافتی یک فایل ورودی برای کد MCNPX نوشته شده است .



درصد عناصر موجود در گیاه تربیتیکاله از منابع معتبر استخراج و نتیجه آن در جدول (1) نشان داده شده است [۲۰]. سپس با استفاده از عدد اتمی عنصر (Z) و عدد جرمی (A) و درصد فراوانی آن در طبیعت ZAID محاسبه شده است که جهت استفاده در کد مونت کارلوی MCNPX مورد استفاده قرار گیرد تا بتوان با توجه به میزان درصد ذرات تابشی، دز جذبی و در نهایت به دز تجمعی با توجه به اکتیویته های مختلف یید ۱۳۱ در زمانهای مختلف رسید.

جدول (1): عناصر موجود در گیاه تربیتیکاله

عناصر تشکیل دهنده تربیتیکاله					
عنصر		مجموع	عنصر		مجموع
Ca	کلسیم	0.468511	Ni	نیکل	2.75E-05
K	پتاسیم	1.258239	Cr	کروم	0.000436
P	فسفر	0.357776	Pb	سرب	1.18E-05
S	گوگرد	0.04986	As	آرسنیک	1.18E-05
Mn	منگنز	0.004457	H	هیدروژن	6.473433
Fe	آهن	0.031486	O	اکسیژن	45.4708
Cu	مس	0.000302	C	کربن	44.39941
Zn	روی	0.0006	N	نیتروژن	1.484635



میزان انرژی گاما و بتای چشمه ید ۱۳۱ استخراج و در جدول (2) آورده شده است و بعنوان چشمه در کد MCNPX وارد شده است .

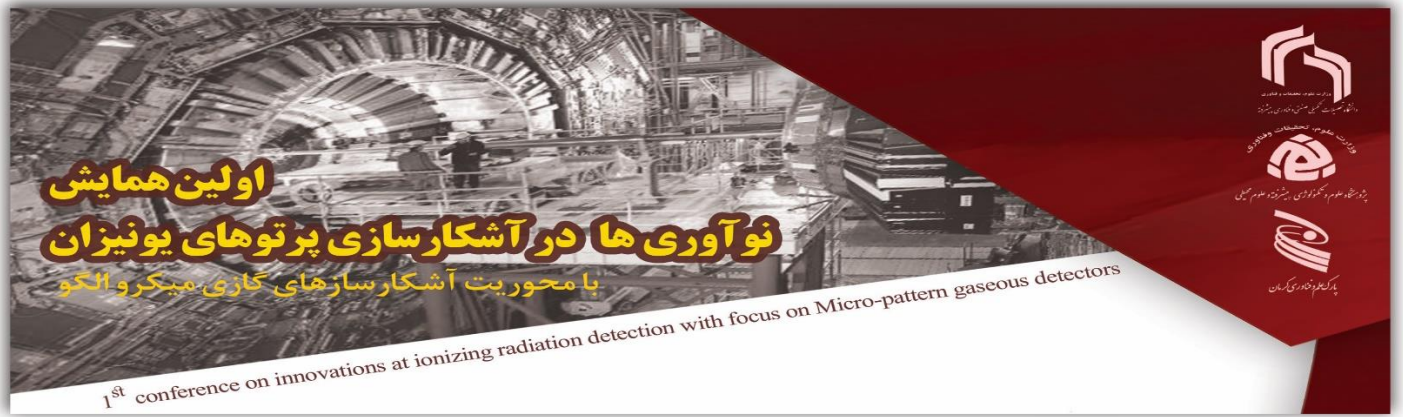
انرژی و درصد فراوانی پرتوهای ناشی از ید ۱۳۱			
پرتوهای گاما		پرتوهای بتا	
انرژی (MEV)	فراوانی %	انرژی (MEV)	فراوانی %
0.284	5	0.25	2.8
0.364	78.4	0.34	9.3
0.637	9	0.61	87.2
0.722	3	0.81	0.7

جدول (2) : میزان تابش گاما و بتای چشمه ید ۱۳۱

شکل شماره (3) نمایی از چشمه، دانه و شیلد سربی ساخته شده را نشان می دهد.



شکل شماره (3) : نمایی از چشمه، دانه و شیلد سربی

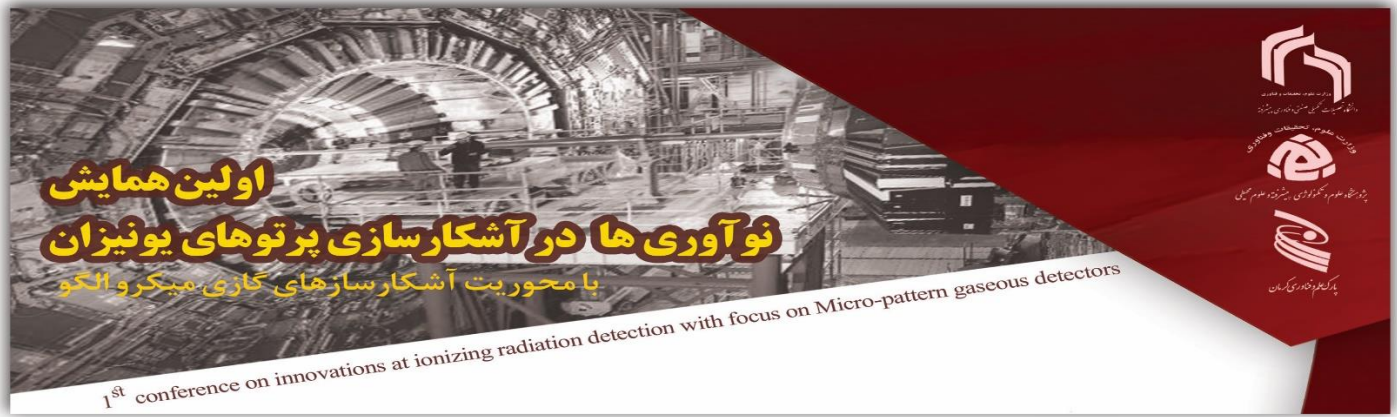


نمونه ها در دزهای مختلف که قبلا با کد MCNPX شبیه سازی شده بودند در دستگاه ژرمیناتور¹ جهت رشد در شرایط دمایی و رطوبتی یکسان قرار داده شده اند. دمای تقریباً ۲۶ درجه سانتیگراد و میزان رطوبت ۷۰٪ در طول زمان کشت در نظر گرفته شده است. شکل شماره (4)



شکل (4): نمونه ها در دزهای مختلف در دستگاه ژرمیناتور

¹ ژرمیناتور دستگاهی مناسب برای انجام آزمایشات مختلف بر روی انواع بذرها در شرایط مختلف دما و رطوبت است. اتاق جوانه زنی بذر یا اتاقک رشد بذر به منظور استفاده در فرآیند جوانه زنی نهال در آزمایشگاه ها طراحی شده اند.

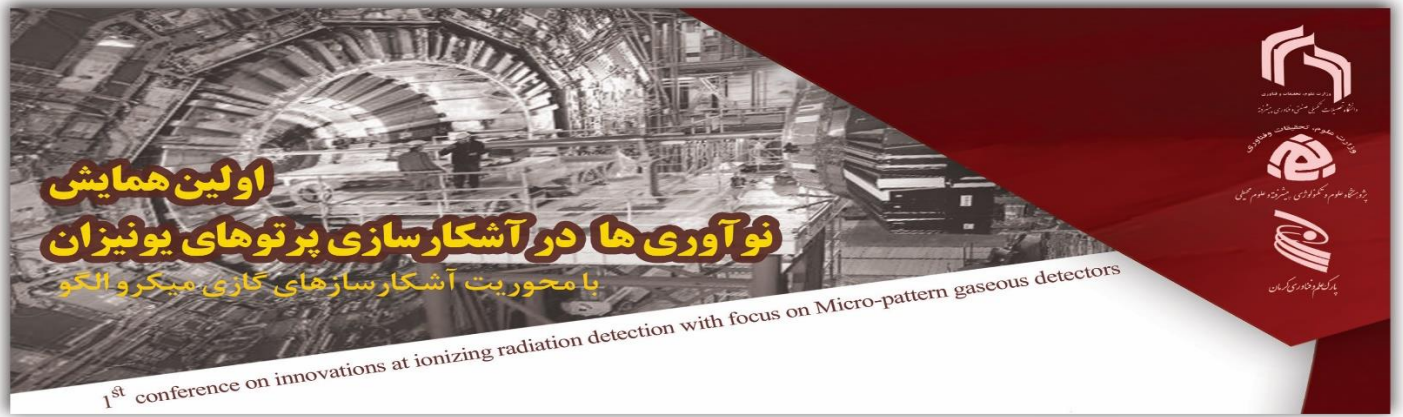


نمونه های کشت شده با دزهای مختلف به مدت ۱۲ روز در داخل دستگاه رشد کردند در همان ابتدای امر دزهای ۲۳ ، ۸۰،۹۵ و ۱۱۰ گری نتایج قابل قبولی نداشتند و برای اعمال تنش شوری مورد آزمایش قرار نگرفتند نمونه ۶۳ گری از سرعت رشد بیشتری نسبت به دیگر نمونه ها برخوردار بود (شکل شماره ۵).



شکل (۵): سرعت رشد در نمونه ۶۳ گری

نتایج حاصل از تغییرات مشاهده شده در گیاه تریتیکاله تحت تاثیر تنش شوری و اشعه گاما در آزمایشگاه دانا ژن اندازه گیری و بررسی شده است. بطور کلی جهت اندازه گیری پارامترهای مختلف (پارامتر استرس اکسیداتیو: آنزیم هیدروژن پراکسیداز - مالون دی آلدهید - سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی آنزیمی : سوپر اکسید دیسموتاز- کاتالاز - پروکسیداز و... سیستم دفاعی غیر آنزیمی : پرولین - قند کل - اسیدهای آمینه آزاد - پروتئین) از غلظت های مختلف محلولی استفاده و با دستگاه اسپکتروفتومتر (شکل شماره ۶) با توجه به طول موجهای مختلف آنزیمی اندازه گیری و بررسی می شود.

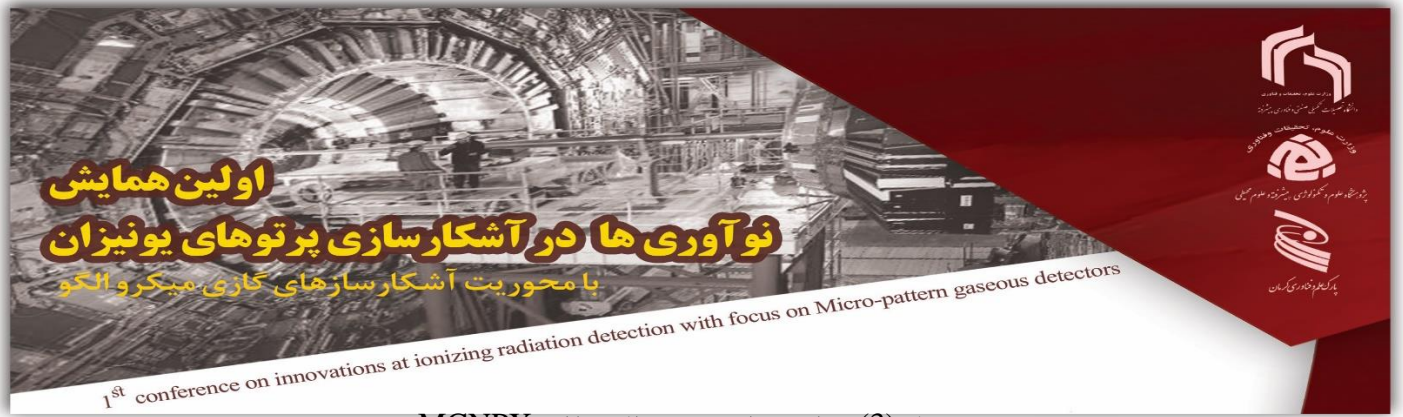


شکل شماره (6) : دستگاه اسپکتروفتومتر

نتایج :

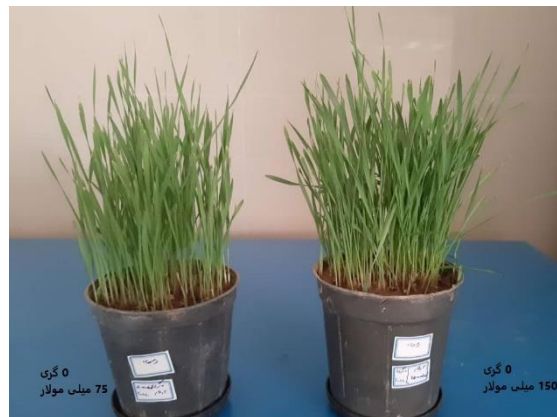
با قرار دادن دانه های تریتیکاله در محل تابش دهی در زمانهای ۶-۰ روز میزان دز دریافتی با استفاده کد MCNPX محاسبه شده که نتایج آن در جدول (3) آورده شده است.

زمان (روز)	دز کل ناشی از پرتوهای بتا و گاما (گری)
1	23
2	43
2.35	50
3	63
4	80
5	95
6	110



جدول (3) : نتایج محاسبه دز دریافتی با کد MCNPX

نمونه شاهد و نمونه های تابش دیده با دزهای مختلف در دستگاه ژرمیناتور با میزان تنش شوری ۱۵۰-۰ میلی مولار در دستگاه ژرمیناتور قرار داده شد. در شکل شماره (7-10) میزان رشد گیاه تریتیکاله را در دزها و درجه شوری مختلف نشان می دهد با محاسبات مقدار کلرید سدیم اضافه شده در ۱ لیتر آب به مقدار تنش شوری دلخواه رسیدیم تنشهای شوری از ۲۵ میلی مولار اعمال شد تا به مقدار ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار رسیدیم. برای ادامه کار و انجام آزمایشات و نتیجه گیری نمونه های ۵۰ و ۹۵ و ۱۱۰ گری حذف شدند و در نهایت نمونه های ۰ و ۶۳ گری برای مراحل بالاتر انتخاب شدند .



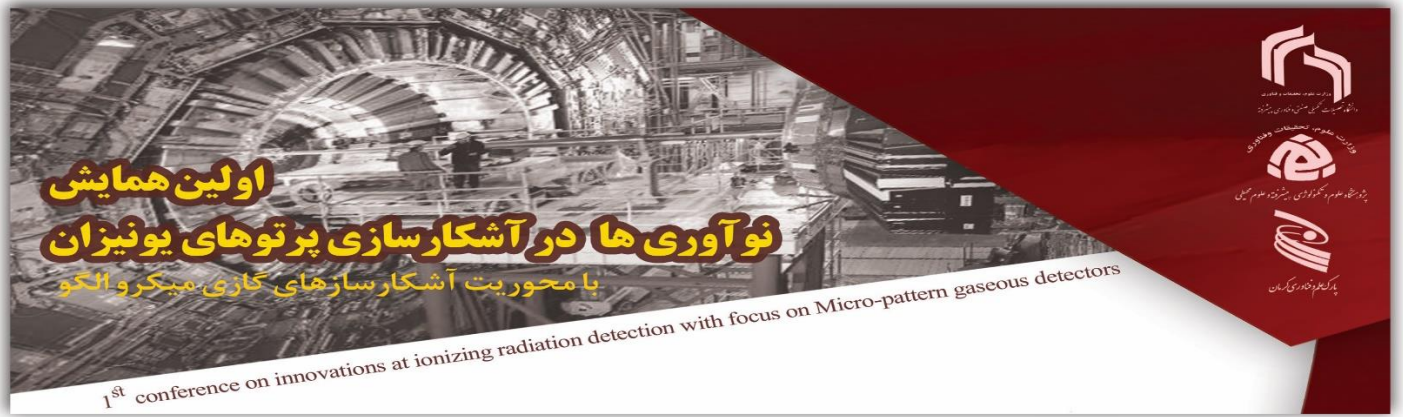
شکل (7): میزان رشد گیاه تریتیکاله دز ۰ گری و درجه شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار



شکل (8): میزان رشد گیاه تریتیکاله دز ۶۳ گری و درجه شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار

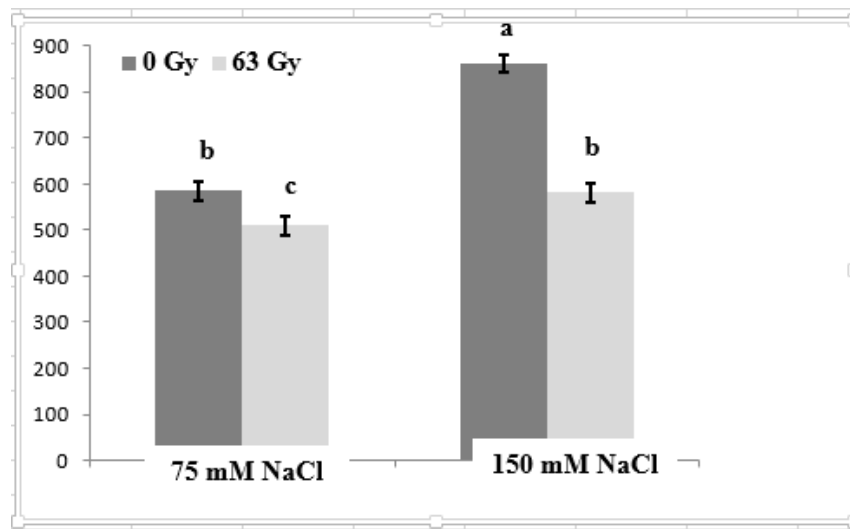
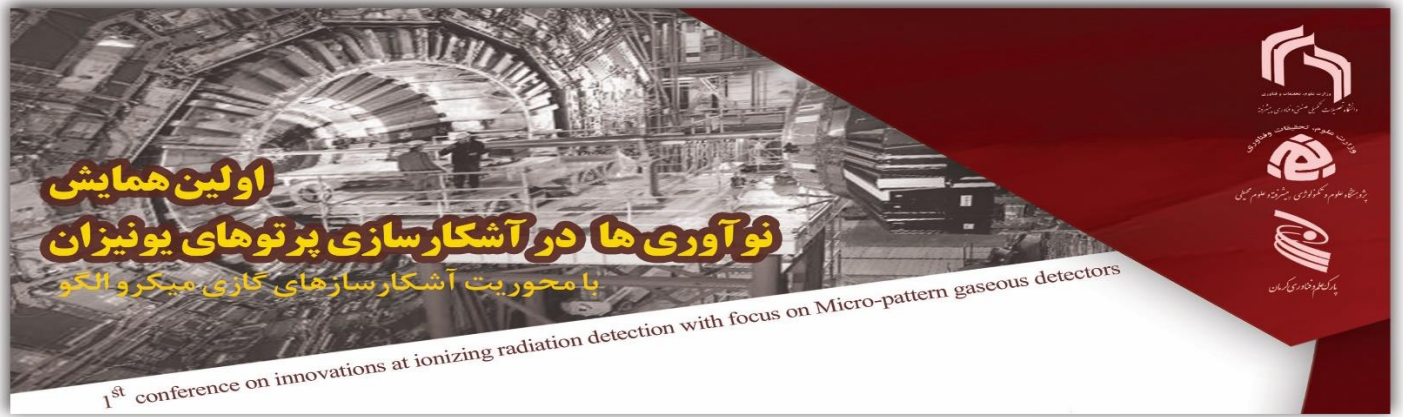


شکل (9): میزان رشد گیاه تریتیکاله دز ۹۵ گری (نمونه دز حذف شده)



شکل (10): میزان رشد گیاه تریتیکاله دز ۵۰گری (نمونه دز حذف شده)

همانطور که در شکل های (7-10) نشان داده شده است میزان رشد گیاه تابش دیده با دز ۶۳ گری در درجه شوری ۱۵۰ میلی مولار بیشتر از نمونه گیاه تابش ندیده در همان درجه شوری است و تفاوت ظاهری دیگری که در نمونه تابش دیده و تابش ندیده با اعمال تنش شوری مشاهده گردید پژمرده شدن و زرد شدن سر برگهای گیاه در نمونه شاهد بود. پارامترهای استرس اکسیداتیو، سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی شامل هیدروژن پراکسیداز، مالون دی آلدئید، پرولین، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، قند کل، اسید آمینه های آزاد، کلروفیل و پروتئین در نمونه های ۰ و ۶۳ گری با تنشهای شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار با محلولهای مختلف با دستگاه اسپکتروفتومتر با توجه به طول موج های حاصل اندازه گیری می شود. که نتایج حاصل از میزان آنزیم هیدروژن پراکسیداز در نمودار (1) آورده شده است.

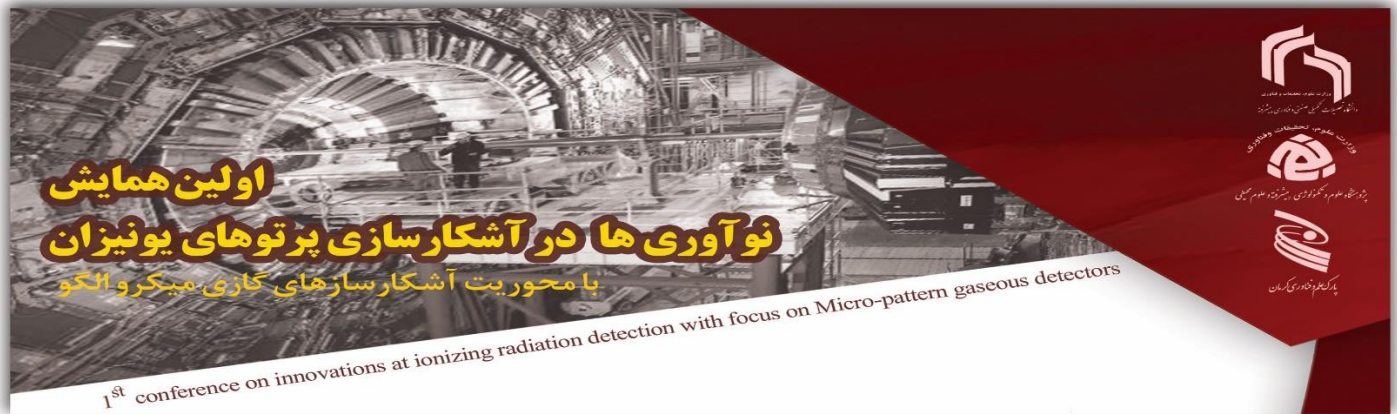


نمودار (1): نتایج حاصل از اندازه‌گیری آنزیم هیدروژن پراکسیداز

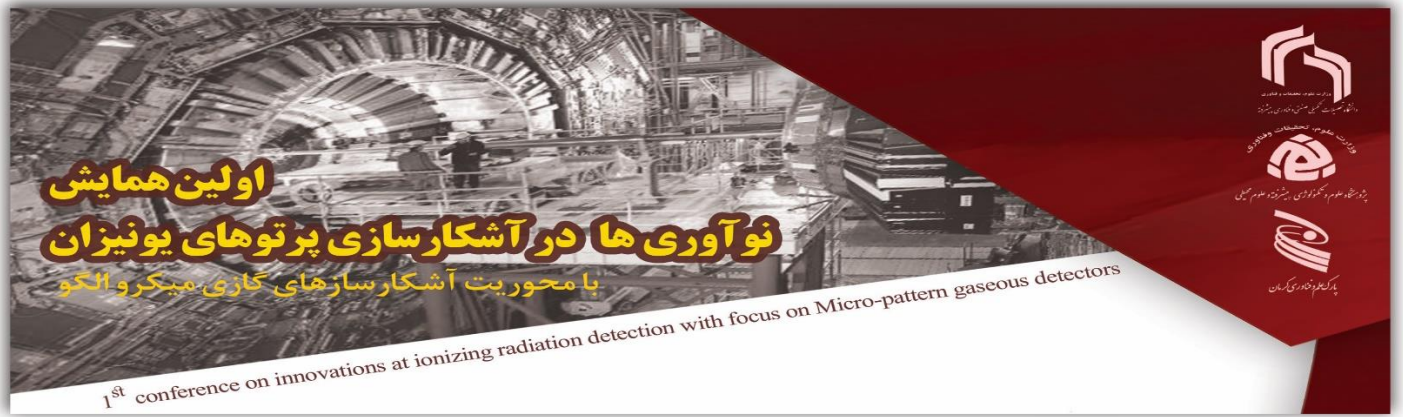
با توجه به نمودار بالا و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با توجه به اعمال تنش شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار نمونه های ۶۳ گی‌ری از خود مقاومت نشان داده و سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی نمونه تابش دیده فعالتر شده تا با میزان تنش شوری مبارزه و مقدار آنزیم هیدروژن پراکسیداز که آنزیم است و در میزان شوری ۱۵۰ میلی مولار بهتر مقاومت ایجاد شده است.

نتیجه گیری

در این تحقیق تابش اشعه گاما در افزایش مقاومت گیاه تربیتیکاله با میزان شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار با استفاده از نتایج مونت کارلو و عملی بررسی شده است. نمونه ها در دزهای مختلف تابش گامای چشمه ید ۱۳۱ قرار داده شده



است. همچنین میزان دز تابشی بتای این چشمه در نمونه های تریتیکاله با استفاده از کد MCNPX محاسبه شده است. نمونه های تابش دیده و تابش ندیده در درجه های مختلف شوری ۷۵ تا ۱۵۰ میلی مولار کشت داده شد و میزان رشد آنها با هم مقایسه شده است همچنین پارامترهای مختلف (پارامتر استرس اکسیداتیو: آنزیم هیدروژن پراکسیداز - مالون دی آلدهید - سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی آنزیمی :سوپر اکسید دیسموتاز- کاتالاز - پروکسیدازو... سیستم دفاعی غیر آنزیمی :پروکلین - قند کل - اسیدهای آمینه آزاد - پروتئین) از غلظت های مختلف محلولی و با دستگاه اسپکتروفتومتر (شکل شماره ۳)) با توجه به طول موجهای مختلف آنزیمی اندازه گیری شده است که در نمونه های تریتیکاله که تحت تابش دزهای مختلف ۱۱۰-۰ گری و در درجه شوری ۷۵ تا ۱۵۰ میلی مولار اندازه گیری شده است. نتایج نشان می دهد که تنش شوری در گیاهان " در این تحقیق که گیاه تریتیکاله مورد بررسی قرار گرفت" باعث تغییر در سیستم استرس اکسیداتیو که در واقع بازتاب دهنده عدم تعادل تظاهرات سیستماتیک « گونه های فعال (واکنش پذیر) اکسیژن» (ROS) و توانایی یک سیستم زیستی در خنثی سازی و مهار میانجی های سمی آن یا ترمیم آسیب های وارده است. هرگونه آشفستگی و اختلال در وضعیت طبیعی اکسیداسیون (اکسایش : واکنش یک ماده با اکسیژن و ترکیب شدن با آن و کلیه واکنش هایی که طی آن فرآیند ماده ای الکترون از دست می دهد.) از طریق تولید پراکسید (مجموعه ای مرکب از پیوند تکی اکسیژن-اکسیژن یا یون پراکساید است. گروه O-O ، گروه پروکساید یا گروه پراکسو نامیده می شود. ساده ترین پروکسید پایدار، پروکسید هیدروژن است.) و رادیکالهای آزاد (به اتم، مولکول یا یونی گفته می شود که دارای مولکول ها یا اتم هایی که دارای الکترون جفت نشده] در لایه الکترونی است. به عبارت دیگر پوسته الکترونی آن ناقص باشد؛ و تجمع آنها در بدن خطرناک است و عامل بیماری های خطرناکی چون سرطان می باشد.) منجر به تولید اثرات سمی و آسیب به تمامی اجزاء و ساختارهای درون سلولی ، از جمله پروتئین ها ، لیپید و DNA می گردد. استرس اکسیداتیو ناشی از تنش شوری می تواند منجر به آسیب به بازهای نوکلئوتیدی و شکستگی در رشته



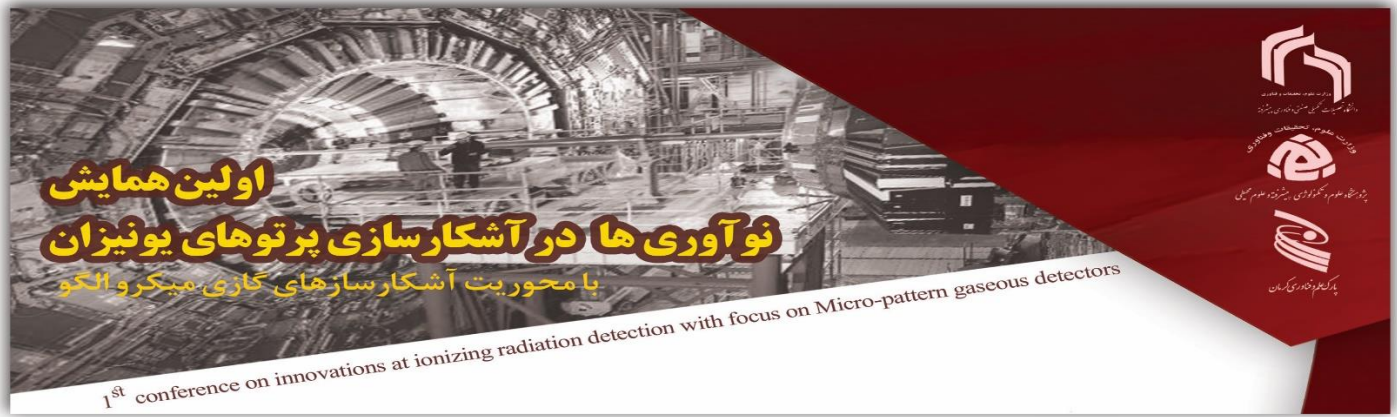
DNA شود. آسیب به بازها اغلب غیرمستقیم و توسط گونه‌های فعال اکسیژن همچون O_2^- (رادیکال سوپراکسید) ، OH (رادیکال هیدروکسیل) و H_2O_2 (هیدروژن پراکسید) ایجاد می‌شود. هیدروژن پراکسید یا آب‌اکسیژنه (H_2O_2) یک اکسنده متداول است هیدروژن پراکسید ساده‌ترین پراکسید است (پراکسیدها ترکیباتی هستند که دارای یک پیوند یگانه اکسیژن-اکسیژن هستند). تجزیه این ماده باعث ایجاد رادیکالهای OH می‌شود که بیش از چند ثانیه در دسترس نمی‌باشند و در این مدت با خاصیت شدید اکسیدکنندگی خود، مواد آلی و معدنی را اکسید می‌کند.

در این تحقیق میزان تغییرات هیدروژن پراکسیداز، مالون دی آلدهید ، مقادیر آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز ، اسکوریات پراکسیداز ، پرولین ، قند کل ، اسید آمینه های آزاد کل ، پروتئین کل اندازه گیری شده است و آن نتیجه ای که حاصل شد تنش شوری باعث تغییرات معنی داری گردید که نشان از این بود که میزان هیدروژن پراکسیداز و مالون دی آلدهید در اثر تنش شوری افزایش یافته است که نشان‌دهنده تخریب سلولی و ایجاد رادیکالهای آزادی است که باعث پیری زودرس در گیاه می شود در این مواقع سیستمهای دفاعی آنزیمی و غیر آنزیمی گیاه فعال می شوند و آنچه مشاهده شد در نمونه های تابش دیده با دز ۶۳ گری این سیستم دفاعی بسیار افزایش پیدا کرده است به گونه ای که سیستم دفاعی توانسته مقدار آنزیم هیدروژن پراکسیداز و مالون دی آلدهید که صدمه ای جدی به گیاه وارد می کرده است را کاهش بدهد و بطور کلی نمونه تابش دیده در مقابل تنش شوری دارای مقاومت بالاتری نسبت به نمونه شاهد بود و با افزایش میزان کلرید سدیم تا ۱۵۰ میلی مولار در دز ۶۳ گری این مقاومت حتی بیشتر هم شد و بیانگر تحمل بیشتر در مناطق با تنش شوری بالا مناسب تشخیص داده شد .

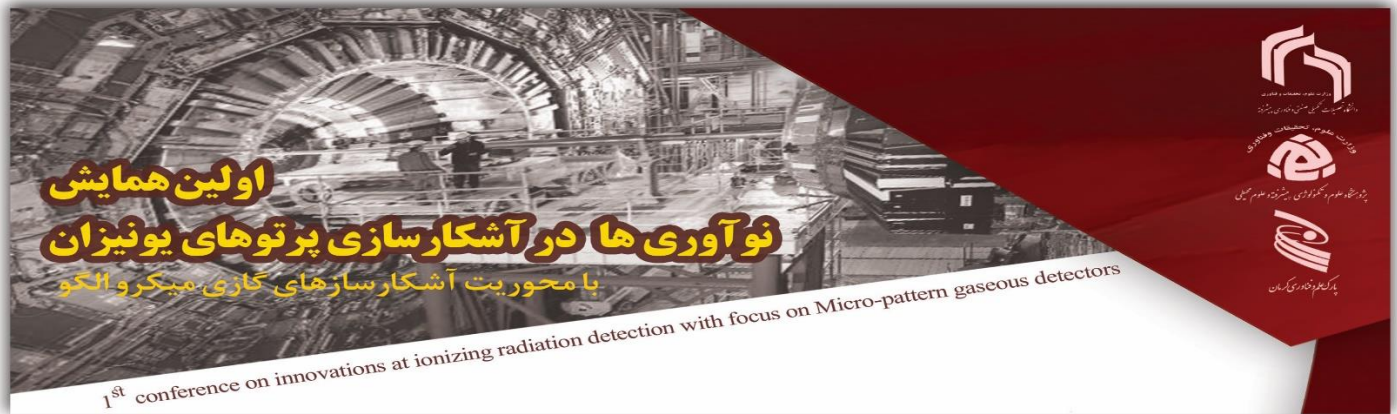


مراجع:

- [1] C. Devendra, C. Sevilla, and D. Pezo, "Food-feed systems in Asia-Review," *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 14, pp. 733-745, 2001.
- [2] S. M. Alagoz, H. Hadi, M. Toorchi, T. A. Pawłowski, and M. T. Shishavan, "Effects of Water Deficiency at Different Phenological Stages on Oxidative Defense, Ionic Content, and Yield of Triticale (\times Triticosecale Wittmack) Irrigated with Saline Water," *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, pp. 1-13, 2021.
- [3] R. K. Kandrov, N. Labutina, M. S. Begeulov, E. Taranova, and A. Bykov, "Technological properties of triticale-hemp flour," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, p. 022035.
- [4] M. Vahabzadeh, M. Ghodsi, M. Vahabzadeh, M. Nazeri, M. Khodarahmi, M. Ghasemi, *et al.*, "Sanabad, A New Triticale Cultivar Suitable for Temperate and Cold-Temperate Regions of Iran," *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, vol. 2, pp. 143-153, 2013.
- [5] J.-K. Zhu, "Salt and drought stress signal transduction in plants," *Annual review of plant biology*, vol. 53, pp. 247-273, 2002.
- [6] P. M. Hasegawa, R. A. Bressan, J.-K. Zhu, and H. J. Bohnert, "Plant cellular and molecular responses to high salinity," *Annual review of plant biology*, vol. 51, pp. 463-499, 2000.
- [7] S. Wi, B. Chung, J. Kim, J. Kim, M. Baek, J. Lee, *et al.*, "Effects of gamma irradiation on morphological changes and biological responses in plants. Micron 38, 553e564," ed, 2007.
- [8] D. Marcu, V. Cristea, and L. Daraban, "Dose-dependent effects of gamma radiation on lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata) seedlings," *International Journal of Radiation Biology*, vol. 89, pp. 219-223, 2013.
- [9] J. P. Maity, D. Mishra, A. Chakraborty, A. Saha, S. Santra, and S. Chanda, "Modulation of some quantitative and qualitative characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) and mung (*Phaseolus mungo* L.) by ionizing radiation," *Radiation Physics and Chemistry*, vol. 74, pp. 391-394, 2005.
- [10] M. Mergoum, P. Singh, R. Pena, A. Lozano-del Río, K. Cooper, D. Salmon, *et al.*, "Triticale: a "new" crop with old challenges," in *Cereals*, ed: Springer, 2009, pp. 267-287.
- [11] Y. Xu, *Molecular plant breeding*: Cabi, 2010.
- [12] C. T. French, C. D. Ross, S. B. Keysar, D. D. Joshi, C.-U. Lim, and M. H. Fox, "Comparison of the mutagenic potential of 17 physical and chemical agents analyzed by the flow cytometry mutation assay," *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, vol. 602, pp. 14-25, 2006.
- [13] I. Piri, M. Babayan, A. Tavassoli, and M. Javaheri, "The use of gamma irradiation in agriculture," *African Journal of Microbiology Research*, vol. 5, pp. 5806-5811, 2011.



- [14] X. Geng, Y. Zhang, L. Wang, and X. Yang, "Pretreatment with high-dose gamma irradiation on seeds enhances the tolerance of sweet osmanthus seedlings to salinity stress," *Forests*, vol. 10, p. 406, 2019.
- [15] K. Mehta, "Gamma irradiators for radiation sterilization," *Trends in radiation sterilization of health care products*, 2008.
- [16] S. A. Zafar, A. Maqbool, and M. Naeem, "Mutagenic Effectiveness of Gamma Rays in Inducing Polygenic Variability in Maize (*Zea mays* L.)."
- [17] M.-C. Lépy, L. Brondeau, C. Bobin, V. Lourenço, C. Thiam, and M.-M. Bé, "Determination of X-and gamma-ray emission intensities in the decay of ^{131}I ," *Applied Radiation and Isotopes*, vol. 109, pp. 154-159, 2016.
- [18] L. S. Waters, "MCNPX user's manual," *Los Alamos National Laboratory*, vol. 124, 2002.
- [19] F. Zhu, "Triticale: Nutritional composition and food uses," *Food Chemistry*, vol. 241, pp. 468-479, 2018.
- [20] A. Kraszkwicz, M. Kachel-Jakubowska, and I. Niedziółka, "The chemical composition of ash from the plant biomass in terms of indicators to assess slagging and pollution of surface heating equipment," *Fresenius Environ. Bull.*, vol. 26, pp. 6383-6389, 2017.



محاسبه مخاطرات تابش ناشی از سنگ گرانیت منطقه مانی در مدل فانتوم حیوانی

ندا زارعی* محمدرضا رضایی رایینی نژاد

گروه مهندسی هسته ای، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
nedazareie97@gmail.com: ایمیل نویسنده مسئول

چکیده

منطقه مانی ناحیه ای است در اطراف مس سرچشمه استان کرمان که بر بستر سنگ گرانیت قرار دارد. تابش های محیطی ناشی از سنگ گرانیت که اکتیویته ویژه آن برابر 5454 Bq/kg است موجب بروز خطرات تابشی برای انسان و حیوان می شود. با توجه به محاسباتی که انجام شده است میزان دز ناشی از آن در یک مدل انسانی در حد مجاز سالانه 5 mSv می باشد. در این تحقیق مخاطرات ناشی از سنگ گرانیت این منطقه در بافت های یک مدل حیوانی با کد مونت کارلوی MCNPX شبیه سازی (گوسفند) و محاسبه شد. نتایج تحقیق نشان می دهد که میزان دز بیشتر از حد مجاز برای انسان و کمتر از مقدار 100 mSv معرفی شده توسط کمیته ICRP برای مدل های حیوانی است. همچنین کمیت های دیگر مخاطرات تابشی از جمله R_{aeq} , D_{I} , D_{out} , D_{in} , D_{tot} , H_{ex} , H_{in} , I_{y} , ELCR نیز بررسی شده است که بیشتر از حد مجاز گزارش می شود.

واژه های کلیدی: تابش محیطی، سنگ گرانیت، مخاطرات تابشی، منطقه مانی، اکتیویته ویژه، *MCNPX*

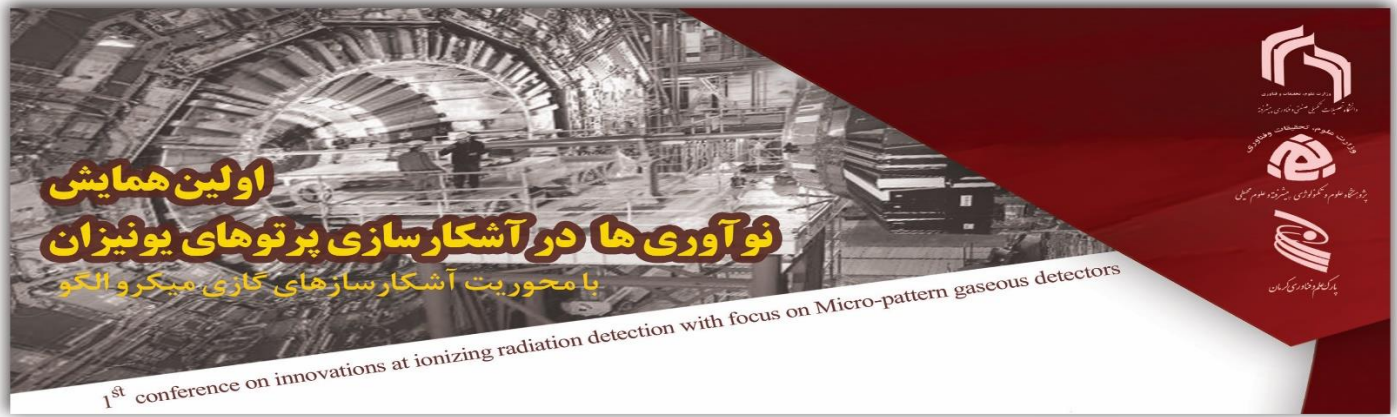
Calculation of radiation hazards caused by granite rocks of Mani region in animal phantom model

Neda Zarei, Mohammadreza Rezaei

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Modern Sciences
and Technologies, Graduate University of Industrial and Advanced Technology, Kerman, Iran

Abstract:

Mani region is a region around Sarcheshmeh copper in Kerman province, which is located on a granite bed. Granite-induced environmental radiation with a specific activity of 5454 Bq/kg poses radiation hazards to humans and animals. According to the calculations that have been done, the resulting dose in a human model is within the permissible annual dose of 5 mSv . In

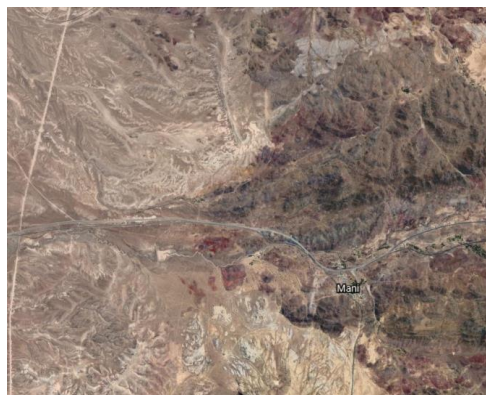


this study, the hazards caused by granite rock in this area in the tissues of an animal model with Monte Carlo code MCNPX were simulated (sheep) and calculated. The results show that the dose is higher than the human limit and less than the 100 mSV recommended by the ICRP Committee for animal models. Other radiation hazard committees such as R_{aeq} , D_r , D_{out} , D_{in} , D_{tot} , H_{ex} , H_{in} , I_y , ELCR have also been investigated in this animal model, which are reported to be more than permissible.

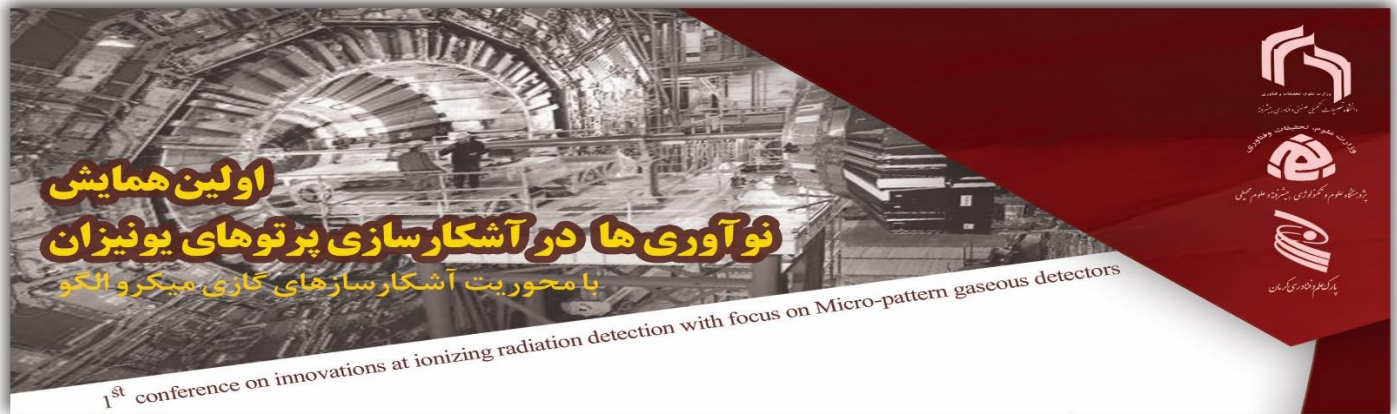
Keywords: Environmental Radiation, Granite, Radiation Hazards, Mani Area, Special Activity, MCNPX

مقدمه

انسان همواره در حال استفاده از گوشت، شیر و محصولات دیگر از گوسفند، گاو و دیگر محصولات حیوانات اهلی است. سلامتی این محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آلودگی‌های تابشی ناشی از تابش‌های زمینی یکی از عواملی است که موجب بروز سرطان و تخریب DNA محصولات حیوانی می‌شود. منطقه مانی یکی از ناحیه‌هایی است که بر بستر سنگ گرانیت رادیواکتیو بالا قرار دارد (شکل ۱)



شکل ۱: منطقه مانی



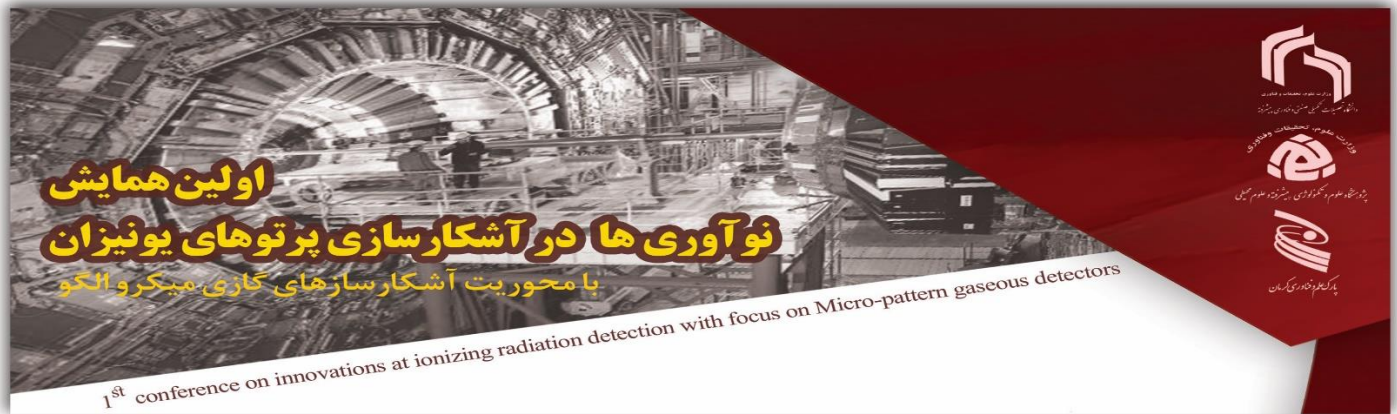
اولین همایش

نوآوری‌ها در آشکارسازی پرتوهای یونیزان

با محوریت آشکارسازهای گازی میکرو الگو

1st conference on innovations at ionizing radiation detection with focus on Micro-pattern gaseous detectors

تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که ساکنین این مناطق فقط از تابش‌های ناشی از سنگ گرانیت میزان دزی در حد دز معادل سالانه غیر از دز ناشی از نتایج دیگر دریافت می‌کنند. بنابراین این افراد بنظر می‌رسد که در معرض مخاطرات تابشی قرار دارند. همچنین کمیت‌های دیگر مخاطرات تابشی مثل R_{aeq} , D_r , D_{out} , D_{in} , D_{tot} , H_{ex} , H_{in} , I_y , ELCR برای افراد این روستا محاسبه شده است. [1] کمیت‌های فوق در محاسبات مدل حیوانی هم یکسان است. بعلاوه وجود حیوانات اهلی مثل گاو، گوسفند در این روستا و باتوجه به مصرف گوشت و محصولات آنها در این تحقیق سعی شده است تا با طراحی یک فانتوم حیوانی (گوسفند) میزان دز سالانه در آن محاسبه و همچنین مخاطرات تابشی برای این مدل نیز محاسبه شود. در محاسبه میزان دز سالانه و مدل حیوانی از ضرایب ذره و بافت انسانی که قبلاً نیز انجام شده است استفاده شده است. نتایج تحقیقات قبلی که با MCNPX انجام شد نشان می‌دهد که تابش‌های زمینه با میزان کم نیز در مدل‌های حیوانی موجب بروز سرطان در ریه، خون و اندام‌های دیگر حیوان می‌شود. کد MCNP یک کد بر اساس روش‌های مونت کارلوست که توانایی ردیابی ۳۲ ذره اتمی و هسته‌ای را دارد. [2] با استفاده از مدل‌های حیوانی اثر تابشی با میزان کم دز در مدل‌های حیوانی بررسی شده است. اثرات تابشی بستگی به آهنگ پرتو و نوع پرتو دارد. دزهای کمتر از 100 mSv بدون تاثیر ولی کمتر از 200 mSv باعث از بین رفتن محدوده تابشی میشود. عموماً تابش‌های با سطح پایین تاثیری در پوست ندارد. [3] بطور کلی در مدل‌های حیوانی دزهای کمتر از 500 mSv در سلولهای حیوانی خود را ترمیم میکنند. همچنین از مدل‌های حیوانی جهت مطالعه رشد یا توقف رشد تومورهای سرطانی استفاده می‌شود. [4-5] هنوز اثر دزهای با شدت کم بر حیوانات در حال بررسی است. [6-9] اخیراً طبق تحقیقات انجام شده است تابش گاما با مدت ۲۳ ساعت در اندام حیوانی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که سطح دز بالا برای ایجاد سرطان لازم است. نتایج دز پایین نشان می‌دهد که مفهوم دز تجمعی یک منحنی کاربردی در این زمینه است. برای تاثیر مدل‌های پایین از مدل یک استفاده شده است. دزهای کمتر از 50 mSv/day باعث ایجاد سرطان در حیوانات نمی‌شود. [10] اخیراً از مدل‌های حیوانی جهت بررسی دز مربوط به استنشاق مواد رادیواکتیو استفاده شده است. از روش‌های شبیه‌سازی جهت مطالعه توزیع دز در حیوانات استفاده شده است. [11] از فانتوم موش جهت مطالعات دزیمتری $18F$ با استفاده از کدهای شبیه‌سازی استفاده شده است. [12,13] ICRP معمولاً با استفاده از مدل‌های ساده حیوانی جهت مطالعات دزیمتری استفاده می‌کنند. از مدل موش در کد MCNP جهت مطالعه مربوط به تشخیص پروتئین در بدن با استفاده از چشمه نوترون کرمان ^{253}Cf با استفاده از تکنیک PGNAA بررسی شده است. [14] از مدل‌های حیوانات جهت مطالعه دز ناشی از تزریق مواد رادیواکتیو به بدن استفاده شده است. [15] از مدل‌های حیوانی



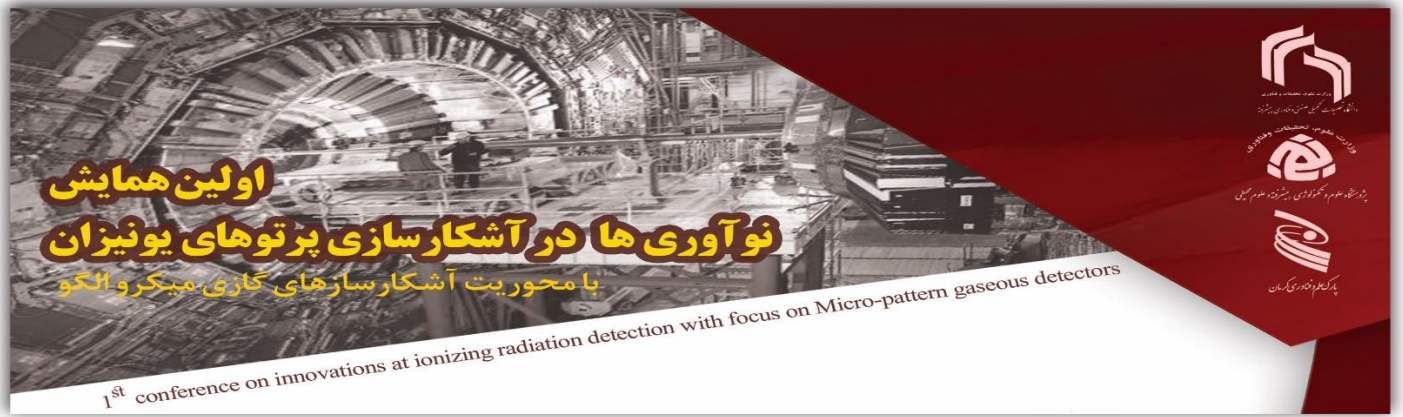
چگالی بافت آنها را بطور یکسان در نظر گرفته اند و چگالی آن را 1.07 فرض کرده اند. [16] همچنین مطالعات دزیمتری برای حیوانات کوچک نیز توسط Patricia L انجام شده است. در تحقیقاتی که انجام شده است از ضرایب انسانی برای محاسبات دزیمتری حیوانی استفاده شده است. [17] اخیراً جهت مطالعات توزیع رادیوداروها در بدن از مدل های حیوانی استفاده شده است. تابش در حیوانات باعث کاهش طول عمر، سرطان خون و ... می گردد. داده های تومور حیوانی نشان می دهد که در حالت دز پایین هیچ آستانه ای وجود ندارد [18] داده های عملی نشان می دهد که تابش گاما و ایکس باعث ایجاد نئوپلاسم در حیوانات می شود. تابش گاما و ایکس در موشها به میزان 0.038 و 800 mGy/min باعث ایجاد سرطان خون می شود. در موشها با تابش در حدود 0.250 Gy گاما سرطان ریه مشاهده شده است. تغییرات DNA ناشی از برهمکنش تابش به اندام حیوانی نیز گزارش شده است. همچنین ریسک های تابش برای دزهای خیلی کم در مدل های حیوانی وجود دارد [19] بنابراین از مدل های حیوانی می توان برای مطالعه تاثیر تابش های با دز پایین استفاده کرد. ولی بطور کلی تابش های با دز کمتر از 100 mGy خطر چندانی ندارند. آزمایشات حیوانی ... سطح بالا با رابطه ی بین دز و ایجاد سرطان در مدل های حیوانی در دزهای پایین و بالا بدست آمده است. نتایج یک تحقیق نشان می دهد که احتمال ابتلا به سرطان در دزهای پایین در مدل های حیوانی وجود دارد. [20] نتایج این تحقیق با استفاده از کد MCNP شبیه سازی شده و میزان اکتیویته و درصد عناصر U, Th, K, Cs نیز با استفاده از آشکارساز CSI(Tl) بدست آمده است. چگونگی انجام کار را در ادامه توضیح داده خواهد شد

روش کار

ابتدا نمونه هایی از سنگ گرانیت روستای مانی جمع آوری و میزان اکتیویته سنگ و میزان اکتیویته عناصر U, Th, K, Cs در این نمونه با استفاده از آشکارساز CSI(Tl) بدست می آید. در محاسبه این اکتیویته از مشخصات آشکارساز مطابق جدول (۱) استفاده شده است. بعد از محاسبه میزان اکتیویته مخاطرات تابشی ناشی از سنگ گرانیت محاسبه می شود. این مخاطرات تابشی از منطقه مانی بدست می آیند.

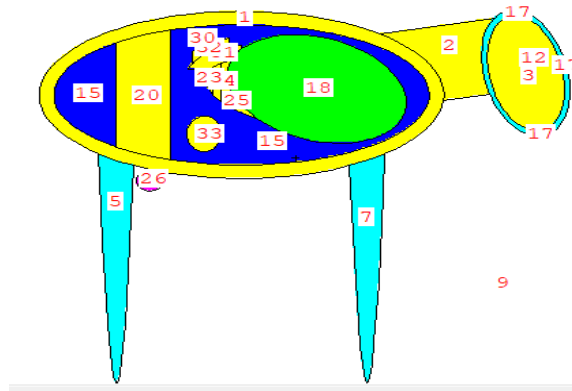
جدول ۱: اکتیویته عناصر منطقه مانی

element	E(keV)	I_{γ}	ϵ
^{232}Th	238.63	43.50	0.875
^{238}U	295.21	19.20	0.675
^{238}U	351.92	35.10	0.545
^{232}Th	583.19	30.58	0.295
^{238}U	609.32	44.60	0.279
^{137}Cs	661.61	87.50	0.253

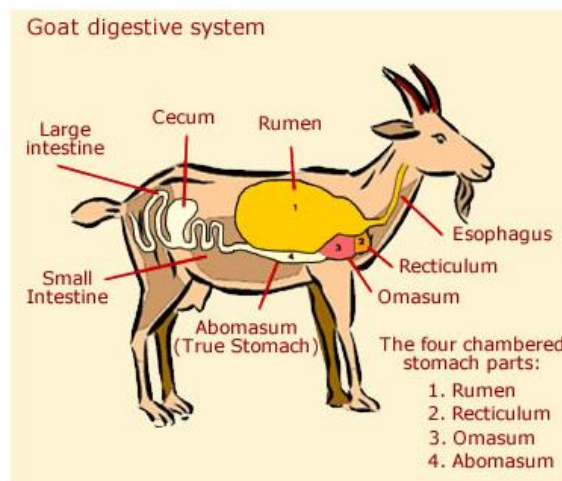


^{232}Th	911.16	26.60	0.171
-------------------	--------	-------	-------

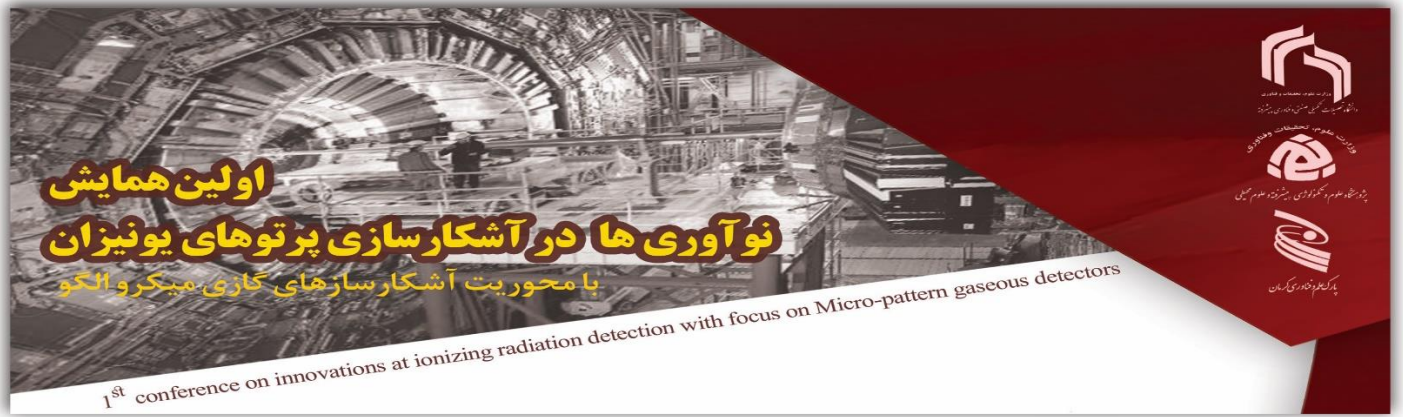
مهمترین کمیت در بررسی مخاطرات تابشی محاسبه میزان دز سالانه در یک نمونه یا فانتوم حیوانی است. جهت انجام این عمل ابتدا فانتوم گوسفند با توجه به ابعاد و درصد عناصر موجود در هر یک از بافت‌های حیوانی طراحی شده است. شکل ۲ و ۳ ناشی از این فانتوم حیوانی را نشان می‌دهد.



شکل ۲: فانتوم حیوانی



شکل ۳: شماتیک آناتومی گوسفند



با استخراج طیف گامای ناشی از سنگ گرانیات و تعریف آن بعنوان چشمه در زیر پای فانتوم حیوانی میزان دز سالانه محاسبه می شود. برای محاسبه میزان دز موثر سالانه بر حسب Sv از ضرایب جدول ۲ استفاده شده است. (ICRP-103) [21]

جدول ۲: ضرایب بافت فانتوم حیوانی

liver	0.04
kidney	0.12
testicle	0.12
brain	0.01
tail	0.1
skeleton	0.06
skeleton	0.06
heart	0.12
small	0.005
large	0.005
cecum	0.005
rectum	0.024
romen2	0.024
romen1	0.024
Masum	0.024
stomach	0.024
lung	0.12
Soft	0.12
skin	0.01
Organ	Tissue Weight

مخاطرات تابشی

با استفاده از فرمولهای (۱-۱۰) میتوان مخاطرات تابشی را بدست آورد. [۲۲-۳۸].

فعالیت معادل رادیوم

$$R_{\text{aeq}} = A_U + 1.43 \times A_{\text{Th}} + 0.077 \times A_K \quad (1)$$

دز جذبی در هوا

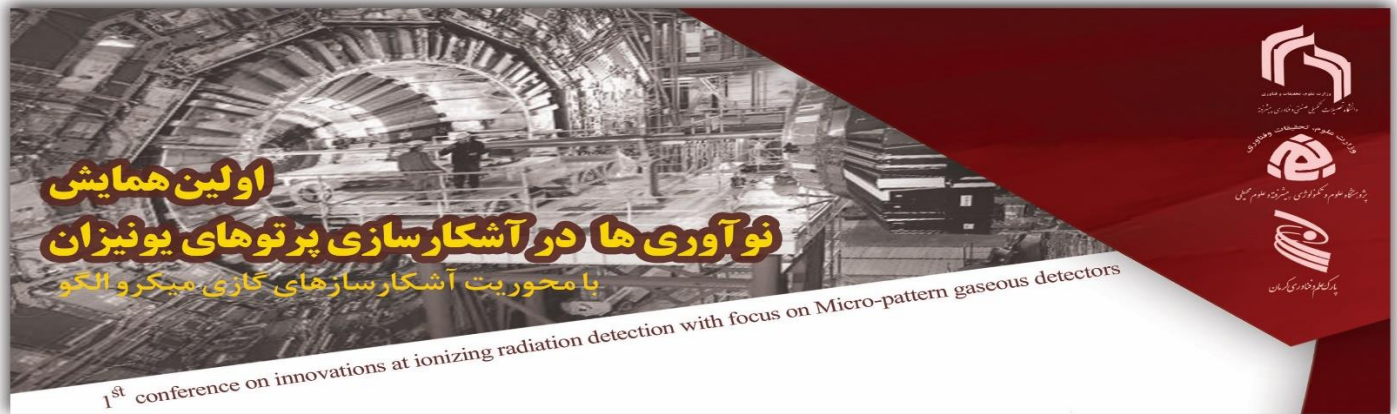
$$D_r (\text{nGy.h}^{-1}) = 0.427 \times A_U + 0.662 \times 0.043 \times A_K \quad (2)$$

$$D_\gamma (\text{nGy.h}^{-1}) = 0.427 \times A_U + 0.662 \times 0.043 \times A_K + 0.03 \times A_C + 34 \quad (3)$$

دز معادل سالیانه

$$D_{\text{out}} (\text{mSv.y}^{-1}) = D_r (\text{mGy.h}^{-1}) \times 24\text{h} \times 365.25\text{d} \times 0.2 \times 0.7\text{Sv.Gy}^{-1} \times 10^{-6} \quad (4)$$

$$D_{\text{in}} (\text{mSv.y}^{-1}) = D_r (\text{mGy.h}^{-1}) \times 24\text{h} \times 365.25\text{d} \times 1.4 \times 0.8 \times 0.7\text{Sv.Gy}^{-1} \times 10^{-6} \quad (5)$$



$$D_{\text{tot}} (\text{m Sv. y}^{-1}) = D_{\text{out}} + D_{\text{in}} \quad (6)$$

خطرات تشعشعات خارجی و داخلی

$$H_{\text{ex}} = A_U / 370 + A_{\text{Th}} / 259 + A_K / 4810 \quad (7)$$

$$H_{\text{in}} = A_u / 185 + A_{\text{Th}} / 259 + A_k / 4810 \quad (8)$$

شاخص سطح داریواکتیو

$$I_\gamma = A_u / 150 + A_{\text{Th}} / 100 + A_k / 1500 \quad (9)$$

ریسک ابتلا به سرطان

$$\text{ELCR} = D_{\text{tot}} \times D_L \times R_F \quad (10)$$

محاسبه دز جذبی و دز معادل

با دستور F6 Tally، دوز دریافتی در اندام های مدل حیوانی با واحد MeV/g محاسبه می شود. برای تبدیل MeV/g به Sv/Annual ضرب λ که در معادله ۱۱ معرفی شده است، در نتایج Tally F6 ضرب می شود.

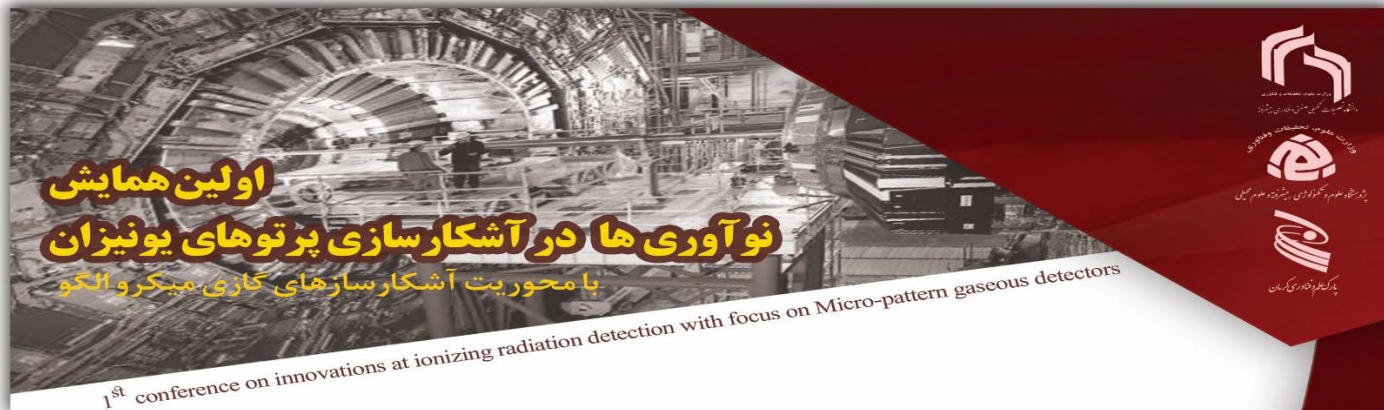
$$D = \lambda \times F6, \lambda = \eta \cdot A \cdot \rho \cdot V \cdot t \cdot W_R \cdot W_T \quad (11)$$

η ضریب 1.6×10^{-11} برای تبدیل MeV/g به Gy است، A فعالیت ویژه گرانیت است که برابر با مجموع فعالیت U ^{232}Th ، ^{235}U ، ^{40}K ، ^{232}Th و ^{137}Cs به صورت ρ $A = A_K + A_U + A_{\text{Th}} + A_{\text{CS}} = 4,250.2 \text{ Bq/kg}$ است. چگالی سنگ برابر با 2750 kg/m^3 کیلوگرم بر متر مکعب است. V حجم سنگ گرانیتی تحت فانتوم حیوانی است زیرا $V = 16 \text{ m}^3$ و $4 \times 4 \times 1 \text{ m}^3$ عوامل تشعشع و وزن بافت هستند. فاکتور وزنی تشعشع W_R برای گاما $W_R = 1$ است و فاکتورهای وزنی بافت W_T طبق گزارش ICRP 103 مطابق جدول بالا آمده است.

نتایج

نتایج محاسبه مخاطرات تابشی ناشی از سنگ گرانیت منطقه مانی در مدل حیوانی شبیه به فانتوم انسانی در این منطقه است که قبلا محاسبه شده است [1] و در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج محاسبه مخاطرات تابشی ناشی از سنگ گرانیت منطقه مانی در مدل حیوانی



Location	Radium equivalent Activity R_{eq} (Bq/kg)	Absorbed dose Rate in air D_r (mGy.h-1)	Annual effective dose equivalent(out) D_{out} (nGy.h-1)	Annual effective dose equivalent (in) D_{in} (nGy.h-1)	Total D_{tot} (nGy.h-1)	External radiation hazard indices H_{ex}	internal radiation hazard indices H_{in}	Radioactivity level index I_r	Excess lifetime cancer risk ELCR
Mani	4689.598	2.19	2.69	15.04	17.73	12.66	14.60	32.68	5.44E-4

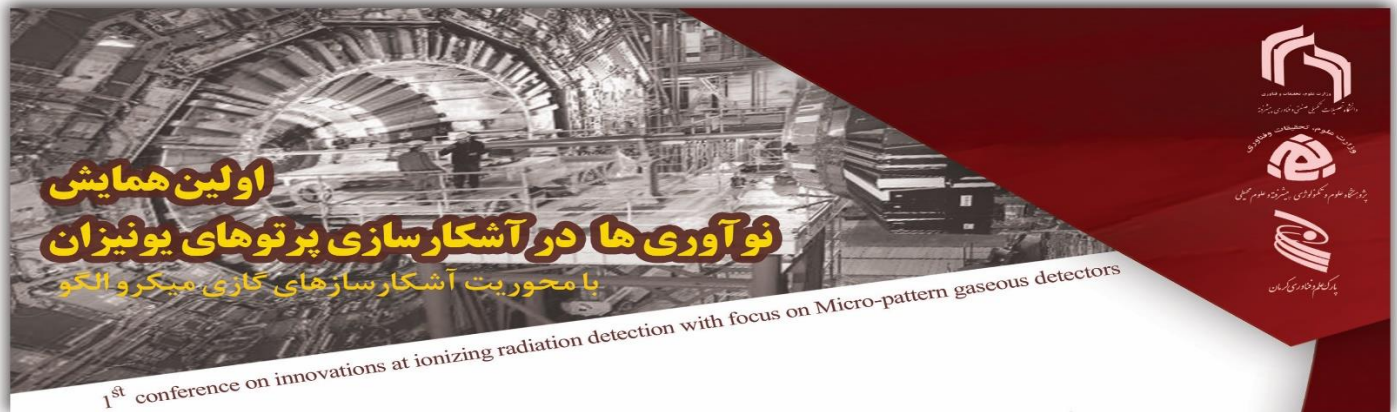
نتایج دزیمتری

دوز موثر سالانه در اندام‌های یک بز در منطقه مانی با رابطه (۱۱) محاسبه شد. برای محاسبه فوق ضریب λ برابر خروجی کد MCNP با تالی f6 بر حسب MeV/g به گری تبدیل شد.

بررسی دز جذبی سالانه و دز معادل در ارگان‌های فانتوم حیوانی بر حسب سیورت و گری

جدول ۴: دز جذبی و دز موثر در ارگانهای مدل حیوانی

Organ	out(MeV/g)	convert to Gy=1.6*10 ⁻¹⁰	Effective dose(sv)	Annual Dose(Gy/year)
skin	2.36E-08	3.77E-18	0.00089	2.20E-11
Soft tissue	1.88E-08	3.02E-18	0.001778	1.76E-11
lung	1.08E-07	1.73E-17	0.012272	1.01E-10
stomach	4.96E-09	7.94E-19	0.000112	4.63E-12
masum	1.36E-08	2.18E-18	0.000309	1.27E-11
romen1	1.37E-08	2.19E-18	0.00031	1.28E-11
romen2	8.29E-08	1.33E-17	0.001876	7.73E-11
recticulum	2.54E-08	4.07E-18	0.000576	2.37E-11
cecum	7.07E-07	1.13E-16	0.003334	6.60E-10
large intestine	1.80E-09	2.89E-19	8.51E-06	1.68E-12
small intestine	4.24E-10	6.78E-20	2E-06	3.96E-13
heart	2.16E-08	3.46E-18	0.000306	2.02E-11
neck	1.59E-08	2.54E-18	0.008038	1.48E-11



head	2.29E-08	3.67E-18	0.053708	2.14E-11
skeletone	1.42E-07	2.27E-17	0.008038	1.33E-10
skeletone	9.49E-07	1.52E-16	0.053708	8.85E-10
brain	3.29E-09	5.26E-19	3.1E-05	3.07E-12
testicle	6.59E-09	1.05E-18	0.000497	6.15E-12
kidney	1.55E-09	2.48E-19	2.2E-05	1.45E-12
liver	1.63E-08	2.61E-18	0.000617	1.52E-11
دز موثر معادل سالیانه = 110.3 mSv				

نتیجه گیری و جمع بندی

در این مقاله مخاطرات تابشی ناشی از سنگ گرانیت موجود در منطقه مانی در بافت‌های مدل حیوانی (گوسفند) با استفاده از نتایج عملی و شبیه‌سازی محاسبه شده است. مخاطرات تابشی شامل $R_{a_{eq}}$, D_r , D_{out} , D_{in} , D_{tot} , H_{ex} , H_{in} , I_y , $ELCR$ است که در گوسفندان این منطقه بیشتر از حد مجاز است. جهت محاسبه دز جذبی و دز معادل سالانه از کد $MCNPX$ استفاده شده است. جهت اجرای کد نیاز به فانتوم حیوانی احساس می‌شود که با توجه به مشخصات گوسفندان این فانتوم نوشته شد. نتایج نشان می‌دهد که بافت‌های معده و ریه بیشترین دز جذبی سالانه را دارند. جهت محاسبه مخاطرات ناشی از میزان دز معادل سالانه، میزان دز جذبی هر بافت در ضریب W_R ذره که برابر ۱ برای گاما می‌باشد در نظر گرفته شده است. همچنین ضریب وزنی هر بافت نیز با توجه به گزارش ICRP 103 در محاسبات تاثیر داده شده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که دز معادل سالانه برای این حیوان در حد 110 mSv می‌باشد که بیشتر از حد مجاز سالانه 5mSv برای انسان و 100 mSv برای حیوانات می‌باشد. در نتیجه باتوجه به محاسبه مخاطرات تابشی، میزان دز معادل سالانه تابشی مجاز ناشی از سنگ گرانیت با اکتیویته 5454 Bq/kg در گوسفندان منطقه مانی بیشتر از حد مجاز سالانه است.

مراجع

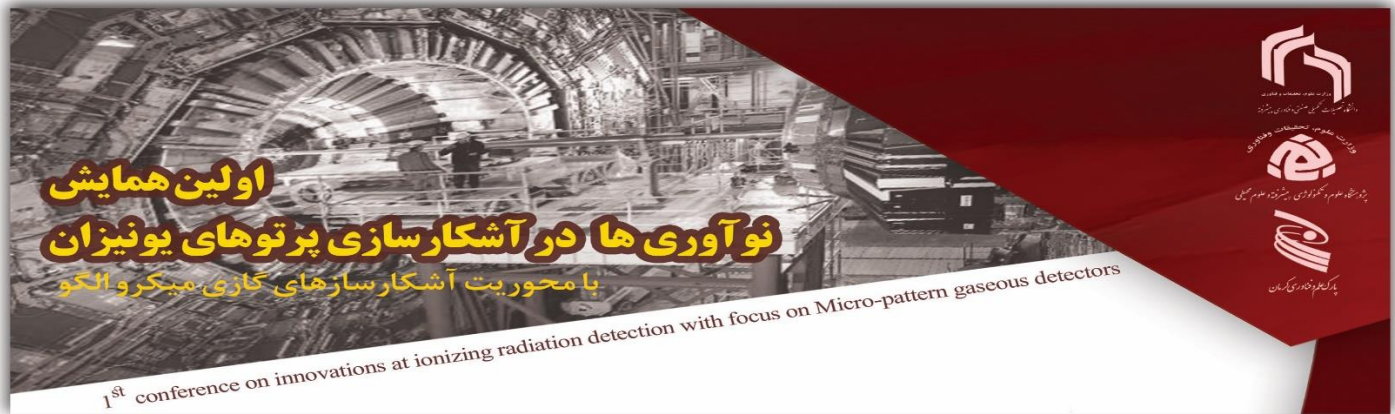
ن زارعی، م ر رضایی رایینی نژاد، برآورد مخاطرات تابشی ناشی از سنگ گرانیت روستاهای ده‌سیاهان، خانمان و مانی شهرستان رفسنجان استان کرمان، مرداد ۱۴۰۰، کاشان، ایران

[2] Hendricks, J. S. (2003). *MCNPX model/table comparison* (No. LA--14030). Los Alamos National Lab. Edited by Lisa Rothrock, Group IM-1 Prepared by Tamara Hallman, Plus Group, USA

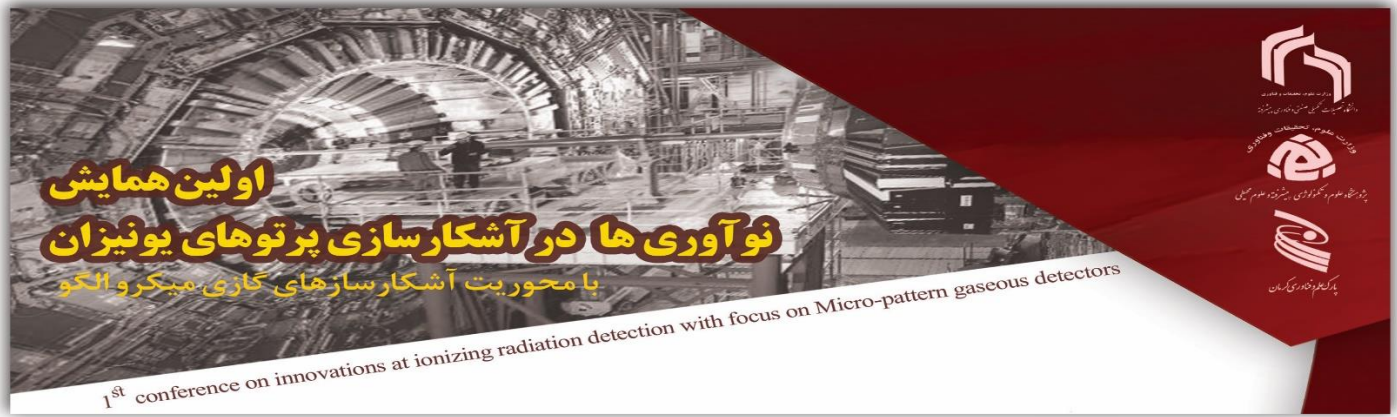
[3] R. Winkler-Heil, M. Hussain and W. Hofmann, *Radiat. Environ. Biophys.*, 2015, 54, 225

[4] J Korean Med Sci. 2016 Feb;31(Suppl 1):S10-S23. English.

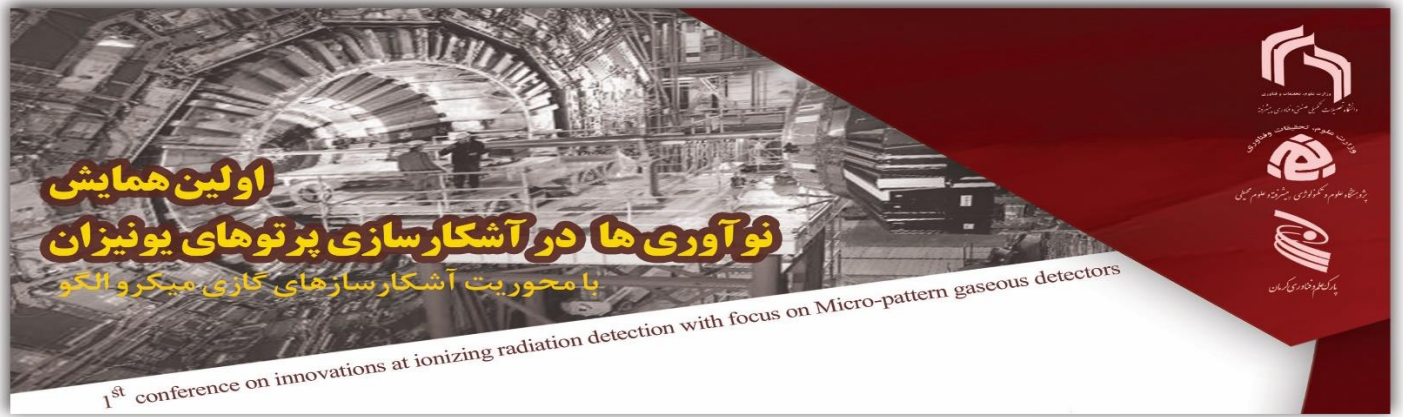
Published online Jan 28, 2016. <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.S1.S10>



- [5] Tang FR, Loke WK, Khoo BC. Low-dose or low-dose-rate ionizing radiation-induced bioeffects in animal models. *J Radiat Res.* 2017;58(2):165–182.
- [6] [Dose Response](#). 2018 Jul-Sep; 16(3): 1559325818796331. Published online 2018 Sep 19. doi: [10.1177/1559325818796331](https://doi.org/10.1177/1559325818796331)
- [7]. Hatch M, Ron E, Bouville A, et al. . The Chernobyl disaster: cancer following the accident at the Chernobyl nuclear power plant. *Epidemiol Rev* 2005;27:56–66. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [8]. Cardis E, Howe G, Ron E, et al. . Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on. *J Radiol Prot* 2006;26:127–40. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [9] Busby CC. Very low dose fetal exposure to Chernobyl contamination resulted in increases in infant leukemia in Europe and raises questions about current radiation risk models. *Int J Environ Res Public Health* 2009;6:3105–14. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [10] Shah DJ, Sachs RK, Wilson DJ. Radiation-induced cancer: a modern view. *Br J Radiol* 2012;85:e1166–73. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- [11] Brooks AL. The impact of dose rate on the linear no threshold hypothesis. *Chemico-biological interactions.* 2019 Mar 1;301:68-80.
- [12] Diel J, Belosokhov M, Romanov S, Guilmette R. Microscopic dose to lung from inhaled alpha emitters in humans. *Radiation protection dosimetry.* 2007 Nov 1;127(1-4):23-6.
- [13] Mendes BM, Ferreira AV, Nascimento LT, Ferreira SM, Silveira MB, Silva JB. New radiation dosimetry estimates for [18F] FLT based on voxelized phantoms. *Radiation research.* 2018 Jul;190(1):37-44.
- [14] Assessment of Internal Absorbed Dose in the Human Abdominal Organs from Two Renal Radiopharmaceuticals Based on Experimental Mouse Data BentolHoda Mohammadi¹, Seyed Pezhman Shirmardi^{2,*}, Mostafa Erfani², AA Shokri¹
- [15] Stamatelatos IE, Boozer CN, Ma R, Yasumura S. In-vivo assessment of total body protein in rats by prompt-gamma neutron activation analysis. In *International Conference Neutrons in Research and Industry* 1997 Feb 27 (Vol. 2867, pp. 379-382). International Society for Optics and Photonics.
- [16] Beaugelin-Seiller, K., Jasserand, F., Garnier-Laplace, J. and Gariel, J.C., 2006. Modeling radiological dose in non-human species: principles, computerization, and application. *Health physics*, 90(5), pp.485-493.
- [17] Hosseini A, Beresford NA, Brown JE, Jones DG, Phaneuf M, Thørring H and Yankovich T (2010). Background dose-rates to reference animals and plants arising from exposure to naturally occurring radionuclides in aquatic environments. *J. Radiol. Prot.* 30 : 235–264
- [18] Yeasmin SM. Radiation protection management in several X-ray installations of Narayangonj.
- [19] Land CE, Jeggo PA, Kellerer AM, Little JB, Pierce DA, Ullrich RL, Beral V, Gilbert ES, Mabuchi K, Sinclair WK, Tao Z. Committee 1 Task Group Report Low-dose Extrapolation of Radiation-Related Cancer Risk.
- [20] Annex D, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. Investigation of I. 2000;125.
- [21] 2-Protection, R., 2007. ICRP publication 103. *Ann ICRP*, 37(2.4), p.2.

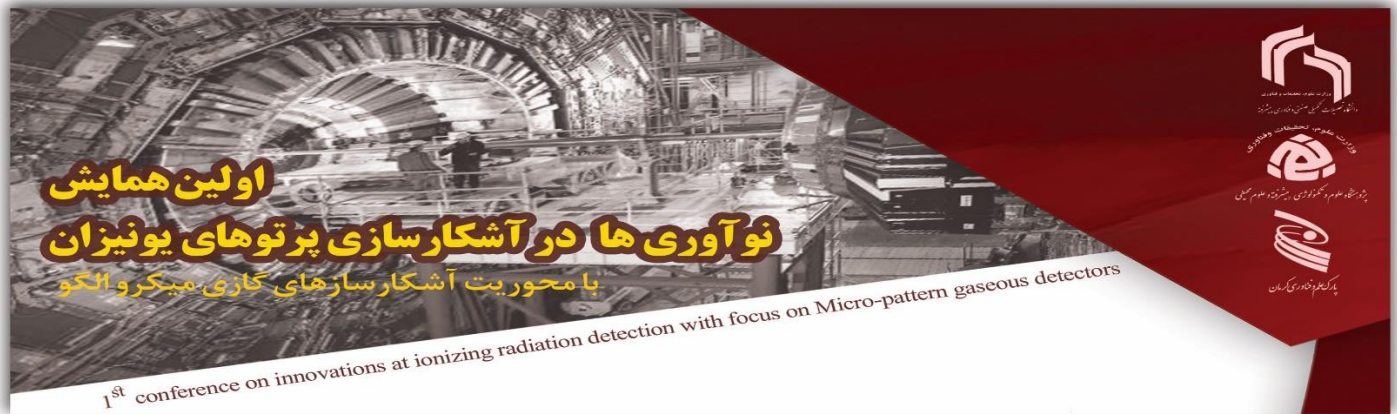


- [22] Papastefanou C. Measurement of naturally occurring radionuclides with several detectors: advantages and disadvantages. In *New Techniques for the Detection of Nuclear and Radioactive Agents 2009* (pp. 221-246). Springer, Dordrecht.
- [23] Dabayneh K, Mashal L, Hasan F. Radioactivity concentration in soil samples in the southern part of the West Bank, Palestine. *Radiat Prot Dos* 2008; 131: 265-271.
- [24] Thabayneh K, Jazzar M. Natural radioactivity levels and estimation of radiation exposure in environmental soil samples from Tulkarem Province –Palestine. *Open J Soil Sci* 2012; 2: 7–16.
- [25] Faweya E, Babalola A. Radiological safety assessment and occurrence of heavy metals in soil from designated waste dumpsites used for building and composting in Southwestern Nigeria. *Arab J Sci Eng* 2010; 35: 220.
- [26] Meyerhof WE. *Elements of Nuclear Physics*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1967.
- [27] Huy N, Luyen T. Study on external exposure doses from terrestrial radioactivity in Southern Vietnam. *Radiat Prot Dos* 2005; 118: 331–336.
- [28] Abdel-Ghany H. Natural activities of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in manganese ore. *Am Env Sci* 2010; 6: 90–94
- [29] Alharbi W, AlZahrani J, Abbady A. Assessment of radiation hazard indices from granite rocks of the South-Eastern Arabian Shield, Kingdom of Saudi Arabia. *Austr J Basic Appl Sci* 2011; 5: 672–682.
- [30] El-Shershaby A, El-Bahi S, Walley El-Din N, Dabayneh K. Assessment of natural and man-made radioactivity levels of the plant leaves samples as bio-indicators of pollution in Hebron district-Palestine. *Arab J Nucl Sci Appl* 2006; 39: 232–242.
- [31] Fatima I, Zaidi J, Arif M, Daud M, Ahmad S, Tahir S. Measurement of natural radioactivity and dose rate assessment of terrestrial gamma radiation in the soil of southern Punjab, Pakistan. *Radiat Prot Dosim* 2008; 128: 206–212.
- [32] UNSCEAR. *Report to the General Assembly*. New York, NY, USA: UNSCEAR, 1993.
- [33] Veiga R, Sanches N, Anjos RM, Macario K, Bastos J, Iguatemy M, Aguiar JG, Santos AM, Mosquera B, Carvalho C et al. Measurement of natural radioactivity in Brazilian beach sands. *Rad Meas* 2006; 41: 189–196.
- [34] Shams I, Mohamed U, Reda E. Gamma radioactivity measurements in Nile River sediment samples. *Turkish J Eng Env Sci* 2013; 37: 109–122
- [35] Huy N, Luyen T. Study on external exposure doses from terrestrial radioactivity in Southern Vietnam. *Radiat Prot Dos* 2005; 118: 331–336
- [36] Mahur A, Kumar R, Mishra M, Ali S, Sonkawade R, Singh B, Bhardwaj V, Prasad R. Study of radon exhalation rate and natural radioactivity in soil samples collected from east Singhbhum Shear zone in Jaduguda U-Mines Area, Jharkhand, India and its radiological implications. *Ind J Pure Appl Phys* 2010; 48: 486–492.
- [37] Beretka J, Mathew P. Natural radioactivity in Australian building materials, industrial waste and by-products. *Health Phys* 1985; 1: 87–95
- [38] UNSCEAR. *Report to the General Assembly*. New York, NY, USA: UNSCEAR, 2000
- [39] Al-Saleh F, Al-Berzan B. Measurements of natural radioactivity in some kinds of marble and granite used in Riyadh Region. *J Nuclear Rad Phys* 2007; 2: 25–36



[40] Ramasamy V, Suresh G, Meenakshisundaram V, Gajendran V. Evaluation of natural radionuclide content in river sediments and excess lifetime cancer risk due to gamma radioactivity. *Res J Env Earth Sci* 2009; 1: 6–10.

[41] Taskin H, Karavus M, Ay P, Topuzoglu A, Hindiroglu S, Karahan G. Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to the gamma radioactivity in Kirklareli, Turkey. *J Env Radiat* 2009; 100: 49–53.



بررسی تولید اشعه ایکس با استفاده از ذرات باردار

محمد رضا رضایی^{1*}، سعیده خضری پور¹

1. گروه مهندسی هسته ای؛ دانشکده علوم و فن آوری های نوین دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان

*آدرس رایانامه نویسنده مسئول : mr.rezaie@kgut.ac.ir

چکیده

ذرات باردار در اثنای متوقف شدن در محیط بعلت یونیزاسیون و برانگیخته کردن اتمها تابشهای الکترومغناطیسی از خود گسیل میکنند. طیف انرژی و شدت تابش به جنس و درصد عناصر موجود در هدف و ضخامت آن بستگی دارد. با قرار دادن لایه هایی از فلزات و مواد مختلف و تغییر ضخامت آنها در جلوی پنجره ورودی یک آشکار سوسوزن (CsI(Tl)، طیف اشعه ایکس تولید شده بررسی شده است.

واژه های کلیدی

اشعه ایکس، تابش الکترومغناطیسی، آشکار ساز سوسوزن

Investigation of the X ray Production by Charged Particles

Mohammad Reza Rezaei^{1*}, Saeedeh Khezripour¹

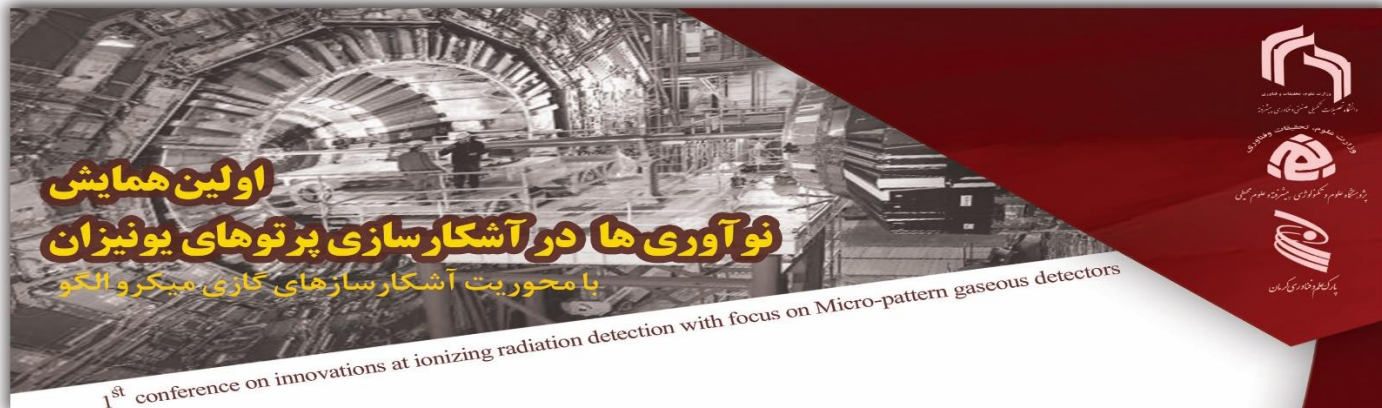
1. Department of Nuclear Engineering, Faculty of Modern Sciences and Technologies, Graduate University of Industrial and Advanced Technology, Kerman, Iran

Email of the responsible author: mr.rezaie@kgut.ac.ir

Abstract:

Charged particles emit electromagnetic radiation in the environment due to ionization and exciting atoms. The energy spectra and the intensity of the radiation are dependent on the kind, the percentage of the elements in the target and the thickness. By placing layers of metals and various materials and altering their thickness at the front of the entrance window of scintillation detector, a produced X-ray spectrum was investigated.

Keywords : x-ray, electromagnetic radiation, scintillation detector



اولین همایش

نوآوری ها در آشکارسازی پرتوهای یونیزان

با محوریت آشکارسازهای گازی میکرو الگو

1st conference on innovations at ionizing radiation detection with focus on Micro-pattern gaseous detectors

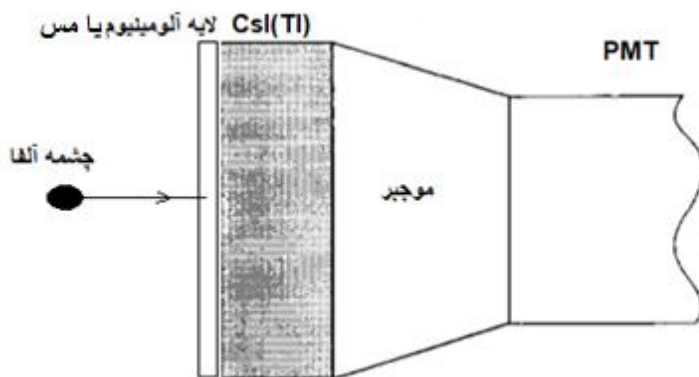


مقدمه

تاکنون اشعه ی ایکس به روش های مختلف اتمی و هسته ای تولید شده است [1-3]. از جمله مهمترین روش های اتمی، توقف الکترونها در عناصر مختلف است که توسط محققان مختلفی بررسی و بهینه سازی شده است [4,5]. همچنین با روش تریبولکتريک نیز اشعه ی ایکس تولید شده است [6]. در روش تریبولکتريک با مالش دادن دو ماده ی عایق با خاصیت الکترونکاتیویته ی مختلف و حرکت آنها در فاصله ی مناسب از یک فلز، اشعه ی ایکس قابل تولید است [7,8]. صفحات عایق مالش داده شده، بار الکتريکی تولید کرده و در فاصله ای مناسب از یک فلز، تخلیه ی الکتريکی اتفاق می افتد که در اثر توقف الکترون ها در هدف، اشعه ی ایکس تولید می شود [9]. بهره ی تولید اشعه ی ایکس، بستگی به فشار گاز و محفظه دارد و با کاهش فشار، افزایش می یابد. همچنین تولید اشعه ی ایکس با توقف پرتوهای رادیواکتیو نیز انجام شده است [10-12]. در سال ۲۰۱۷ آقای ریدوان دوراک با استفاده از تابش های هسته ای چشمه ی ^{241}Am در $\text{Gd, Eu, Sm, Nd, Pr}$ و Tb ، اشعه ی ایکس تولید کرده اند [13]. یکی از کارآمدترین روشهای تولید اشعه ایکس استفاده از چشمه های رادیواکتیو است. تابش های هسته ای که با انرژی های مختلف بر نمونه های جامد و مایع فرود می آیند بر روی هدف موردنظر متوقف شده و تابش ایکس ایجاد می شود. طیف اشعه ایکس بستگی به ترکیب مواد، نوع چشمه و انرژی چشمه دارد. در این تحقیق سعی می شود که با مطالعه ی روش های قبلی، روش های جدیدی برای تولید اشعه ایکس در اثر برهم کنش های متفاوت هسته ای پرتوهای رادیواکتیو با عناصر و مواد مختلف با درصدهای متفاوت بررسی و معرفی گردد.

مواد و روش ها :

لایه هایی با ضخامت های مختلف از جنس آلومینیوم و مس بین یک منبع ^{241}Am و آشکارساز سوسوزن CsI(Tl) قرار گرفته شده است. تعداد فوتونهای دریافت شده در هر کانال انرژی مربوط به پرتوهای ساطع شده در اثر توقف ذرات آلفا و الکترونهای ثانویه در لایه های با ضخامت های مختلف برای مواد با جنس های مختلف در آشکارساز سوسوزن CsI(Tl) بررسی میگردد.

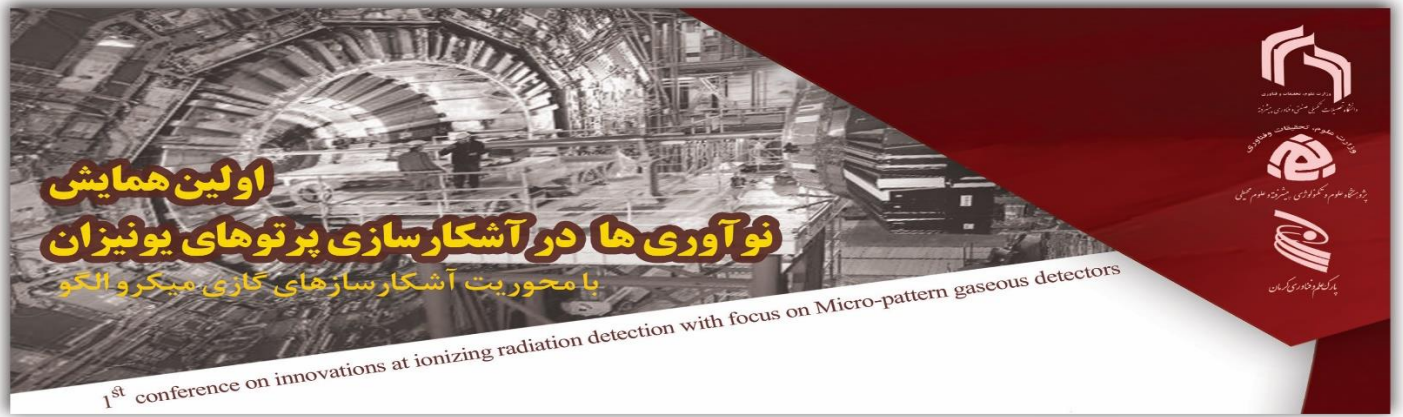


شکل ۱: نمایی از آشکارساز اشعه ایکس تولید شده در اثر توقف ذرات باردار در ماده

با تغییر انرژی چشمه، نوع چشمه، تغییر ابعاد هدف، فاصله ی چشمه تا هدف و تغییر عنصر هدف، میزان و طیف اشعه مورد بررسی قرار گرفته و شرایط آزمایش بهینه سازی می گردد. در نهایت با ساخت چند نمونه از روش های جدید بررسی شده امکان تولید اشعه ی ایکس به صورت عملی بررسی می گردد. جهت اندازه گیری طیف اشعه ی ایکس معمول از آشکارساز CsI(Tl) موجود در آزمایشگاه استفاده می شود. از چشمه های رادیواکتیو موجود در آزمایشگاه هسته ای دانشگاه نیز بعنوان چشمه جهت تولید اشعه ی ایکس توسط هدف های مختلف استفاده شد.

نتایج:

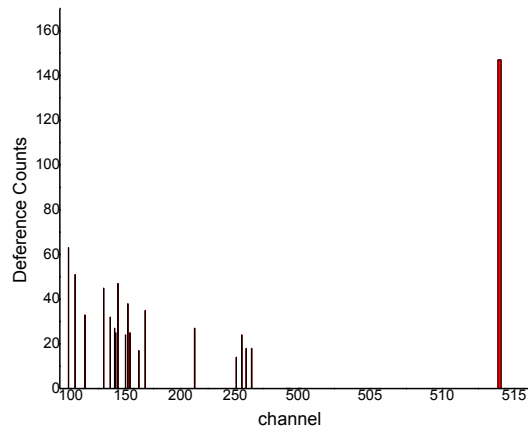
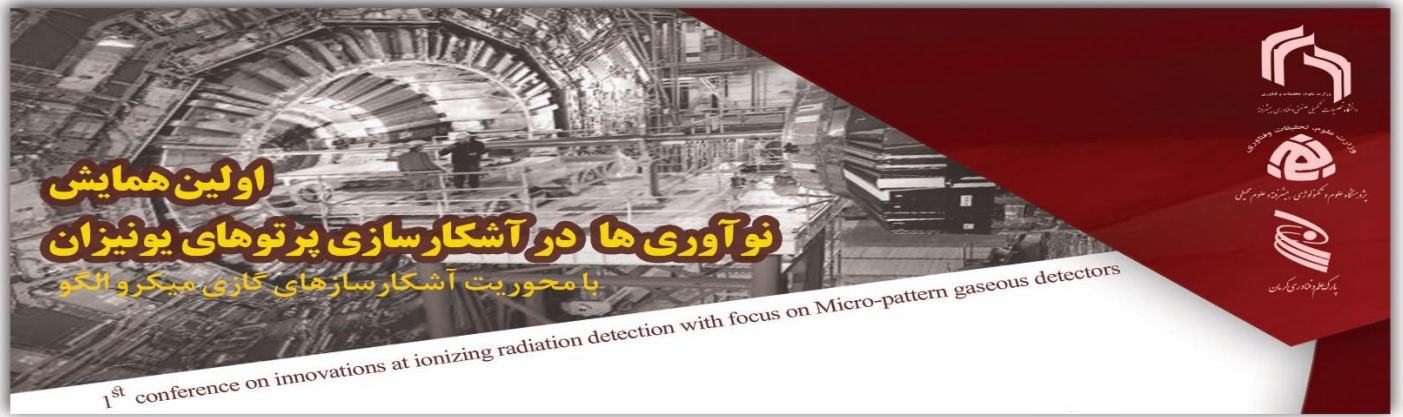
جدول ۱-۳ تغییر شمارش کانال های حساس به فوتون های گسیل شده در اثر توقف ذرات آلفا و الکترون های ثانویه در لایه های مختلف آلومینیوم و مس را نشان میدهد.



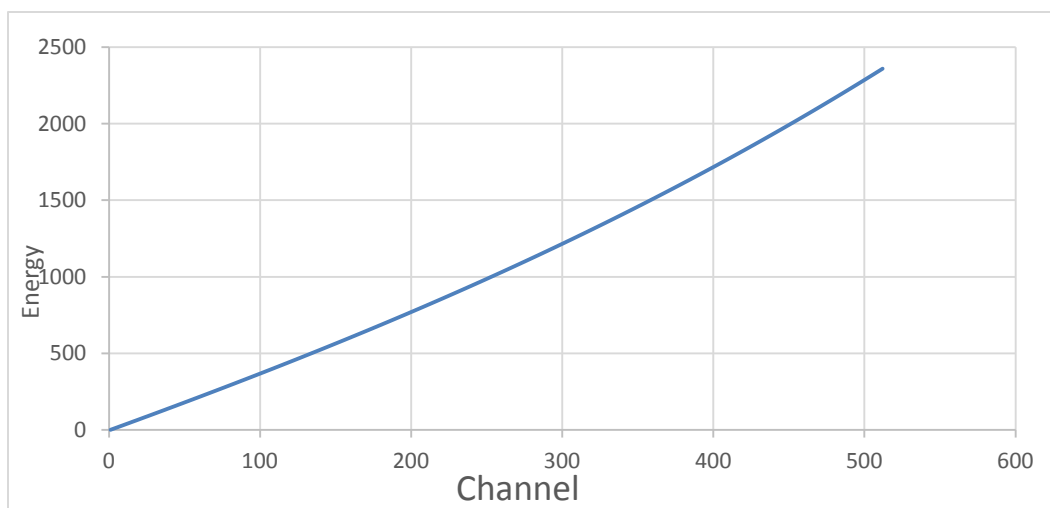
جدول ۱: ماکزیمم اشعه ایکس تولید شده در اثر تابش اشعه آلفای چشمه Am برحسب تعداد لایه های پلاستیک، کاغذ، سرب، آهن، مس و آلومینیوم. ضخامت هر لایه ۱/۰ میلیمتر است.

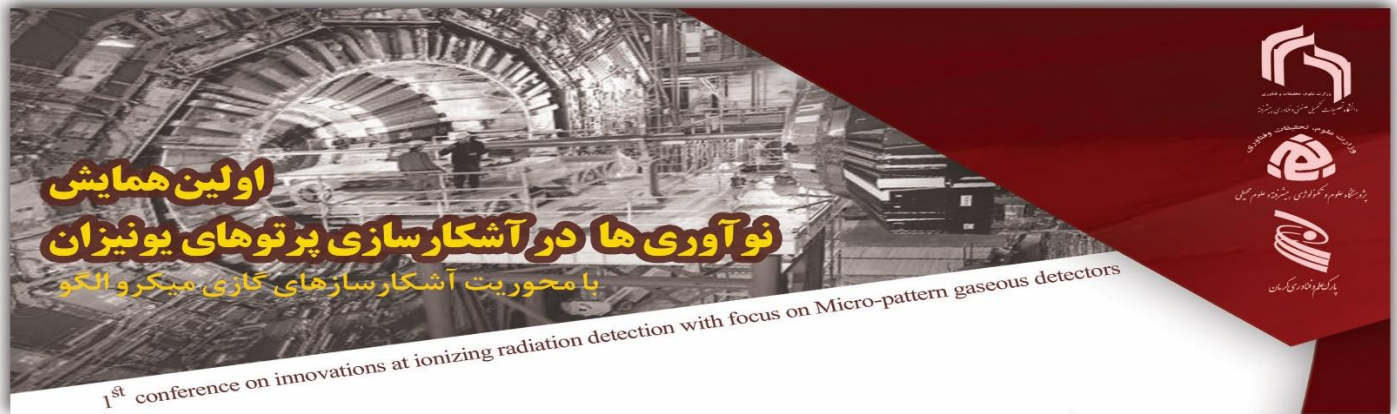
plastic			Paper			Lead			Iron			Copper			Aluminium		
Energy(kev)	Number of sheet	Counts	Energy(kev)	Number of sheet	Counts	Energy(kev)	Number of sheet	Counts	Energy(kev)	Number of sheet	Counts	Energy(kev)	Number of sheet	Counts	Energy(kev)	Number of sheet	Counts
383	1	67	352	4	29	383	3	20	383	2	86	383	4	27	۳۶۰	5	63
391	2	34	356	5	22	580	6	6	457	2	60	۵۷۲	2	18	۳۸۳	4	51
457	2	32	360	2	48	795	3	10	516	2	23	۶۳۷	4	25	۴۱۸	7	33
461	2	12	364	1	29	825	8	13	520	4	18	۶۴۹	4	16	۴۸۴	6	45
468	5	19	357	2	42	1320	1	16	524	3	30	۷۴۸	3	18	۵۰۸	3	32
484	2	37	383	4	78	1334	2	9	528	5	42	۸۲۹	2	19	۵۲۴	4	27
536	3	19	391	2	53	1364	6	12	560	4	32	۱۲۲۹	2	15	۵۲۸	5	25
552	1	15	410	2	13	1600	6	14	564	4	24	۱۳۲۰	1	13	۵۳۶	5	47
560	1	35	457	2	27	1679	8	9	572	2	20	۱۳۴۴	4	11	۵۶۴	7	24
564	4	19	461	2	23	1759	6	11	580	5	36	۱۶۷۹	1	10	۵۷۲	3	38
572	1	39	465	3	38	2266	8	11	637	5	25	۱۷۵۹	3	16	۵۸۰	5	25
637	3	23	484	2	28	2321	8	9	736	2	14	۲۲۱۸	3	11	۶۱۲	5	17
715	3	16	488	1	31				907	3	14				۶۳۷	9	35
1334	1	18	508	2	43				1049	2	20				۸۲۵	2	27
1364	2	13	512	4	16				1201	3	13				۹۹۰	3	14
1373	3	11	524	4	25				1224	3	11				۱۰۱۳	5	24
			528	1	23				1320	4	10				۱۰۳۱	5	18
			536	3	31										۱۰۵۳	8	18
			540	4	22										۲۳۵۸	8	147
			552	1	24												
			560	2	26												

ماکزیمم شمارش خالص در کانالهای حساس در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنین کانالهای سوسوزن با کبالت ۶۰ کالیبره شده و بر حسب انرژی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲: ماکزیمم شمارش خالص مشاهده شده در کانال های حساس





شکل ۳: کالیبره کردن سوسوزن با کبالت ۶۰

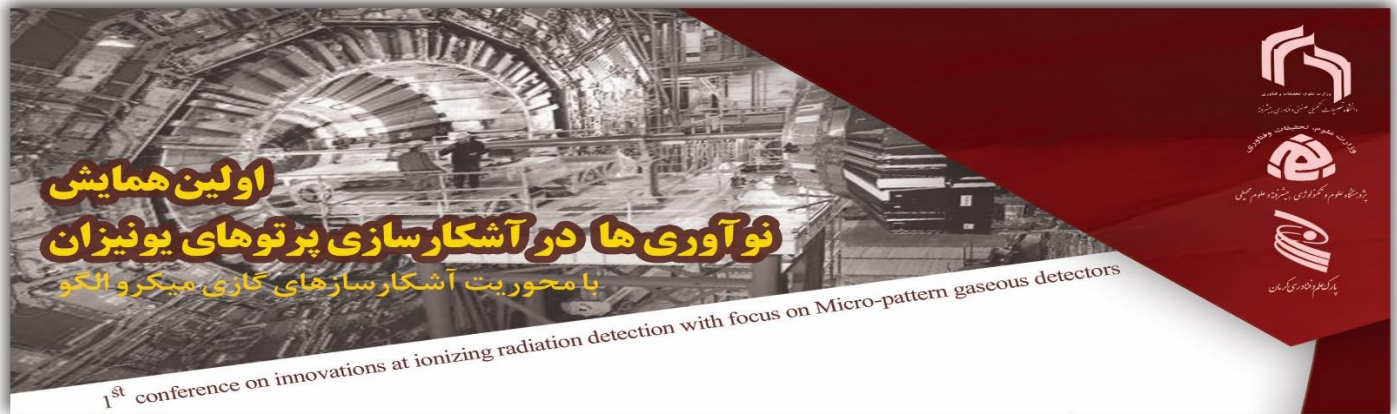
با توجه به نتایج جدول ۱ مشاهده می‌شود که اشعه ایکس با انرژی های 0.383-2.357 MeV در ضخامت‌های 0.1-0.8 mm وجود دارد. اکتیویته چشمه برابر ۵ میکروکوری و شمارش میانگین فوتون‌های دریافت شده در مدت ۱۱۶۰ ثانیه برابر ۳۸۲۱۵ گزارش می‌شود. بنابراین این کانال‌ها، کانال‌هایی هستند که ماکزیمم شدت فوتون‌های گسیل شده در اثر توقف ذرات آلفا و الکترونهای کنده شده در محیط را نشان میدهند. نتایج نشان میدهد که در اثر توقف ذرات آلفا در آهن با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر، بیشترین شدت تابش اشعه ایکس با انرژی ۳۸۳ کیلوالکترون ولت تولید می‌شود. پلاستیک، آلومینیوم، کاغذ، مس و سرب نیز با تابش اشعه ایکس با انرژی ۳۸۳ کیلوالکترون ولت در ضخامت‌های 0.1-0.4 mm در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

بحث و نتیجه گیری

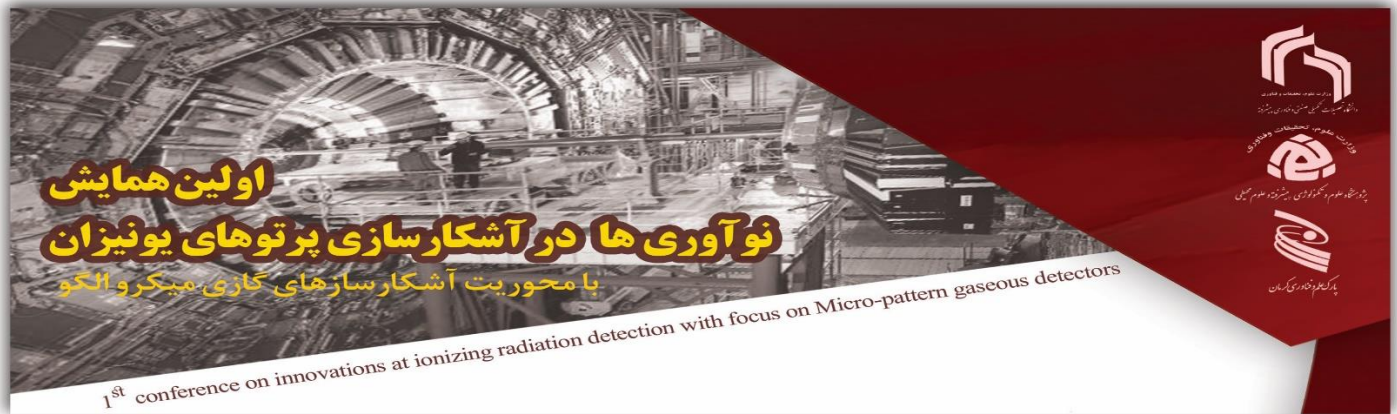
در اثر برخورد آلفا به آلومینیوم و مس و متوقف شدن آن، اشعه ایکس تولید می‌شود که طول موج‌های اشعه ایکس تولید شده در کانال‌های مختلف یک آشکارساز سوسوزن CsI(Tl) بررسی شده است. در این تحقیق آلفای (5.48 MeV) از چشمه (^{241}Am) به اهدافی از جنس‌های پلاستیک، کاغذ، سرب، آهن، مس و آلومینیوم با ضخامت‌های مختلف تابیده شد. ابتدا کانال‌های حساس شناسایی شده و سپس با تفسیر کانال‌ها در ضخامت‌های مختلف بهترین ضخامت‌ها برای مشاهده طیف اشعه ایکس گسیل معرفی شده‌اند. نتایج این تحقیق نشان میدهد که آهن با ضخامت‌های ۰/۲ میلی‌متر بهترین گزینه برای تولید اشعه ایکس با انرژی بین 0.383 – 1.373 MeV است. همچنین آلومینیوم و کاغذ نیز توانایی تولید اشعه ایکس با توزیع یکنواخت به ترتیب در بازه‌های 0.383 – 2.357 MeV و 0.383 – 0.560 MeV را دارند.

مراجع

1. M. Ohura, K. Ozawa, J. Chang, Y. Yamamoto, S. Morita, and K. Ishii, "X-ray production by channeled ions," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, vol. 262, pp. 137-140, 1987.
2. K. Ledingham, S. Abuazoum, T. McCanny, J. Melone, K. Spohr, U. Schramm, et al., "Comparison of hard X-ray production from various targets in air using a short pulse kHz laser with photon production from a high power multifilament laser beam from the same targets in air," arXiv preprint arXiv:1106.4152, 2011.
3. Hessenbruch, "A brief history of x-rays," Endeavour, vol. 26, pp. 137-141, 2002.



4. J. A. Geuther and Y. Danon, "High-energy x-ray production with pyroelectric crystals," *Journal of applied physics*, vol. 97, p. 104916, 2005.
5. P. Mayles, A. E. Nahum, and J.-C. Rosenwald, *Handbook of radiotherapy physics: theory and practice*: CRC Press, 2007.
6. J. Hird, C. Camara, and S. Putterman, "A triboelectric x-ray source," *Applied Physics Letters*, vol. 98, p. 133501, 2011.
7. S. J. Putterman, J. Hird, and C. Camara, "Triboelectric X-ray source," ed: Google Patents, 2015.
8. S. Kneip, "Applied physics: A stroke of X-ray," *Nature*, vol. 473, p. 455, 2011.
9. E. Van Cleve, B. Lucas, Z. Gamlieli, E. Wong, D. Kamkar, G. Jimenez, et al., "Triboelectric generation of x-rays: Pre-dictions and Results," in *Proc. ESA Annual Meeting on Electrostatics*, 2014, p. 1.
10. D. C. Wheeler, E. Bingham, M. Winer, J. M. Conrad, and S. P. Robinson, "Observation of relativistic corrections to Moseley's law at high atomic number," *arXiv preprint arXiv:1809.10480*, 2018.
11. G. Bissinger, J. Joyce, E. Ludwig, W. McEver, and S. Shafroth, "Study of the Production of K X Rays in Ca, Ti, and Ni by 2-28-MeV Protons," *Physical Review A*, vol. 1, p. 841, 1970.
12. S. Kumar, U. Singh, M. Oswal, G. Singh, N. Singh, D. Mehta, et al., "L shell x ray production in high-Z elements using 4–6 MeV/u fluorine ions," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, vol. 395, pp. 39-51, 2017.
13. R. Durak, F. Akman, and A. Karabulut, "Photon-Induced L-Shell X-Ray Production Cross Sections for Lanthanides at 59.54 keV," in *Materials Science Forum*, 2017, pp. 223-226



بکارگیری آشکارسازهای مقیاس ریز هسته ای در راستای عیب یابی فلزات

با استفاده از چشمه نوترون

محمدهادی نجارزاده^۱، محمدرضا رضایی^{۲*}، علی نگارستانی^۳

۱ دانشجوی دکترا، گروه فیزیک هسته ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی پیام نور تهران، ایران. hadinajarzade86@gmail.com

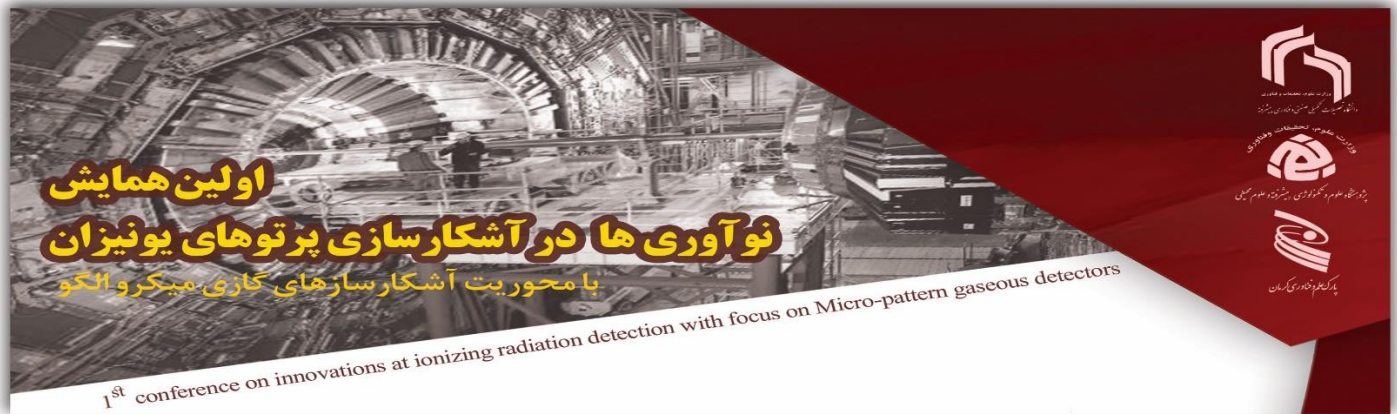
۲ هیئت علمی، گروه مهندسی هسته ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران. mr.rezaie@kgut.ac.ir

۳ هیئت علمی، گروه مهندسی هسته ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

alinegarestani@yahoo.com

چکیده

در این مطالعه برای عیب یابی فلزات، روش آشکارسازی نوترون های عبوری از فلز، پیشنهاد شده است. و برای این منظور یک سیستم آشکارسازی نوترن به روش شبیه سازی با کد هسته ای MCNP طراحی شده که در آن نیازی به دستگاه تقویت الکترونیکی نیست و با کاستن از مدارهای الکتریکی سیستم نسبتا ساده ای از آشکارسازی نوترون را معرفی می کند در همین راستا، طراحی آشکارسازهای گازی مقیاس ریز با نام جم ضخیم (Thgem) در حالتی که این آشکارساز در مد خود فرو نشان (SQS) قرار بگیرد، پیشنهاد شده است. در این سیستم آشکارسازی، در ابتدا نوترون ها پس از برخورد به لایه ای نازک تحت عنوان لایه مبدل، پروتون تولید می کنند. سپس پروتون های تولید شده از این لایه مبدل به آشکارساز جم ضخیم هدایت می شوند و زمانی که آشکارساز در مد خودفرونشان (SQS) قرار بگیرد فرآیند آشکارسازی تکمیل می شود. نتایج نشان می دهد که لایه پلکسی گلاس ۱ میلی متری و لایه آلومینیوم ۰/۱ میلی متر مناسب ترین مواد برای لایه مبدل نوترون به پروتون هستند. در این سیستم آشکارسازی، فاصله تخمینی بین لایه مبدل



و آشکارساز جم ضخیم حدود ۳ سانتی متر تخمین زده شده است. همچنین مد خودفروشان (SQS) در بیشترین تعداد سوراخهای آشکارساز جم ضخیم زمانی اتفاق می افتد که ولتاژی در محدوده ۹۰۰ ولت، به دو انتهای این آشکارساز اعمال شود. از مزایای این روش اولاً تشخیص نوترون به روش طیف سنجی است که باعث سهولت در عیب یابی فلزات است. ثانیاً قرار دادن آشکارساز جم ضخیم در حالت مد خودفروشان (SQS)، مدارهای الکتریکی را تا حد زیادی ساده می کند..

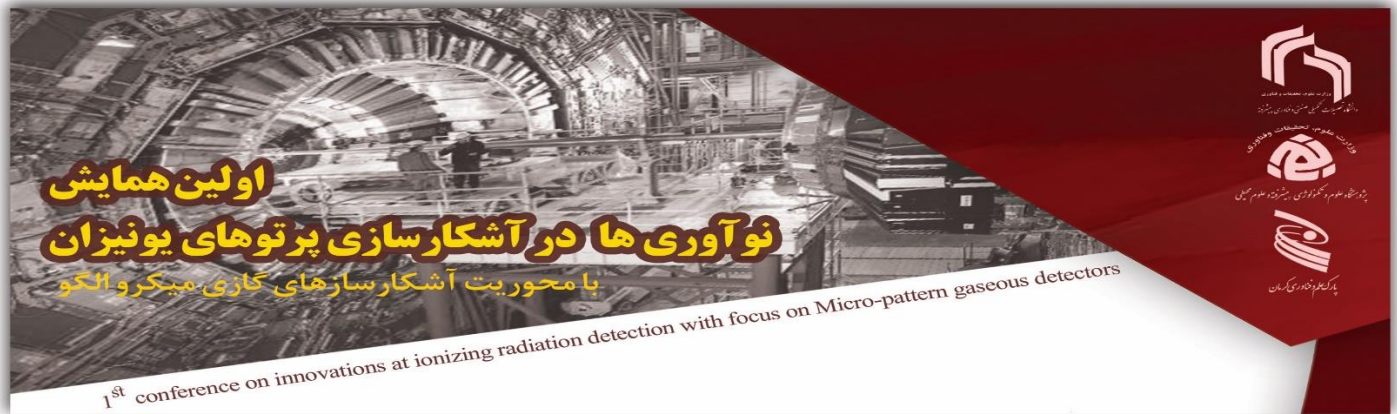
واژه‌های کلیدی

نوترون، لایه مبدل، پروتون، جم ضخیم، مد خودفروشان.

مقدمه

تاکنون مطالعات زیادی در مورد عیب یابی فلزات معرفی شده است مانند استفاده از امواج الکترومغناطیسی، امواج صوتی و امواج گرمایی. [۱] در بسیاری از مطالعات نیز با استفاده از روش های هسته ای برای عیب یابی بکار برده شده است مانند عیب یابی با استفاده از پرتوهای گاما. [۲] یکی دیگر از این روش ها، قرار دادن قطعه فلزی در مقابل بیم نوترون و آشکارسازی نوترون های عبوری است. آشکارسازی نوترون های عبوری از فلز نیز به روش های گوناگونی صورت می گیرد که استفاده از مبدل های تبدیل کننده نوترون ها به یون های باردار، یکی آنهاست. اساس کار در این روش به این صورت است که پس از برخورد ذرات نوترون به لایه مبدل، یون های باردار هم چون آلفا و پروتون تولید می شوند و با آشکارسازی این یون ها، تخمینی از ذرات نوترون اولیه بدست می آید. مواد مختلفی مانند BF₃ یا لایه های B بعنوان لایه مبدل در این قبیل مطالعات مورد بررسی قرار گرفته اند. [۳-۵]

آشکارسازی این یون های تولید شده توسط لایه مبدل به روش های گوناگونی صورت می گیرد که در برخی از این روشها، تعداد یون های تولید شده با استفاده از مدارهای الکتریکی تخمین زده می شود که اطلاعات طیف سنجی دقیقی از یون های تولید شده ارائه نمیدهد.



استفاده از آشکارسازهای جم^۱ (Gem) روش جدیدی برای آشکارسازی یون های تولید شده از لایه مبدل است. عمدتاً این آشکارسازها از صفحات پلیمری نازک از مرتبه چند ده میکرون با پوشش نازکی از فلز رسانایی مانند مس در دو طرف آن تشکیل شده اند که مملو سوراخ هایی به قطر تقریبی ۸۰ میکرون هستند. [۶، ۷] با توجه به اینکه یون های تولید شده از لایه مبدل در سوراخ های جم آشکارسازی می شوند، استفاده از این نوع از آشکارسازها می تواند رهیافت نوینی از طیف سنجی نوترون های اولیه ارائه دهند. همچنین برای آشکارسازی نوترون های سریع و اندازه گیری نوترون های با شدت بالا استفاده از آشکارسازهای جم مفید بوده است. [۸، ۹]

نسل جدیدتری از آشکارسازهای جم با بهره بالاتر و ساختار ساده تر در سال ۲۰۰۷ با نام جم ضخیم^۲ ارائه شد که قطر سوراخ های صفحه آن تا مرتبه یک میلیمتر رسید. (شکل ۱) و برای آشکارسازی ذرات باردار گوناگون مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین برای اندازه گیری نوترون های حرارتی قابلیت مناسبی از خود نشان دادند. [۱۰]

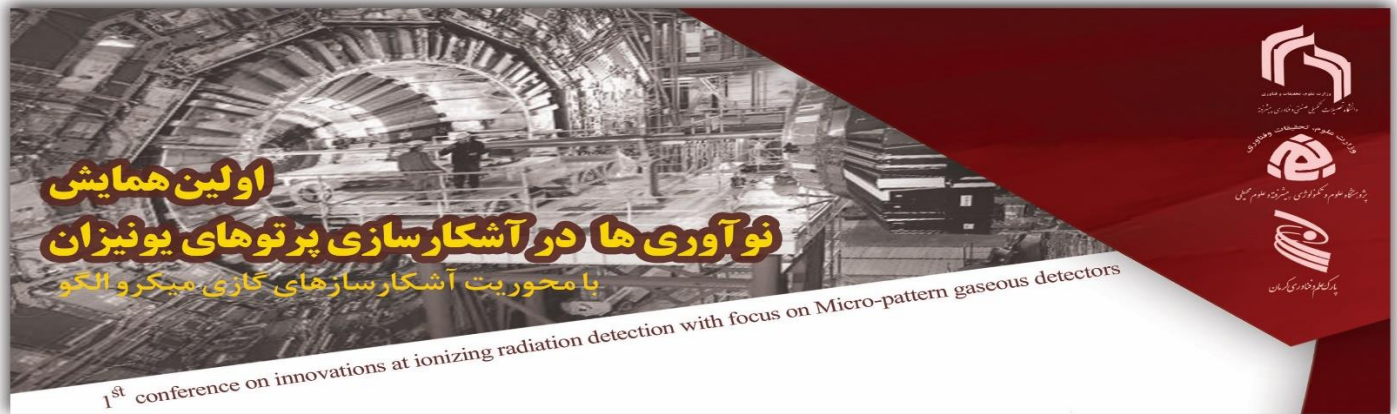


شکل ۱: تصویری از آشکارساز جم ضخیم

افزایش پاسخ به دوز نوترون با راندمان تشخیص بالا عامل مهمی در آشکارساز جم ضخیم است و تکنیکهای مختلفی برای این منظور معرفی شده است که در اکثر آنها، تجهیزات الکترونیکی برای مورد نیاز است [۱۱].

¹ Gas Electron Multiplier (GEM)

² Thick Gas Electron Multiplier (THGEM)



در واقع آشکارساز Thgem از سه لایه تشکیل شده است، دو لایه نازک مسی با سوراخ هایی به قطر ۰.۷ میلی متر و لایه Fr4 با قطر حدود ۰.۳۷۵ میلی متر. همچنین فاصله بین سوراخ ها حدود ۱ میلی متر است. [۱۲]

در این مطالعه هدف طراحی سیستم آشکارسازی نوترون با بکارگیری آشکارساز جم ضخیم است بطوریکه تا حد امکان از مدارها و تجهیزات الکترونیکی بکاربرده شده کاسته شود. برای این منظور رویکرد جدیدی برای این آشکارسازها مطرح میشود آن بکارگیری آشکارساز های جم ضخیم در مد خود فرو نشان (SQS^۳) است.

مد SQS حالتی از آشکارسازهای گازی است که همانند دیگر آشکارسازهای گازی مثل گایگر مولر و تناسبی با برخورد یون های باردار با اتم های گازی و ایجاد جرقه، عمل می کند با این تفاوت که، با پر کردن فضای آشکارساز از گازهای بی اثر و جذب کننده فوتون، مانع از ایجاد بهمن های الکتریکی اضافی دور از جرقه اصلی میشوند. بنابراین جرقه اصلی نهایتاً با قطری به ضخامت چند صد میکرون و طولی حدودی چند میلیمتر رشد می کند.

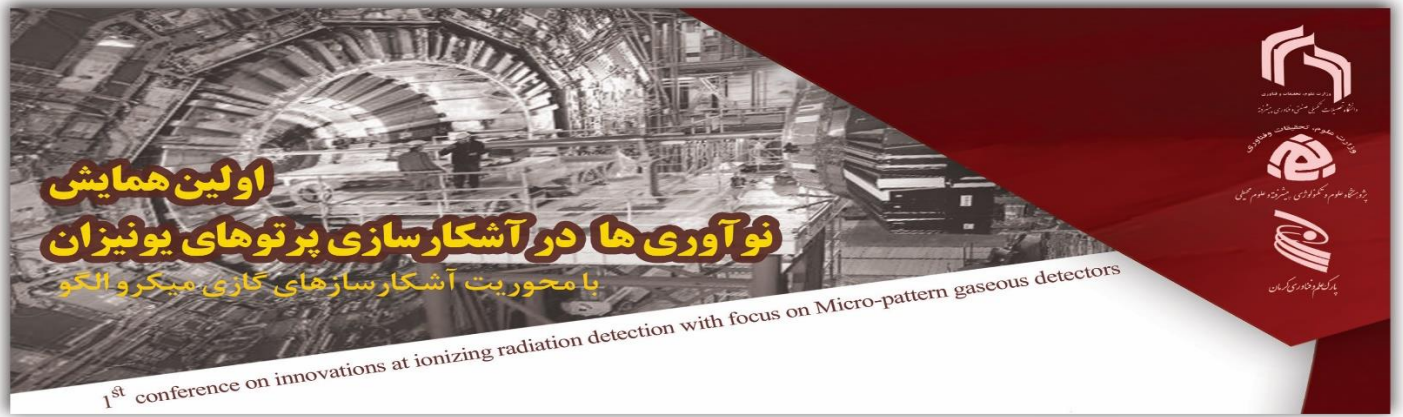
تحقیقات قابل توجهی در مورد نحوه عملکرد آشکارساز های Thgem در مد SQS ، توسط تیم هسته ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان صورت گرفته است. که در اغلب آنها یون مورد آشکارسازی، ذرات آلفا بوده است. در این مطالعه نیز برای آشکارسازی نوترون از این مسیر استفاده شده است که بکارگیری آشکارسازهای جم ضخیم در مد SQS است.

سیستم آشکارسازی در این مطالعه به این صورت است که نوترون های اولیه با انرژی ۰-۱۱ مگا الکترون ولت به مبدل نوترون - پروتون برخورد می کنند، سپس پروتون های هدایت شده به لایه Thgem، فقط در صورتی که این آشکارساز در مد ستون نور خودفرو نشان (SQS) قرار بگیرد، قابل شناسایی هستند.

هندسه سیستم آشکارسازی، جنس لایه مبدل، فاصله لایه مبدل تا آشکارساز و ولتاژ اعمال شده به دو انتهای Thgem از موضوعات اصلی در این مطالعه است که با استفاده از کد هسته ای شبیه سازی MCNP^۴ مورد بررسی قرار می گیرند.

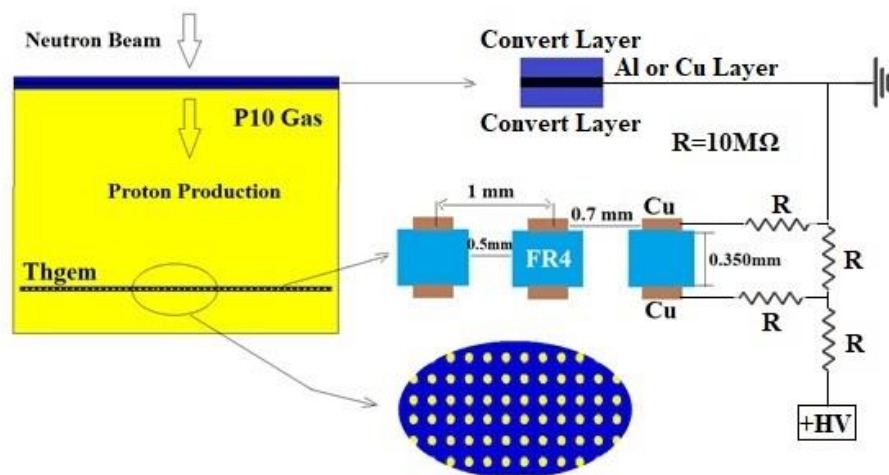
³ Streamer Self-Quenched

⁴ Monte Carlo N-Particle Transport Code



مواد و روش ها

سیستم پیشنهادی آشکارسازی نوترون، بصورت شماتیک در شکل نشان داده شده است.

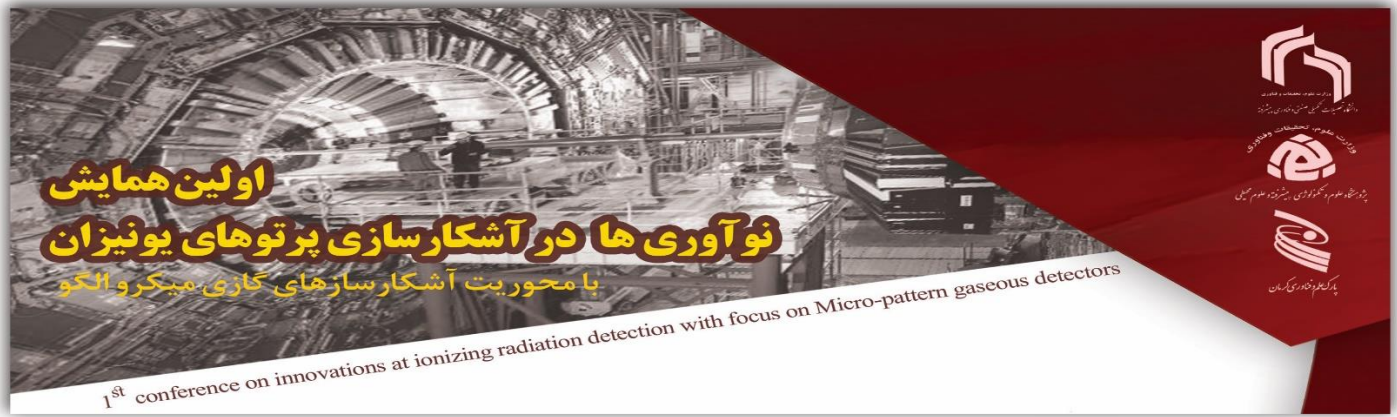


شکل ۲: شماتیکی از سیستم آشکارسازی نوترون توسط آشکارساز جم ضخیم

در ابتدا بیم نوترون به لایه مبدل نوترون به پروتون برخورد می کند لایه مبدل می تواند از جنس های مختلفی همچون پلاستیک، CR-39 و یا دیگر مواد شامل عناصری از مرتبه جرم نوترون، تشکیل شده باشد. [۱۱] پروتون های تولید شده از لایه مبدل، پس از هدایت به سمت لایه Thgem، آشکارسازی میشوند.

در واقع این سیستم آشکارسازی شامل دو فرآیند اصلی تولید پروتون و آشکارسازی پروتون است:

الف) تولید پروتون



در فرآیند تولید پروتون، پس از برخورد الاستیک نوترون به عناصر لایه مبدل، پروتون ها تولید می شوند. برای اعمال ولتاژ از لایه آلومینیوم یا مس استفاده می شود. در این مرحله انتقال انرژی E_n به هدف با عدد جرمی A به صورت رابطه زیر به دست می آید [۱۳]:

$$E = [4A / (1+A)^2] [\cos^2 \theta] E_n \quad ()$$

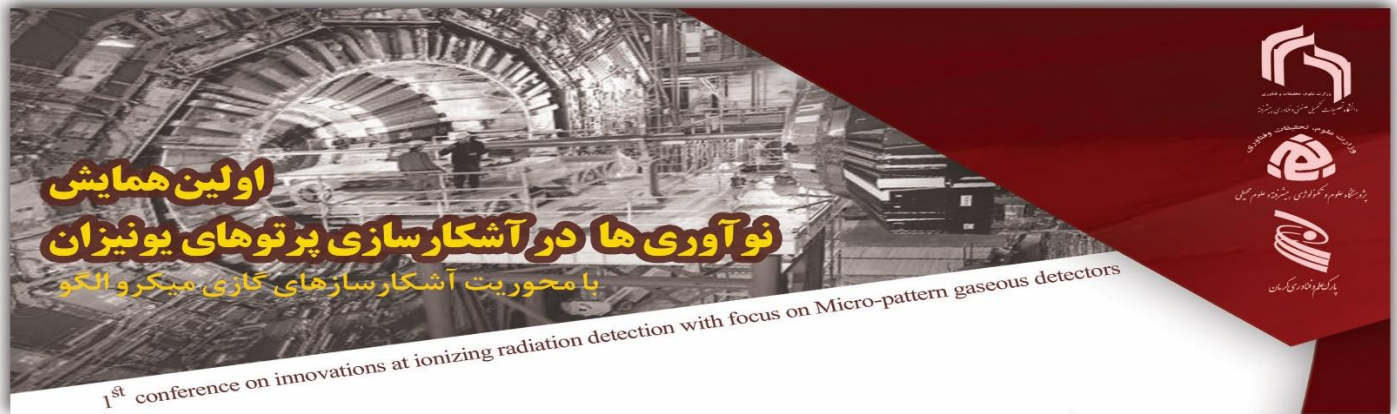
که در این رابطه E_n انرژی نوترون و θ زاویه پراکندگی نوترون ها پس از برخورد با هدف است. طبق این فرمول، پروتونی بیشترین انرژی را دریافت می کند که در اثر برخورد مستقیم نوترون با هدف تولید می شود ($\theta=0$).

ب) آشکارسازی پروتون

در این مرحله در اثر حرکت شتابدار پروتونهای تولید شده از لایه مبدل الکترون های ثانویه تولید می شود و با اعمال میدان الکتریکی به این الکترون های ثانویه می توان آنها را به ناحیه حساس آشکارساز جم ضخیم هدایت کرد. این میدان الکتریکی را می توان با اعمال ولتاژ به لایه فلزی موجود در لایه مبدل ایجاد کرد.

فاصله بین لایه مبدل و آشکارساز جم باید به اندازه ای باشد که بیشترین انرژی الکترون های ثانویه، در ناحیه حساس آشکارساز جم ضخیم بجا گذاشته شود. در این مرحله هدف قرار گرفتن آشکارساز در مد خودفروشان SQS است. برای این منظور باید فضای سیستم آشکارسازی از گازی تحت عنوان P-10 پر کرد که مخلوطی از گاز های نجیب با ترکیب ۹۰٪ آگون و ۱۰٪ متان است. این عمل مانع از ایجاد بهمن های الکتریکی اضافی دور از جرقه اصلی میشوند و آشکارساز جم ضخیم را در مسیر قرار گرفتن در مد خود فروشان SQS قرار میدهد. [۱۹-۱۴].

از دیگر شرایط قرار گرفتن آشکارساز جم ضخیم در مد خودفروشان SQS، برقراری شرط ریدر است که رابطه بین انرژی بجا مانده در ناحیه حساس آشکارسازی و ولتاژ اعمالی به دو انتهای آن را تخمین می زند. خضری پور و همکارانش در تحقیقی برای شرط ریدر در Thgem به رابطه زیر رسیدند [۱۳]:



$$)۲ \quad V = (0.2 - \text{Log } E) / 0.999 \quad ($$

که در این رابطه V ولتاژ اعمال شده به دو سر Thgem بر حسب ولت و E انرژی بجا مانده در ناحیه حساس آشکارساز بر حسب مگا الکترون ولت است.

با برقراری شرایط لازم و اعمال ولتاژ مناسب Thgem در مد SQS قرار می گیرد و در این حالت یک پروتون تنها می تواند یک جرقه ایجاد کند. شدت نور به چگالی بار اولیه و ولتاژ اعمال شده به آشکارساز بستگی دارد. نورها توسط دوربین در فواصل زمانی معین ضبط می شوند و فرآیند آشکارسازی تکمیل میشود.

با استفاده از کد شبیه سازی MCNP X این سیستم آشکارسازی مورد بررسی قرار گرفته است. فایل وردی این کد شامل سه قسمت اساسی کارت سلول، کارت سطح و کارت داده است. [۲۰]

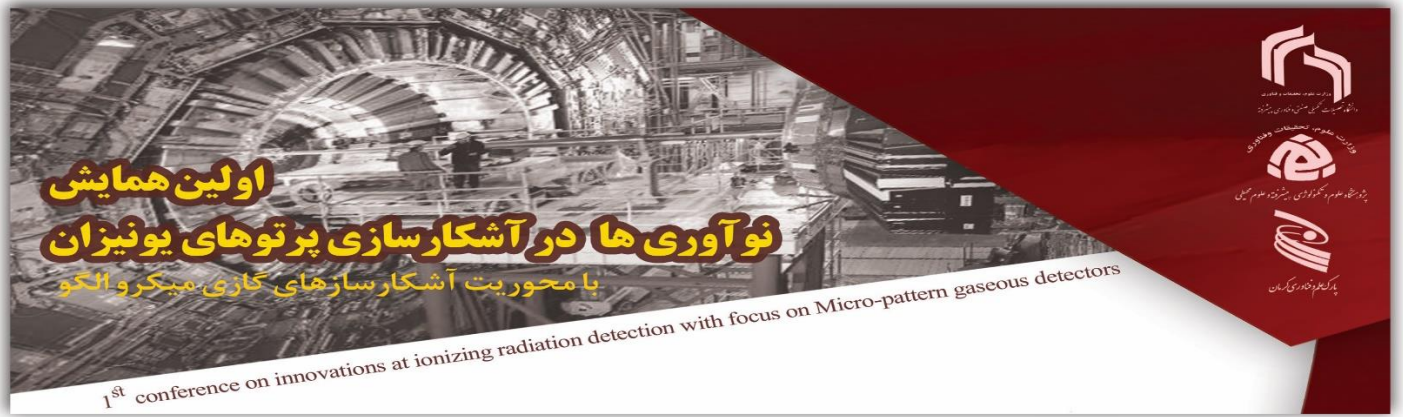
در این سیستم آشکارسازی کارت سلول از ۹ سلول تشکیل شده است. سه سلول مربوط به مبدل یک سلول مربوط به گاز $p10$ ، سه سلول مربوط به لایه ای Thgem ، یک سلول مربوط به فضایی که آشکارساز در آن قرار دارد و یک سلول هم سلول بیرونی آشکارساز است که هیچ ذره ای در آن ردیابی نمی شود. از دستورات Fill و u و Lat برای طراحی TH-GEM استفاده شده است.

کارت سطح شامل سطوحی است که جهت طراحی نه سلول موجود در سیستم آشکارسازی از آنها استفاده شده است.

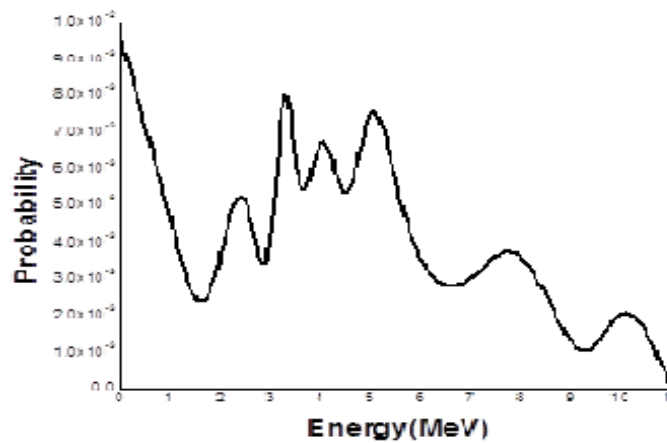
کارت داده ها شامل اطلاعاتی است که برای حل مساله و ماسبات دزیمتری از آن استفاده می شود. مهمترین قسمت های کارت داده شامل تعریف چشمه، تعریف مواد، درصد عناصر، نحوه استخراج داده های دزیمتری در ناحیه فعال آشکارساز، محاسبه بهره تولید پروتون از لایه های مبدل، طیف انرژی و طیف زاویه ای پروتونها است.

نتایج حاصل از این تحقیق در بخش بعدی آورده شده است.

نتایج

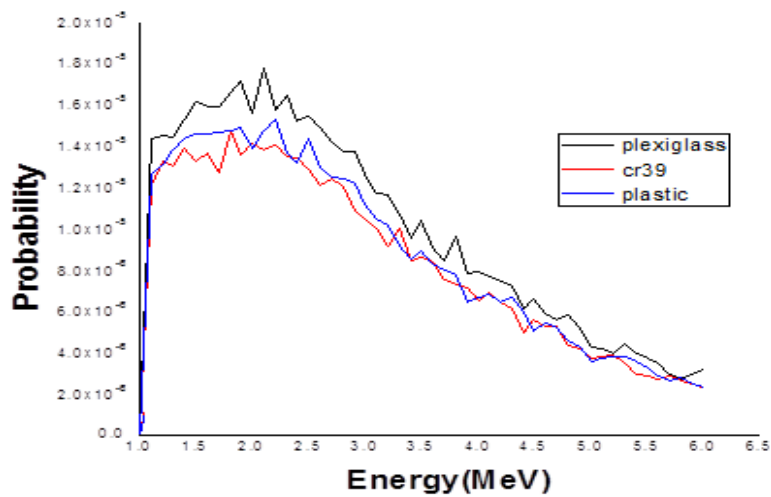
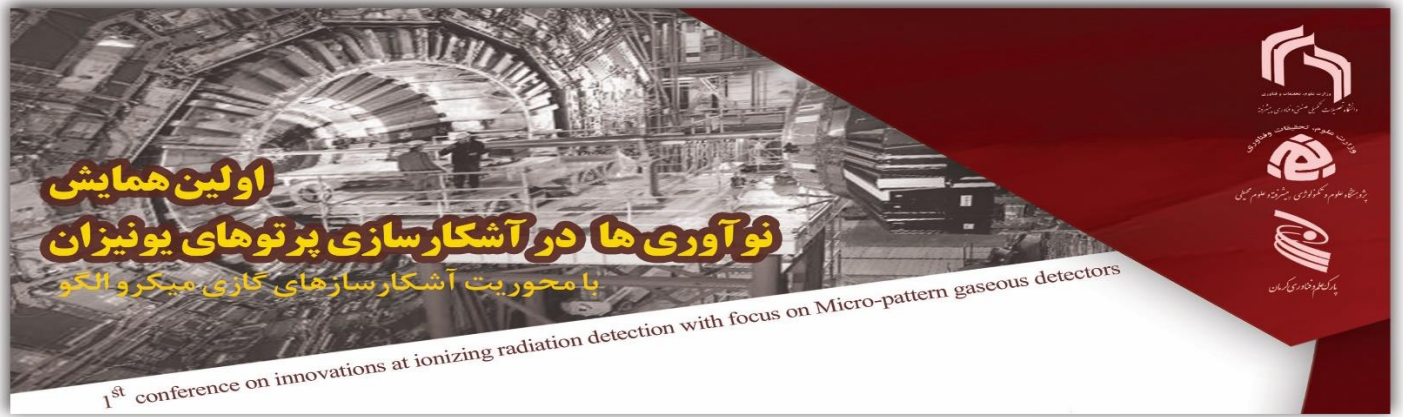


جهت بررسی پاسخ آشکارساز به نوترون‌ها طیف نوترون چشمه کرمان که یک چشمه Am-Be با اکتیویته ۵ کوری بکارگیری شده است. طیف این چشمه در شکل ۳ آورده شده است. [۲۱]



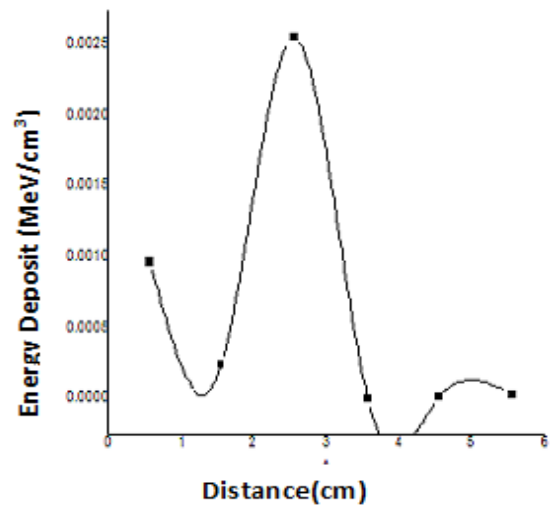
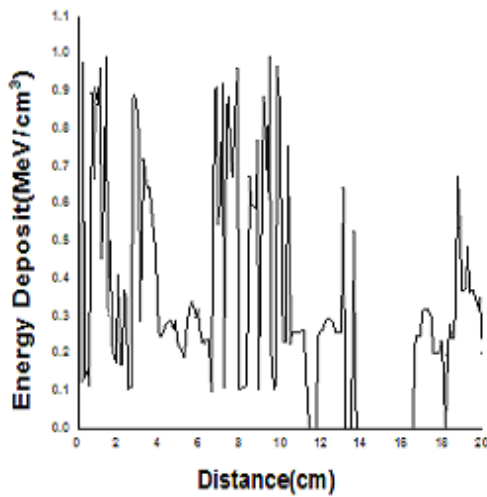
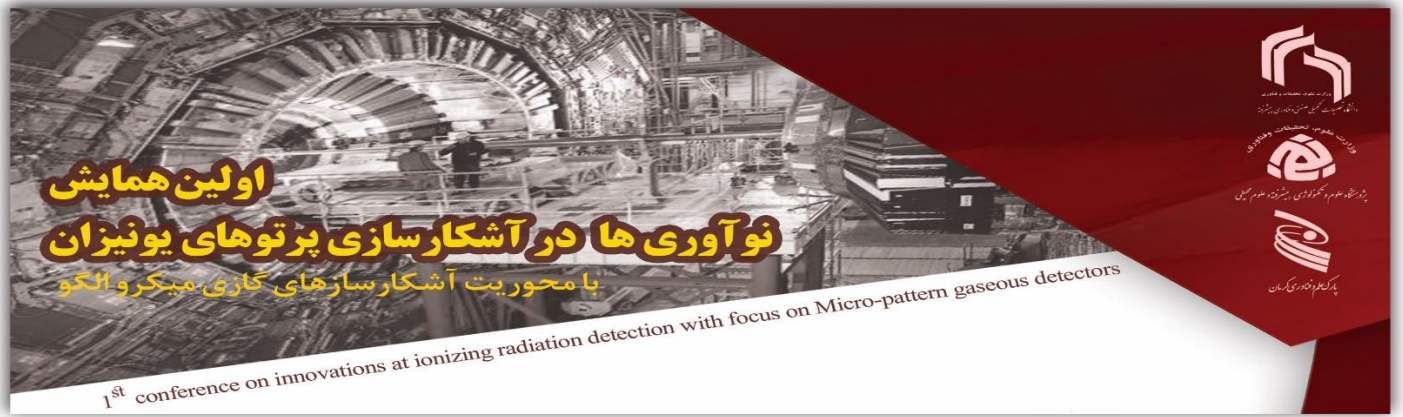
شکل ۳: طیف منبع نوترون کرمان

در شکل ۴ انرژی پروتون‌های تولید شده پس از برخورد نوترون‌های چشمه Am-Be کرمان به لایه مبدل با جنس‌های مختلف بررسی قرار گرفته است با این محاسبات و دیگر شبیه‌سازی‌ها مشخص شد که یک لایه پلکسی گلاس با ضخامت ۱ میلی‌متر می‌تواند انتخاب مناسبی بعنوان لایه مبدل باشد.



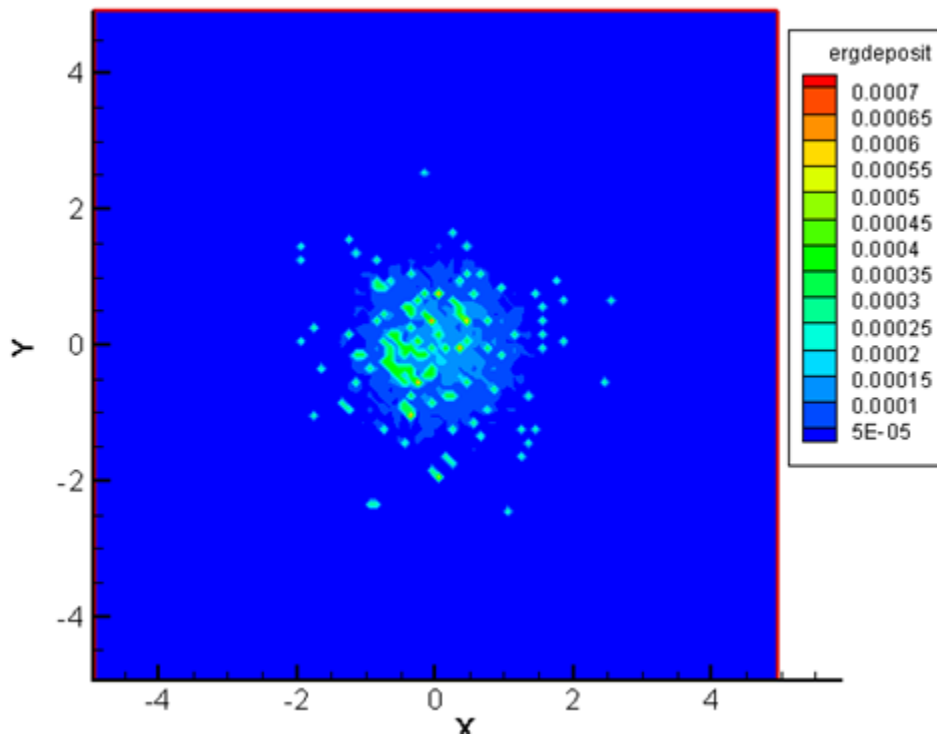
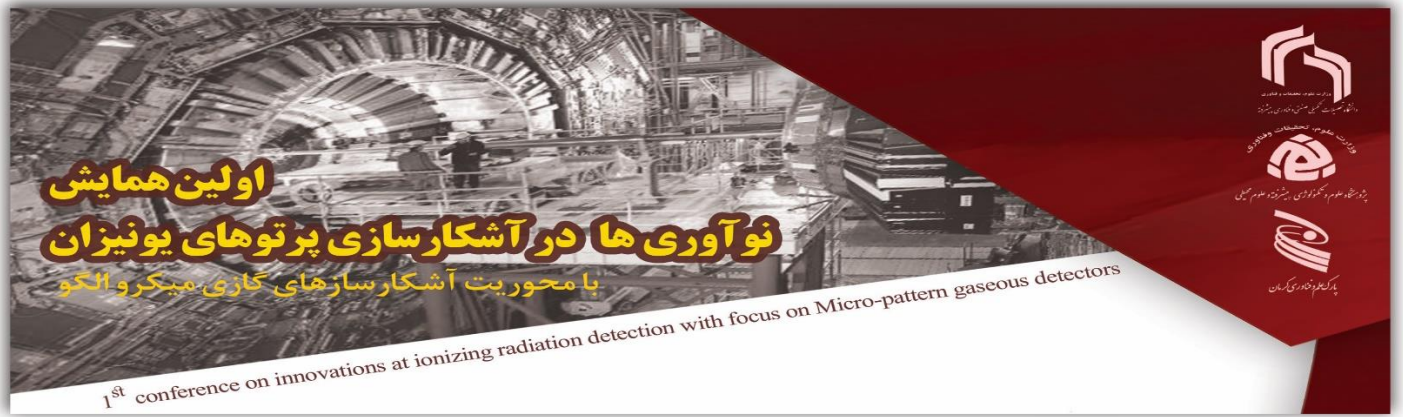
شکل ۴: طیف انرژی پروتون های تولید شده با استفاده از منبع نوترونی کرمان توسط لایه های مختلف.

اما هنوز یک مساله مهم وجود دارد و آن برد نسبتا زیاد پروتون های تولید شده است. با محاسبه برد پروتون های تولید شده در گاز مشخص می شود که برگ پیک پروتون های تولید شده از مبدل حدود ۳۰ سانتیمتر است. بر این اساس جهت رسیدن به شرط SQS، بایستی Thgem در فاصله ۳۰ سانتیمتری از مبدل قرار گیرد که نیازمند جعبه آشکارسازی با حجم نسبتا بزرگ است. برای حل این مساله باید برد پروتون های تولید شده کاهش یابد برای این منظور لایه ای نازک از فلز آلومینیوم به ضخامت ۰/۱ میلیمتر به لایه مبدل پلکسی گلاس اضافه میشود. تاثیر این لایه در کاهش برد و انرژی پروتونهای تولیدی قابل توجه است.

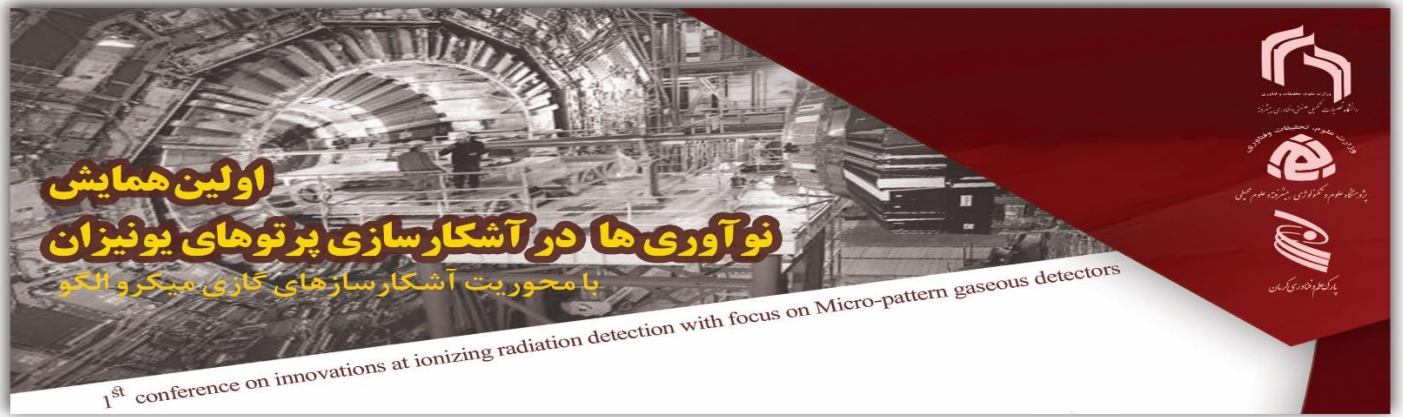


شکل ۵: اتلاف انرژی پروتون‌ها در ناحیه حساس Thgем با لایه آلومینیومی ۰.۱ میلی متری (راست) و بدون لایه آلومینیومی (چپ)

همچنین محاسبات MCNPX نشان داد که انرژی باقیمانده در ناحیه فعال با بین ۰/۰۰۰۱ تا ۰/۰۰۰۷ مگا الکترون ولت است (شکل ۶) و حالت SQS در بیشترین تعداد سوراخ‌های Thgем زمانی که ولتاژ عملی ۹۰۰ ولت است رخ می‌دهد (جدول ۱).



شکل ۶: انرژی بجا مانده در ناحیه فعال



جدول ۱: درصد تعداد سوراخ هایی که در ولتاژ های مختلف در حالت SQS قرار میگیرند

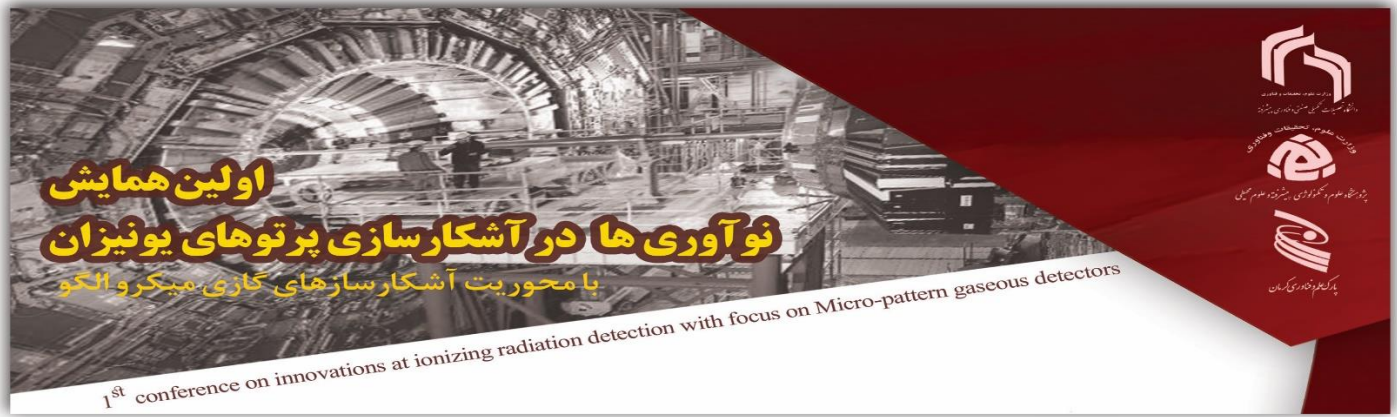
ولتاژ (ولت)	تعداد سوراخهای روشن	درصد
۷۰۰-۸۰۰	۱۱۰	۵.۳%
۸۰۰-۹۰۰	۸۲۵	۴۰%
۹۰۰-۱۰۰۰	۸۸۵	۴۳%
۱۰۰۰-۱۱۰۰	۲۱۰	۱۰/۲%
۱۱۰۰-۱۲۰۰	۳۰	۱.۵%

نتیجه گیری و جمع بندی

خنثی بودن نوترون تشخیص این ذره را دشوار کرده است. بنابراین، تشخیص دقیق نوترون به سیستم های پیچیده تری نیاز دارد. در این مطالعه، ما سعی کردیم با قرار دادن Thgem در حالت SQS، رویکردی برای تشخیص نوترون بررسی کنیم.

این روش می تواند مفید باشد زیرا اولاً تشخیص نوترون را به صورت طیف سنجی انجام می دهد و ثانیاً قرار دادن آشکارساز Thgem در حالت SQS مدارهای الکتریکی را ساده می کند.

نتایج نشان می دهد که لایه پلکسی گلاس ۱ میلی متری و لایه آلومینیوم ۰.۱ میلی متری مناسب ترین مواد برای تبدیل نوترون به پروتون هستند. در آشکارساز فعلی، فاصله تخمینی بین لایه مبدل و آشکارساز Thgem حدود ۳



سانتی متر است. همچنین حالت SQS در بیشترین تعداد سوراخ Thgem زمانی اتفاق می افتد که ولتاژ Thgem 900 ولت باشد.

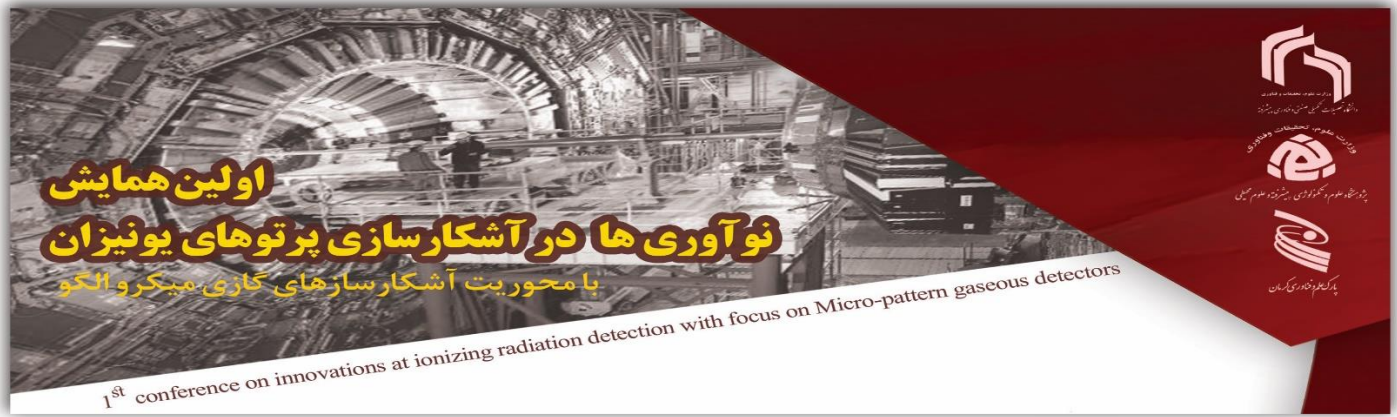
با توجه به این مطالعه استفاده از آشکارسازهای GEM در حالت SQS می تواند یک رویکرد جدید برای تشخیص طیف سنجی نوترون باشد. بنابراین روش می تواند برای عیب یابی فلزات مورد استفاده قرار بگیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان لازم میدانند از همکاری جناب دکتر سیدمهدی هاشمی تشکر و قدردانی کنند.

مراجع

۱. امین ربیعی زاده " بررسی و انتخاب راهکارهای شناسایی عیوب موجود در تختال در فرآیند ریخته گری مداوم شرکت فولاد هرمزگان " اولین کنفرانس ریخته گری مداوم فولاد، بندرعباس، آذر ۹۸
۲. علی نگارستانی، راضیه سوری، محمدماهانی " آشکارسازی پرتو گاما با استفاده از آشکارسازهای گازی مقیاس ریز در مد SQS " مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۵، شماره ۲، بهار ۹۶
۳. Song D, Choi K, Jeng Y, Kang Y, Lee J.S.H, Park I, et al. Neutron Detection using a Gadolinium-Cathode GEM Detector. Journal of the Korean physical society 2020;76:961-966. Doi: 10.3938/jkps.76.961.
۴. Pietropaolo A, Claps G, Fedrigo A, Grazi F, Höglund C, Murtas F, et al. Neutron diffraction measurements on a reference metallic sample with a high-efficiency GEM side-on 10B-based thermal neutron detector. EPL (Europhysics Letters) 2018;121:62001-4. Doi:10.1209/02955075/121/62001.
۵. Santoni A, Celentano G, Claps G, Fedrigo A, Höglund C, Murtas F, et al. Physical-chemical characterization of a GEM side-on 10B-based thermal neutron detector and analysis of its neutron diffraction performances. Nuclear Instruments and Methods in



Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 2018;906:83-87. Doi:[10.1016/j.nima.2018.07.045](https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.07.045).

Zhou J, Zhou X, Zhu L, Wei Y, Xu H, Guan B, et al. A sealed ceramic GEM-based neutron detector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 2021;995:165129. Doi:10.1016/j.nima.2021.165129.

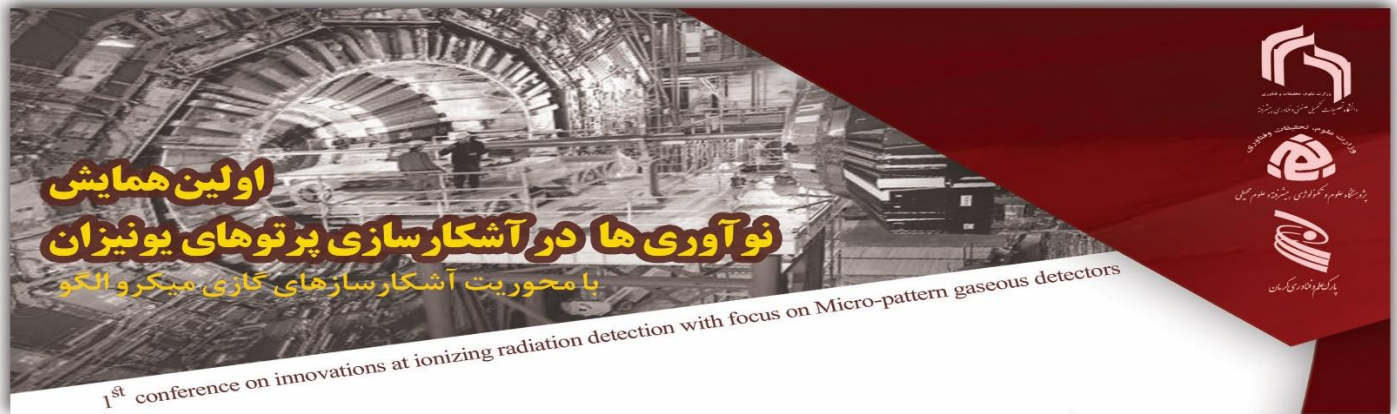
Ohshita H, Uno S, Otomo T, Koike T, Murakami T, Satoh S, et al. Development of a neutron detector with a GEM. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 2010;623:126-128. Doi:[10.1016/j.nima.2010.02.170](https://doi.org/10.1016/j.nima.2010.02.170)

Ccc G. Crocia, G. Claps, M. Cavenago, M. Dalla Palma, G. Grosso, F. Murtas, et al. nGEM fast neutron detectors for beam diagnostics. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*. 2013; [720](https://doi.org/10.1016/j.nima.2012.12.014): 144-148, doi:[10.1016/j.nima.2012.12.014](https://doi.org/10.1016/j.nima.2012.12.014).

Ddd Jianrong Zhou, Xiaojuan Zhou, Jianjin Zhou, Xingfen Jiang, Jianqing Yang, Lin Zhu, et al. A novel ceramic GEM used for neutron detection. *Nuclear Engineering and Technology*. 2020; [52](https://doi.org/10.1016/j.net.2019.11.021): 1277-1281. doi:[10.1016/j.net.2019.11.021](https://doi.org/10.1016/j.net.2019.11.021).

Fff Yang Lei, Zhou Jian-Rong, Sun Zhi-Jia, Zhang Ying, Huang Chao-Qiang, Sun Guang, et al. Experimental research on the THGEM-based thermal neutron detector. *Chinese Physics C* 39 056002. 2015; 39 : 056002. Doi: [10.1088/1674-1137/39/5/056002](https://doi.org/10.1088/1674-1137/39/5/056002).

Anjomani, Z., Hanu, A.R., Prestwich, W.V. and Byun, S.H. Monte Carlo design study for thick gas electron multiplier-based multi-element microdosimetric detector. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 2014; 757: 6774. Doi: 10.1016/j.nima.2014.04.063.



Khezripour S, Negarestani A, Rezaie M.R. Investigating the response of Micromegas ^{۱۲} detector to low-energy neutrons using Monte Carlo simulation. Journal of Instrumentation 2017;12:08007. Doi: 10.1088/1748-0221/12/08/P08007.

Khezripour S, Negarestani A, Rezaie M.R. A New Approach for Alpha Radiography by ^{۱۳} Triple THGEM using Monte Carlo Simulation and Measurement. Journal of Instrumentation 2018;13:05024-38. Doi: 10.1088/1748-0221/13/05/P05024.

Souri R, Negarestani A, Mahani M. Alpha radiation detection by using of Micro Pattern ^{۱۴} Gas Detectors in SQS mode. Iranian Journal of Radiation Safety and Measurement 2017;5:29-38. Doi: [10.22052.5.2.29](https://doi.org/10.22052/5.2.29).

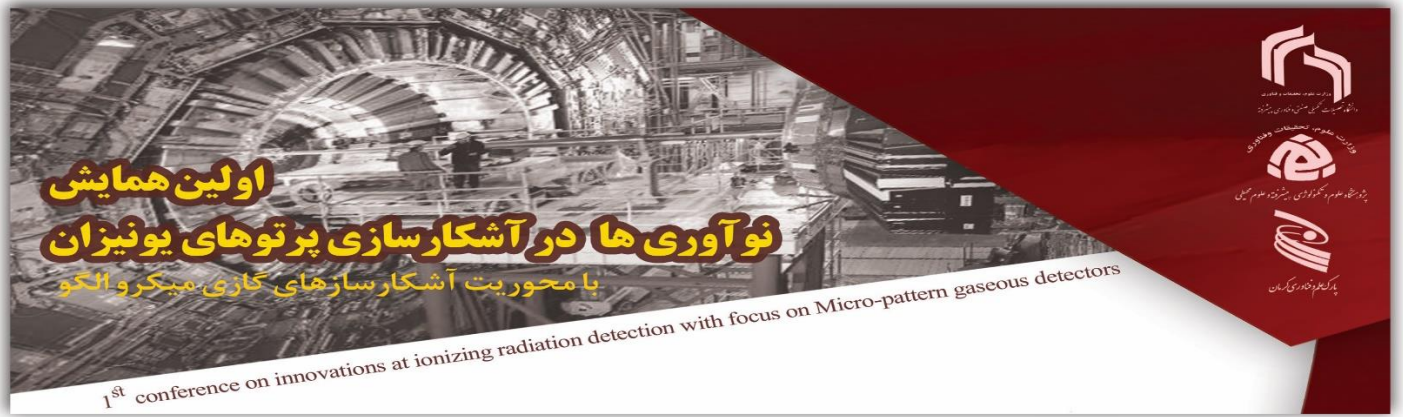
Glenn E Knoll, Radiation Detection and Measurement. Third Edition. 2000; chapter 15, ^{۱۵} Page 554, ISBN 0-471-07338-5.

Souri R, Negarestani A, Mahani M. A new approach for direct imaging of Alpha ^{۱۶} radiation by using Micro Pattern Gas Detectors in SQS mode. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 2018;884:128-135. [Doi:10.1016/j.nima.2017.11.055](https://doi.org/10.1016/j.nima.2017.11.055).

Hashemi S.M, Negarestani A. Investigation of alpha particle tracks in GEM-type ^{۱۷} structures based on SQS mode. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 2019;913:20-27. Doi: 10.1016/j.nima.2018.09.050.

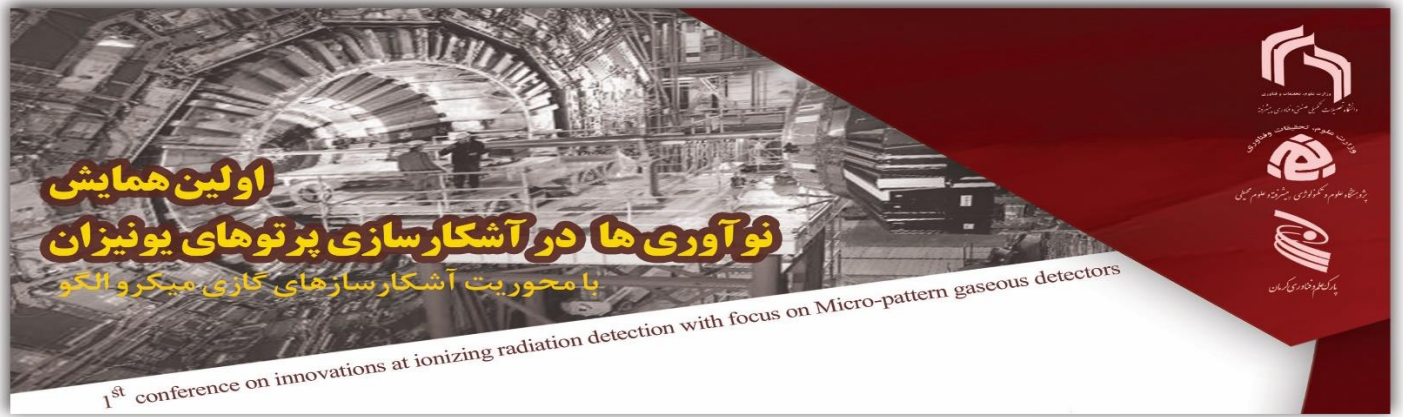
Hashemi S.M, Esmaili S, Negarestani A. Measurement of the streamer intensities in the ^{۱۸} self quenching streamer mode for TGEM structure. Journal of Instrumentation 2019;14:12008. [Doi: 10.1088/1748-0221/14/12/P12008](https://doi.org/10.1088/1748-0221/14/12/P12008).

Hashemi S.M, Negarestani A. A new method for alpha particle detection use of Electron ^{۱۹} multiplier assembly (EMA) in SQS mode. Journal of Instrumentation 2018;13:05025. Doi:10.1088/1748-0221/13/05/P05025.



Werner, C.J., 2017; MCNP Users Manual-Code Version 6.2. Los Alamos National Laboratory, LA-UR-17-29981. ۲۰

Vijaya A.D, Kumar A. The neutron spectrum of Am- Be neutron sources. Nuclear instruments and methods 1973; 111: 435-440. [Doi:10.1016/0029-554X\(73\)90199-7](https://doi.org/10.1016/0029-554X(73)90199-7). ۲۱



ساخت سطح سنج هسته ای به صورت تجربی

عباس فرخی زاده*^۱، معین هادی مقدم^۲، کوثر زاهدی لاله دشتی^۳، علی نگارستانی^۴ سید مهدی هاشمی^۴

*^۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته کرمان

farokhiiabbs@gmail.com

^۲. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته کرمان

kosar.zh3774@gmail.com

^۳. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تحصیلات تکمیلی و فناوری پیشرفته کرمان

^۴. کارشناس آزمایشگاه دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

hashemi.phy1@gmail.com

^۵. دانشیار گروه مهندسی هسته ای دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

a.negarestani@kgut.ac.ir

چکیده

امروزه استفاده از سطح سنج ها در کنترل فرایندهای مختلف از نظر میزان موجودی و ایمنی واحد های صنعتی از مهم ترین ابزار های کلیدی مدیریت در صنایع مختلف از جمله نفت، گاز، صنایع فولاد و... می باشد. این ابزار ها به جهت دقت، سرعت بالا و نصب آسان، عدم تماس مستقیم با ماده کاربرد وسیعی در صنعت میتوان داشته باشد، در این آزمایش از اثر تضعیف گاما در هنگام عبور از مواد استفاده شده است و در این سیستم ما از یک آشکار ساز سوسوزن پلاستیکی (BC408) و چشمه گامای ۲ میلی کوری سزیم و یک مدار الکترونیکی جهت تحلیل داده و نمایش خروجی سیستم استفاده شده است که با استفاده از موارد فوق به راحتی میتوانیم عمل سطح سنجی را انجام دهیم.

واژه های کلیدی

اندازه گیری سطح هسته ای ، ابزا دقیق هسته ای ، چشمه گاما ، روش ایزوتوپی، روش رادیومتری

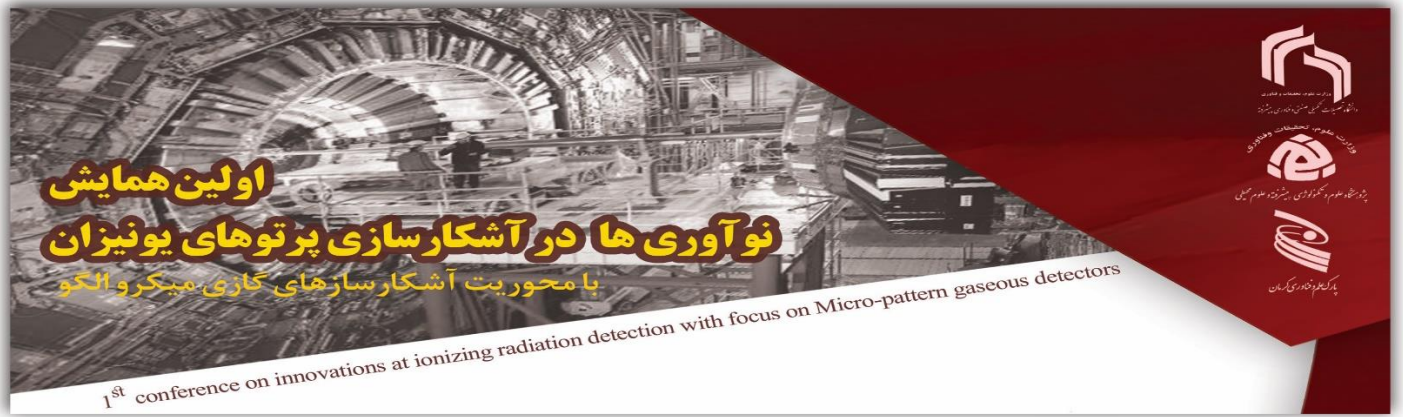
اولین همایش نوآوری‌ها در آشکار سازی پرتوهای یونیزان

با محوریت آشکار سازی پرتوهای یونیزان میکرو و الکترو

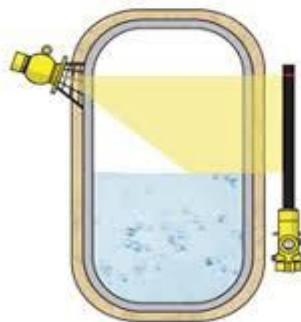
گاما با اکتیویته معین می‌باشد. با توجه به سرعت بالا، این روش جایگزین بسیار مناسبی برای روش‌های آنالیز وقت گیر و هزینه بر شیمیایی می‌شود. استفاده از این روش در صنایع نفت، گاز، شیمی، پتروشیمی، صنایع کاغذ و چوب، صنعت خودرو، رنگ، سیمان، معدن، متالورژی غیره باعث کاهش هزینه تا سقف میلیونها دلار شده است [1]. سطح بلنج

هسته ای یکی از کاربردهای صلح آمیز فناوری هسته ای محسوب می شود که ۵۱ درصد از سهم تولیدات دستگاه های اندازه گیری هسته ای را شامل میشود و رتبه اول تولیدات صنعت هسته ای را به خود اختصاص داده است مزیت این روش نسبت به سایر روش های اندازه گیری سطح به ویژه روش آلتراسونیک و خازنی و تفاضلی والقای و راداری که از دقت و حساسیت بالا برخوردار می باشند شامل موارد زیر می باشد [3].

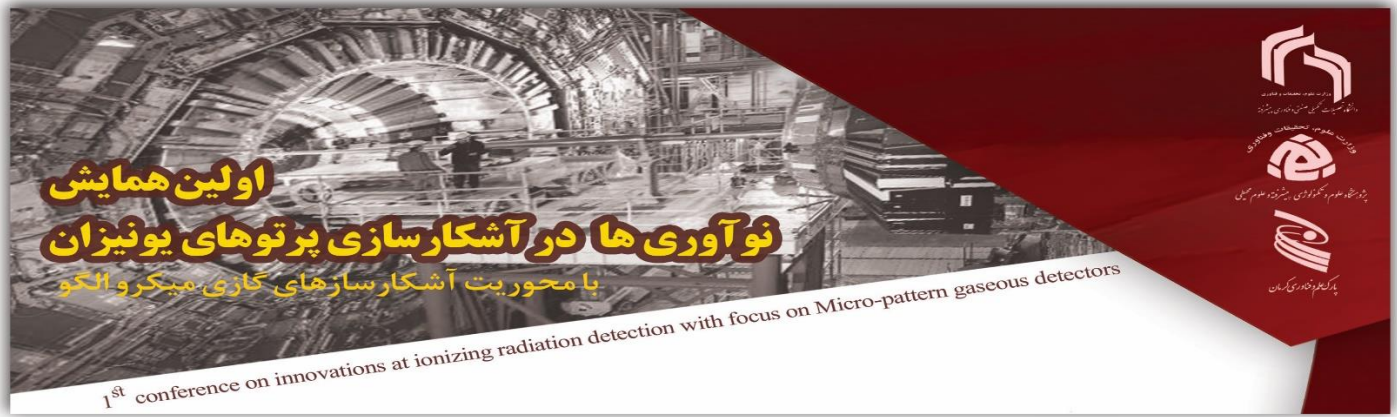
- بخش سلول اندازه گیری این نوع سنسورهای هسته ای میتواند به صورت کاملا جدا از بخش اتصال فرآیند آن نصب گردد که این قابلیت کنترل کردن سیستم را از راه دور فراهم می کند
- خروجی چنین سیستمهایی قابلیت اتصال به سیستم های کنترلی از قبیل PID و PLC را دارد [5]
- عدم وابستگی روش اندازه گیری هسته ای به جنس بدنه مخازن، دمای محیط و دمای سیال درونی و شفافیت و عدم شفافیت سیال درونی از ویژگی های منحصر به فرد این روش محسوب می شود که همین امر دلیل کاربرد گسترده این روش را در سایت های نفتی و پالایشگاه ها را دارد [7]
- روش هسته ای امکان نصب به صورت افقی و عمودی و در نقاط مختلف در اطراف مخزن را فراهم می کند که این امر آن را از روش های اندازه گیری راداری و آلتراسونیک متمایز می سازد [3]
- منحنی کالیبراسون چنین سیستم هایی نشان می دهد که بازه دمایی پاسخ آنها بر خلاف سنسورهای آلتراسونیک و راداری وسیع می باشد [9]
- اندر کنش تابش یونیزان میتواند با حساسیت بالایی، آشکار سازی و اندازه گیری شود [7]
- ...
-



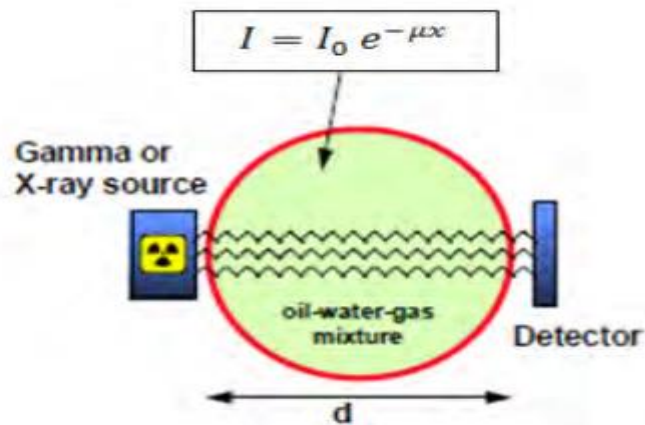
سه نوع تابش حاصل از فروپاشی هسته ای وجود دارد : تابش های آلفا ، بتا و گاما . هر یک از این تابش ها ویژگی ها و ساز و کار اندرکنش مربوط به خود را دارند. در این میان، چون پرتوهای گاما در مقایسه با دیگر تابش ها نفوذ بیشتری در مواد دارند ، کاربرد بیشتری پیدا کرده اند. اجزاء اصلی دستگاه سنجش سطح شامل یک چشمه پرتوزا و یک سیستم آشکار ساز برای اندازه گیری مقدار تابش های عبوری از میان فرآیند ، مانند سیال داخل یک لوله ، می باشد . شکل ۱ چنین سیستمی را نشان می دهد . هنگامی که سطح سیال بالا می آید ، باریکه موازی از پرتوهای گاما از دیواره لوله و سیال درون آن عبور می کند . متناسب با چگالی ماده ، شدت پرتوهای گاما کاهش می یابد . در نهایت ، شدت پرتوهای گاما در آشکارساز مقیاسی از چگالی ماده را خواهد داد . زمانی که چگالی سیال در داخل یک لوله یا مخزن بزرگ اندازه گیری می شود، چشمه پرتوزا و آشکارساز همانند شکل ۱ قرار داده می شوند. برای اندازه گیری سطح سیال در درون مخزن ها با استفاده از چشمه گاما دومدل وجود دارد؛ یکی استفاده از گاماها ی پس پراکنده شده از سیال و دیگری استفاده از گاماها ی عبوری است [۴-۵] روش اول برای قسمت هایی از خط لوله مناسب است که دسترسی به هر دو سمت لوله و یا مخزن وجود ندارد. اندازه گیری گاماها ی عبوری پرکاربردترین روش موجود است . در این حالت ، چشمه در یک سمت فرآیند و آشکارساز در سمت مقابل آن قرار می گیرد . برای گاماها، باریکه در اثر عبور از ماده مورد نظر تضعیف می شود که با توجه به رابطه نمایی لامبرت -بیرز ، محاسبه می شود.



شکل ۱



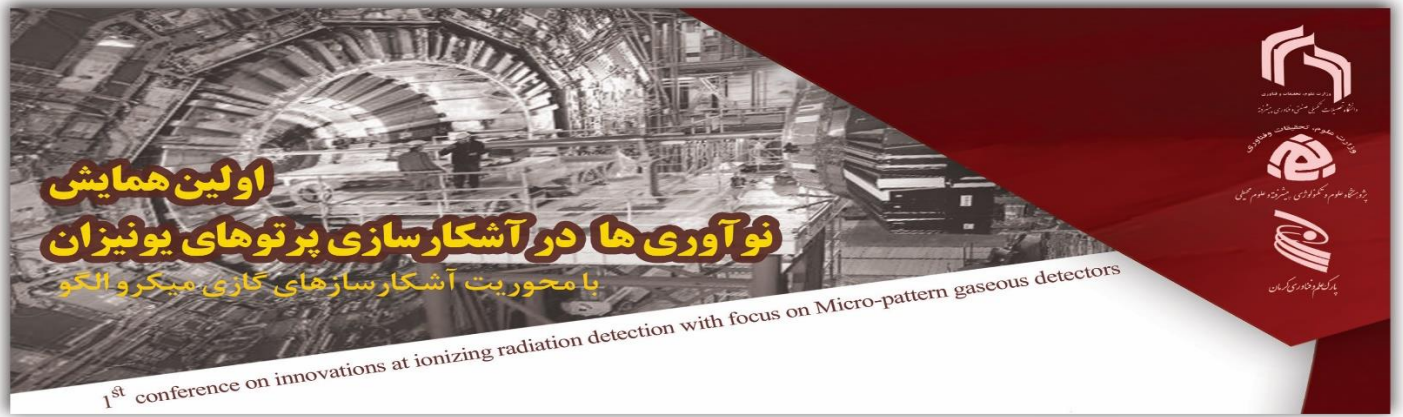
$$I = I_0 e^{-\int_0^x \mu dl} \Rightarrow I = I_0 e^{-\mu x}$$



که در آن فرض شده است ماده فرآیند در سراسر مخزن یا لوله ، یک مخلوط همگن باشد . شدت ، بوسیله شمارش پالس ها اندازه گیری می شود . بنابراین تضعیف ، به طول مسیر باریکه در داخل ماده (X) و ضریب تضعیف بستگی دارد . ضریب تضعیف خطی به چگالی ماده داخل مخزن یا لوله بستگی دارد . در چگالی سنج های با گامای تک انرژی استفاده از گامای با انرژی پایین مطلوب است زیرا در این حالت حساسیت اندازه گیری بالا بوده و در نتیجه به ازای یک آهنگ شمارش مشخص خطا کمتر خواهد بود . با این وجود وابسته به شرایط مخزن و ماده درونی آن انرژی گاما باید تا میزانی بالا باشد تا توانایی عبور از ماده تضعیف کننده و جداره لوله و مخزن و در نهایت ثبت شدن در سیستم آشکارسازی را دارا باشد . در پژوهش حاضر از چشمه گامای $Cs-137$ با توجه به تک انرژی بودن و قدرت نفوذ بالا استفاده شده است . [6-8]

۲- روش ها

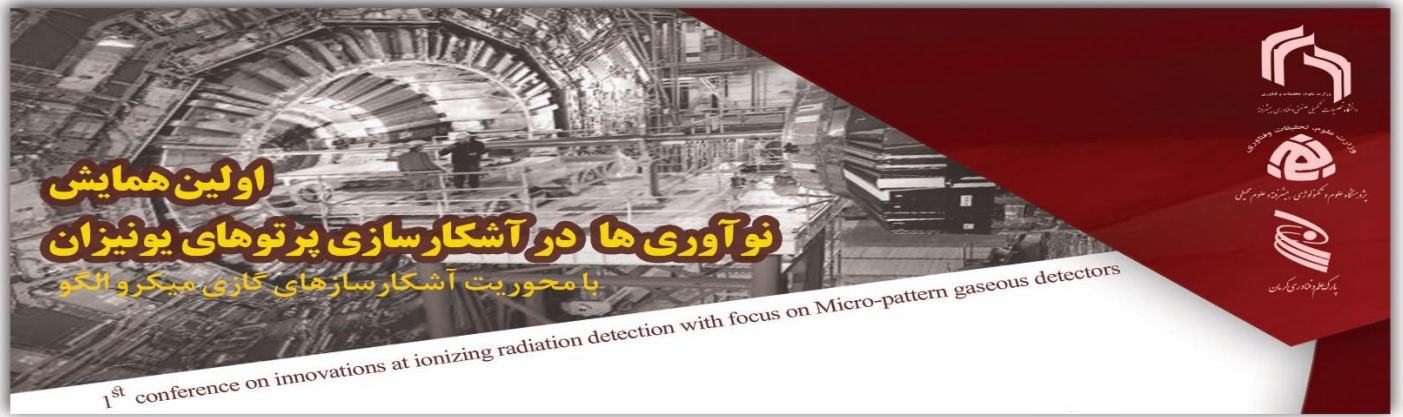
در این آزمایش از (BC408) به عنوان آشکارساز و چشمه $137Cs$ با فعالیت 2 میلی کوری استفاده شده است که آزمایش برای چهار سیال آب، بنزین، گازوییل و روغن موتور در دمای یکسان 30 سانتیگراد انجام شد، چگالی هر یک از این سیالات در دمای 30 سانتیگراد به وسیله یک هیدرومتر با دقت



01 گرم بر سانتی مترمکعب اندازه گیری شد. این آزمایش برای دو لوله آهنی و PVC انجام شد. مشخصات مربوط به چگالی سیالات در جدول 1 آورده شده است.

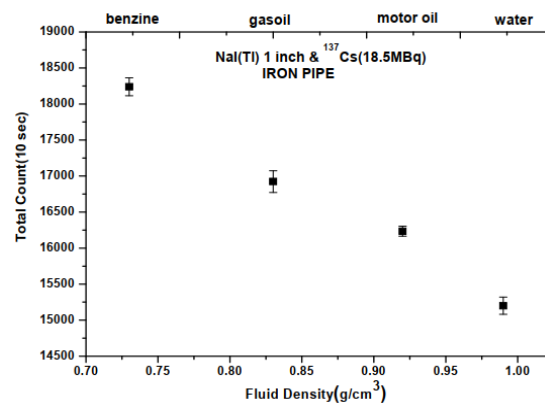
جدول شماره ۱ چگالی سیال های مورد استفاده [9].

چگالی سیال در دمای 30°C g/cm ³	نوع سیال
۰/۹۹	آب
۰/۸۲	بنزین
۰/۷۲	گازوییل
۰/۹۱	روغن موتور

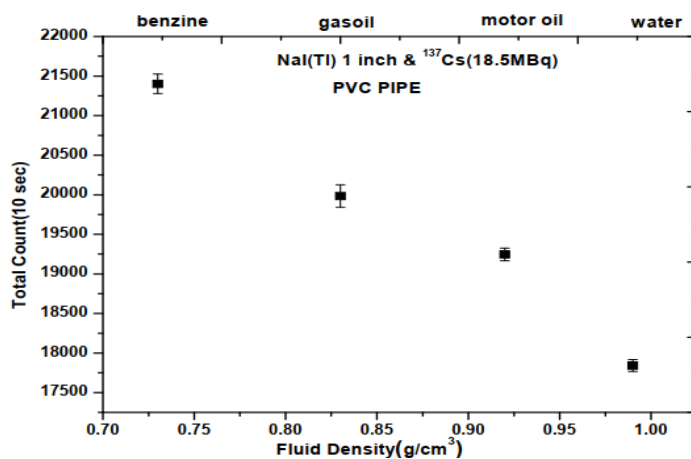
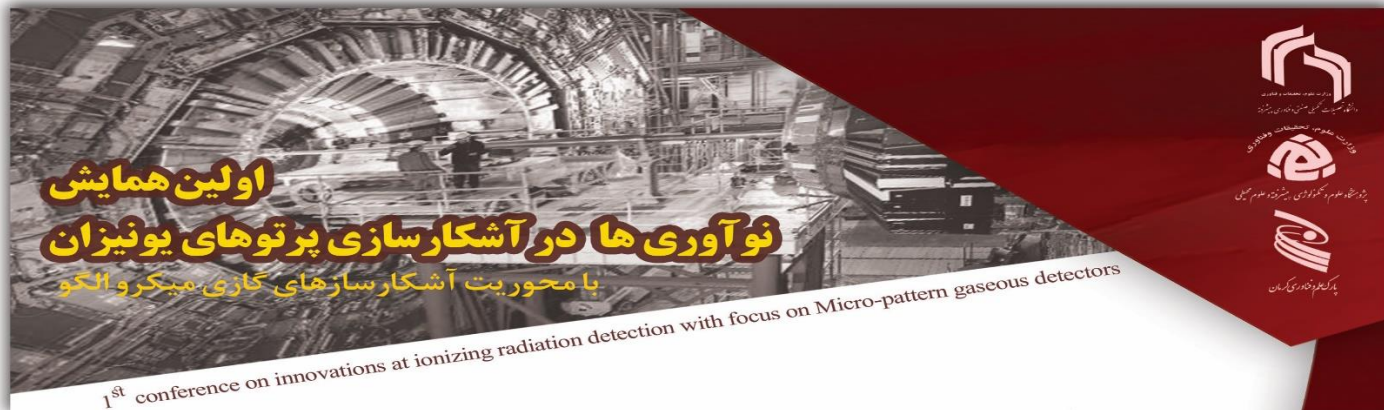


۳- نتایج حاصل از مطالعات تجری

نتایج حاصل آزمایش های تجری در شکل شماره ۲ و ۳ برای لوله های آهنی و PVC آورده شده است. نتایج نشان میدهد که چنین چیدمانی که مبتنی بر مدل گاماهای عبوری است مناسب برای سطح سنجی سیالات نفتی که درون لوله های آهنی و PVC در جریان است مناسب می باشد.



شکل شماره (۲)

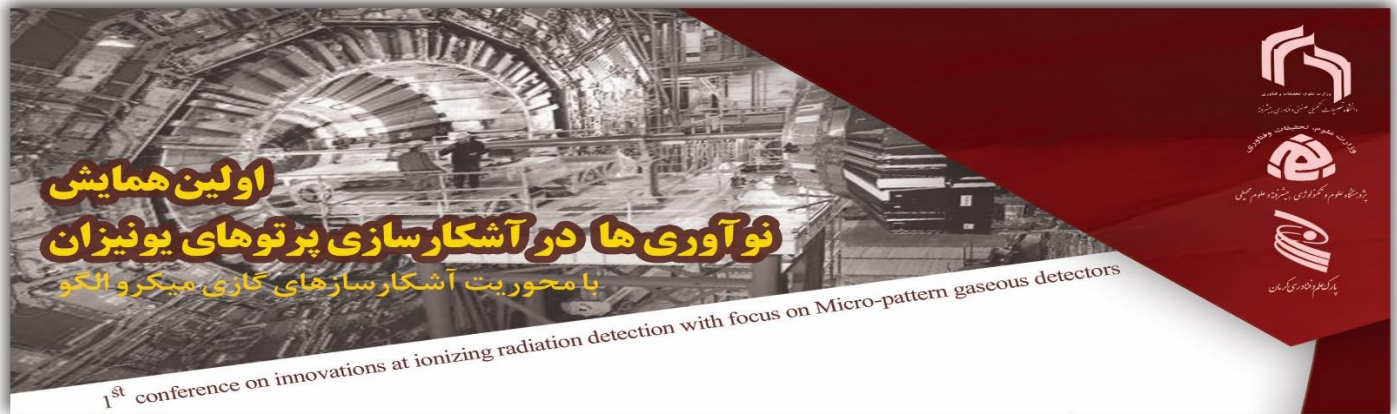


شکل شماره (۳)

از نمودار شکل ۳ و ۲ نتیجه میشود که سیستم طراحی شده برای شمارش ۱۰ ثانیه توانایی سنجش سطح سیالات مذکور را با دقت ۹۹٪، ۵۳ را دارد. شمارش ۵ برای ثانیه نیز محاسبه شد ولی نتایج مطلوبی بدست نیامد. همچنین شمارش زیر پیک نیز مطلوب نبود.

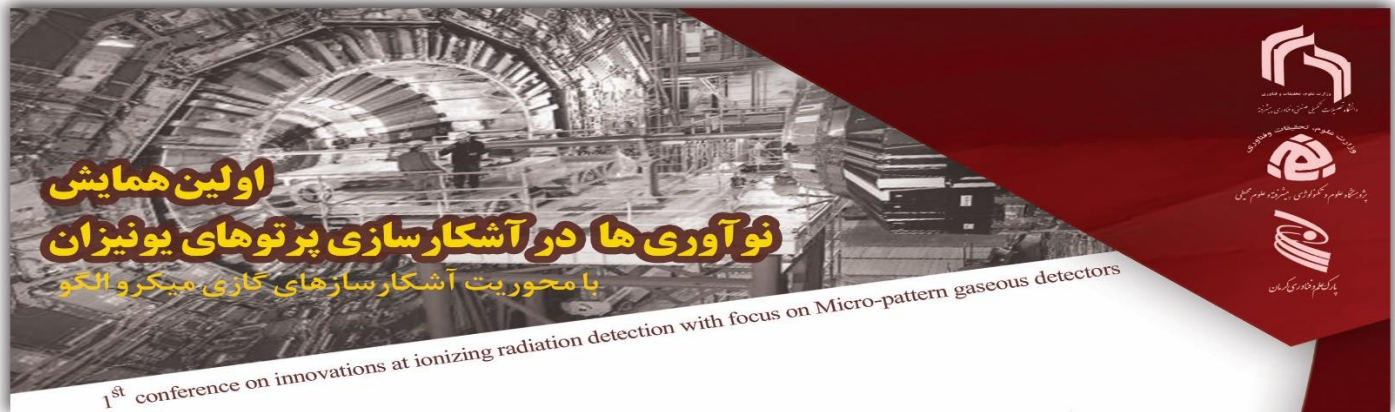
۴- نتیجه گیری و جمع بندی

ساخت سطح سنج های گاما نشان داده است پرتوی گامای عبوری با توجه به سیالات مختلف و مخازن با جنس بدنه مختلف. کارساز است. نتایج تجربی بدست آمده نیز نشان داد که در عمل میتوان سطح سیالاتی مانند آب، گازوییل و بنزین را با اختلاف چگالی کمتر از ۰/۱ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری کرد و این مواد را با دقت ۹۹ درصد از یکدیگر تشخیص داد این روش به راحتی امکان صنعتی شدن و استفاده در صنایع مختلف را به طور کاملاً بومی دارد.



۵-مراجع

- [1].Liptak,B.G.(2003).Instrument Engineers' Handbook-Process Measurement And Analysis,4th Edition ,CRC Press,
- [2].Foldiak, G.(1986).Industrial Application of Radioisotops ,Academy Kiado Publishing,Budapest.
- [3].www.princoinstruments.com.Princo Instruments Inc.
- [4].Johansen ,G. A. and Jackson , P.(2004).Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurments,john Wiley & Sons,West Sussex,England
- [5].Abro,E.,Johansen,G.A.and opedal ,H.(1995). 'A radiation transport model As a design too for gamma densitometer ' ,nucl.d Meth,A 431,pp.347-355
- [6].Johansen ,G. A. and Jackson , P.(2004).Radioisotope Gauges for Industrial Process Measurments,john Wiley & Sons,West Sussex,England
- [7].Henriksen ,T.,Ingeberesten, F., Storruste, A. and Stranden, E.(1987). 'Radioactivity,Radiation, Health' , Universitetsforlaget As, Oslo (in Norwegian)
- [8]. TECHNICAL DATA ON NUCLEONIC GAUGES IAEA, VIENNA, 2005.
- [9].http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_fuel



ردیابی نور مرئی حاصل از برهمکنش پرتوهای مئون و گاما با بلور سوسوزن NaI(Tl) بهینه شده برای اندازه گیری اثر خود جذبی و شفافیت بلور

سیامک هوشمند کوچی^۱، احمد اسماعیلی ترشابی^{*۱}

۱ گروه مهندسی هسته ای، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

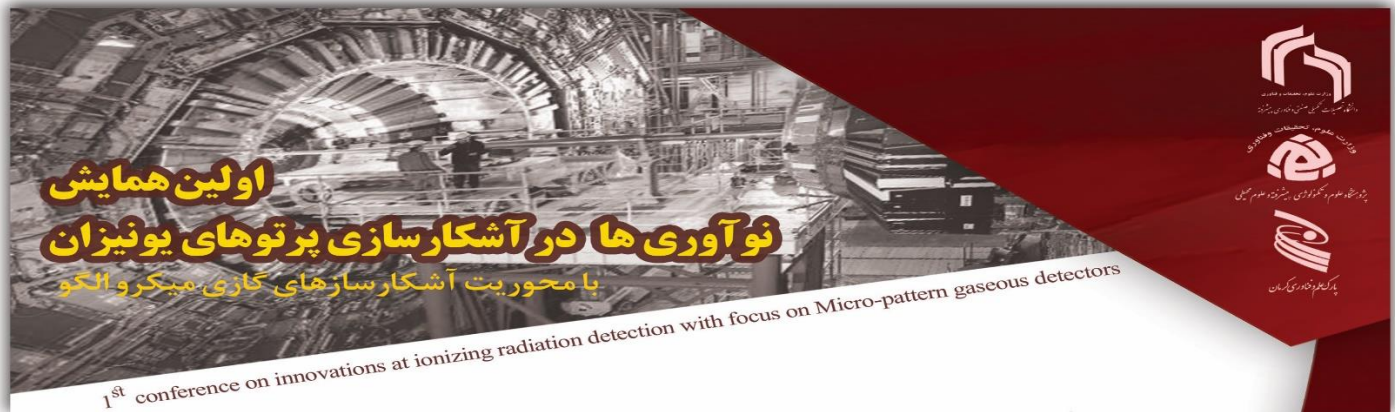
*نویسنده مسئول: احمد اسماعیلی ترشابی

استادیار گروه مهندسی هسته ای، دانشکده علوم و فناوری های نوین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران، تلفن: ۰۹۱۳۵۰۰۹۴۲۲ پست الکترونیک: a.esmaili@kgut.ac.ir

چکیده:

برای آشکارسازی و طیف نگاری اکثر پرتوهای یونیزان از آشکارسازهای سوسوزن استفاده می شود که مزیت های ویژه ای نسبت به انواع آشکارسازهای گازی دارند. در سوسوزن ها با برهمکنش پرتو ورودی با حجم حساس کریستال کسری از انرژی برخوردی به نور مرئی تبدیل شده که فوتون های نوری تولید شده در نهایت میزان پیک سیگنال تولیدی برای آشکارسازی را تعیین خواهند کرد. برای نتیجه صحیح تر و تقریباً خطی آشکارساز باید نسبت به نور تولیدی خود شفاف باشد. در مواقعی که بلور خالص باشد و هیچ نوع ناخالصی (فعال ساز) در آن موجود نباشد، طیف انرژی فوتون تولیدی با انرژی تحریک زوج الکترون-یون برابر خواهد بود و همپوشانی بین طیف های گسیلی و جذبی ایجاد می شود که پدیده خود جذبی در آشکارسازهای خالص را به وجود می آورد.

در آشکارسازهای سوسوزن علاوه بر مسائل مربوط به تقویت سیگنال، جنس خود بلور نیز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در ساخت بلورها نکاتی چون نوع مواد ترکیبی، شکل بلور و جنس آن بسته به کاربرد بلور برای نوع پرتو و مکان سنجش آن متغیر می باشد؛ اما مسئله ای که اهمیت زیادی در این حوزه دارد، میزان شفافیت بلور است. این مسئله از این جهت می تواند مهم باشد که هرچه فوتون نور مرئی فاصله بیشتری در بلور پیمایش کند، امکان خود جذبی در بلور نیز بالاتر خواهد رفت. همان گونه که در بررسی ها در این پژوهش شبیه سازی نشان می دهد که هر چه عمق نفوذ و تعداد فوتون ها و یا ذرات یونیزان بررسی شده با نگاه به انتقال انرژی خطی یا LET آن پرتو بیشتر باشد، فوتون های تولیدی ناشی از برهمکنش آن پرتو با بلور سوسوزن افزایش پیدا



می‌کند. در نتیجه‌ی محاسبات انجام شده توسط کد مونت کارلویی FLUKA برای پرتوگاما و مئون و با استفاده از نتایج مکانی برهمکنش پرتو با بلور در این کد، تصاویر سه بعدی برای ذره خاص مئون با کمک نرم افزار MATLAB رسم شده است که بیان کننده مسافت حرکتی بیشتر فوتون نور مرئی برای خارج شدن از بلور طراحی شده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

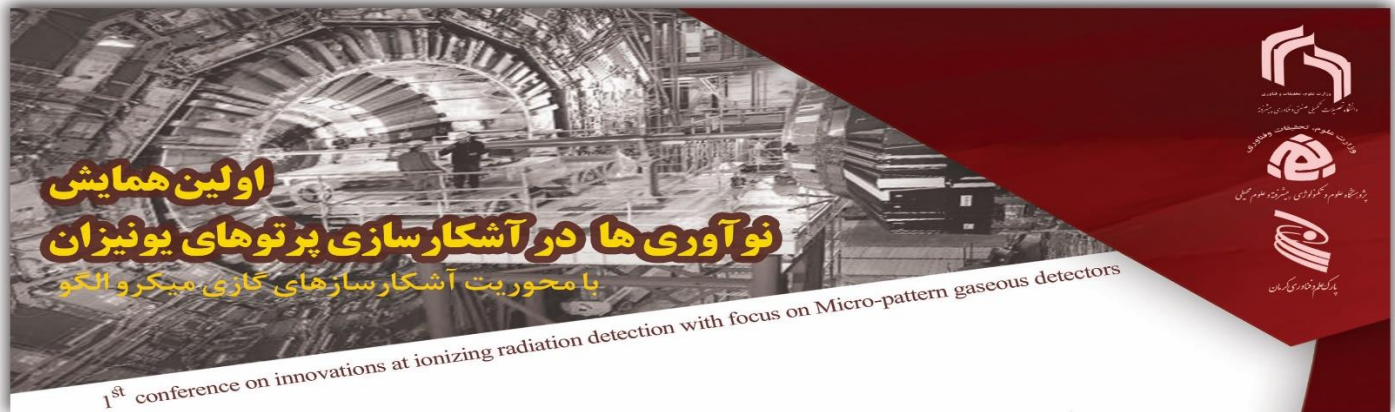
آشکارساز سوسوزن، اثر خود جذبی، شفافیت، گاما، مئون

مقدمه:

امروزه آشکارسازهای سوسوزن به عنوان یک ابزار رایج برای آشکارسازی و طیف نگاری اکثر پرتوهای یونیزان استفاده می‌شوند که مزیت‌های ویژه‌ای نسبت به انواع آشکارسازهای رایج دیگر دارند. در آشکارسازهای سوسوزن، از برهمکنش پرتو ورودی با حجم حساس کریستال کسری از انرژی پرتو برخوردی [1-3] به نور مرئی تبدیل می‌شود. فوتون‌های نور مرئی تولید شده که در نتیجه انتقال الکترون‌های مداری اتم‌های کریستال سوسوزن برای رهایی از برانگیزش است، مبنای تولید سیگنال می‌گردند. مواد تشکیل دهنده کریستال‌های سوسوزنی دارای دودسته مواد آلی و غیر آلی هستند که عدد اتمی و چگالی بالای مواد غیر آلی برای طیف نگاری پرتوهای گاما، [2,4-5] و کریستال‌های آلی برای طیف سنجی نوترون‌های تند و پرتوهای بتا بکار می‌روند.

برای انجام این کار، از کد مونت کارلویی فلوکا برای شبیه سازی مئون به عنوان بیم برخوردی و آشکارساز سوسوزن به عنوان ماده هدف استفاده شده است. فلوکا یک برنامه جامع تائید شده بر پایه محاسبات مونت کارلو می‌باشد که توانایی‌های زیادی در طراحی، محاسبه اندرکنش ذرات در فیزیک و مهندسی در زمینه‌های پرتودرمانی، حفاظ سازی در پرتو پزشکی، آشکارسازی پرتوهای یونیزان، مطالعات اشعه‌های کیهانی، دوزیمتری، فیزیک پزشکی و زیست شناسی رادیویی داراست (فلوکا فرانس) [6-8].

در بعضی از حالات برانگیختگی الکترون برای بازگشت به باند هدایت نیاز به کمی انرژی برانگیختگی گرمایی دارد، این حالات فسفرسانس هستند که عامل ایجاد پس تاب یا نور زمینه در سوسوزن هستند. حالت دیگر فرونشانی نام دارد که در این فرایند هنگام بازگشت الکترون به حالت پایه خود هیچ فوتونی ساطع نخواهد شد که نشان دهنده حالت اتلاف انرژی فوتون در تبدیل به فوتون مرئی است. در برخی موارد ممکن است الکترون و حفره درقید یکدیگر به صورت آزادانه در بلور حرکت کنند که این حالت را



اکسیتون نام نهاده‌اند، هنگامی که به اتم فعال‌ساز برخورد می‌کنند که در این فرایند نیز فوتون نور مرئی ساطع خواهد شد. برای تولید یک زوج الکترون حفره در غالب موارد، نیاز به سه برابر انرژی باند ممنوعه خواهد بود [9-10].

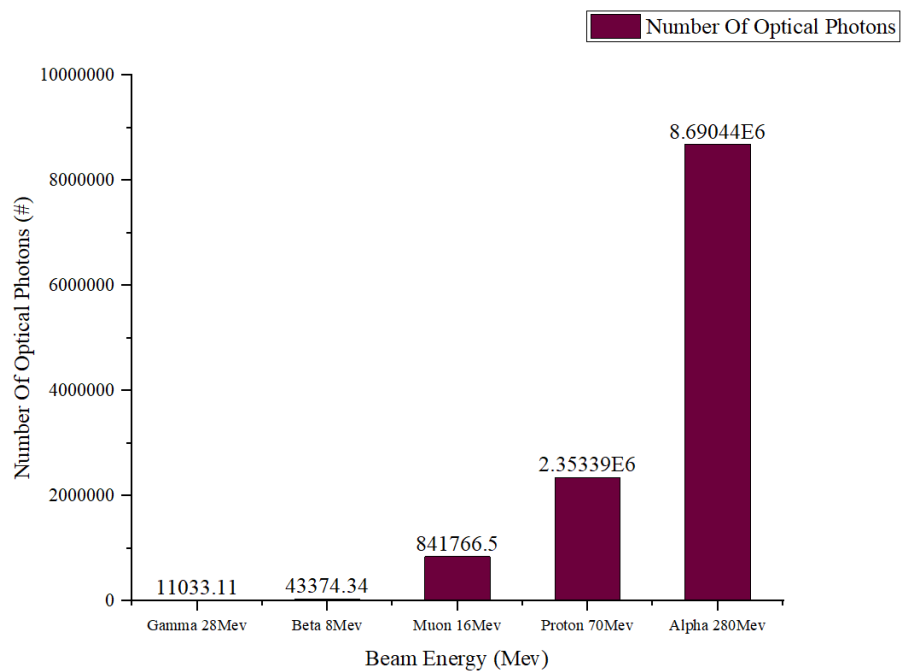
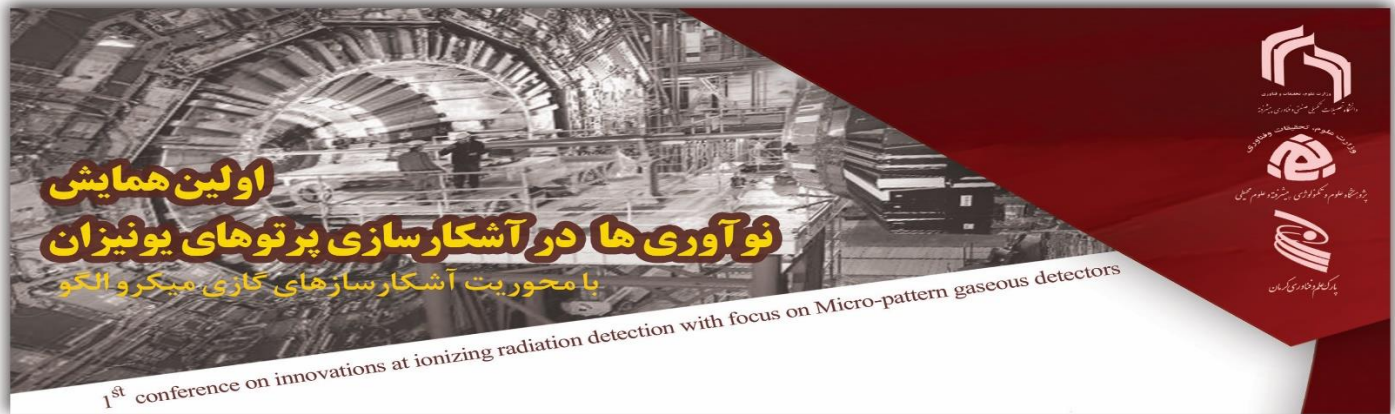
نتیجه مهمی که از این مراکز نوردهی حاصل می‌شود این است که بلور آشکارساز نسبت به نور تولیدی خود شفاف است. در مواقعی که بلور خالص باشد و هیچ نوع ناخالصی (فعال‌ساز) در آن موجود نباشد، طیف انرژی فوتون تولیدی با انرژی تحریک زوج الکترون-یون برابر خواهد بود و همپوشانی بین طیف‌های گسیلی و جذبی ایجاد می‌شود که پدیده خود جذبی در آشکارسازهای خالص را به وجود می‌آورد.

حال با تولید نور به هر میزان و با هر بازده در سوسوزن‌های مختلف، چگونگی و چه میزان توانایی در جمع‌آوری فوتون‌های به وجود آمده از اهمیت بالایی برخوردار است. برای جمع‌آوری فوتون دو مشکل خود جذبی نور در داخل سوسوزن و فرار نور از سطح بلور بر سر راه جمع‌آوری حداکثری وجود دارد. به جز مواردی چون سوسوزن ZnS و سوسوزن با ابعاد بزرگ، فرار نور از سطح سوسوزن نقش بسیار زیادتری نسبت به خود جذبی ایفا می‌کند [11].

نتایج:

بیشترین فوتون نوری بر اساس میزان انرژی هر پرتو:

نمودار زیر بر اساس بیشترین بازده فوتون نور مرئی در بلور طراحی شده در شرایط خاص برای انواع پرتو در بیشترین انرژی بیم پرتویی به دست آمده است. از آنجاکه هرچه LET پرتو در ماده سوسوزن بیشتر باشد، فوتون بیشتری نیز تولید خواهد شد، این مسئله به روشنی با توجه به داده‌هایی که به دست آمده قابل مشاهده است. بیشترین تعداد فوتون‌های مرئی تولید شده با توجه به LET هر پرتو به ترتیب مربوط به آلفا، پروتون و مئون سپس بتا و گاما می‌باشد. باید توجه داشت که پژوهش فقط فوتون‌های مرئی که از سطح بیرونی بلور خارج شده‌اند در نظر گرفته شده است.



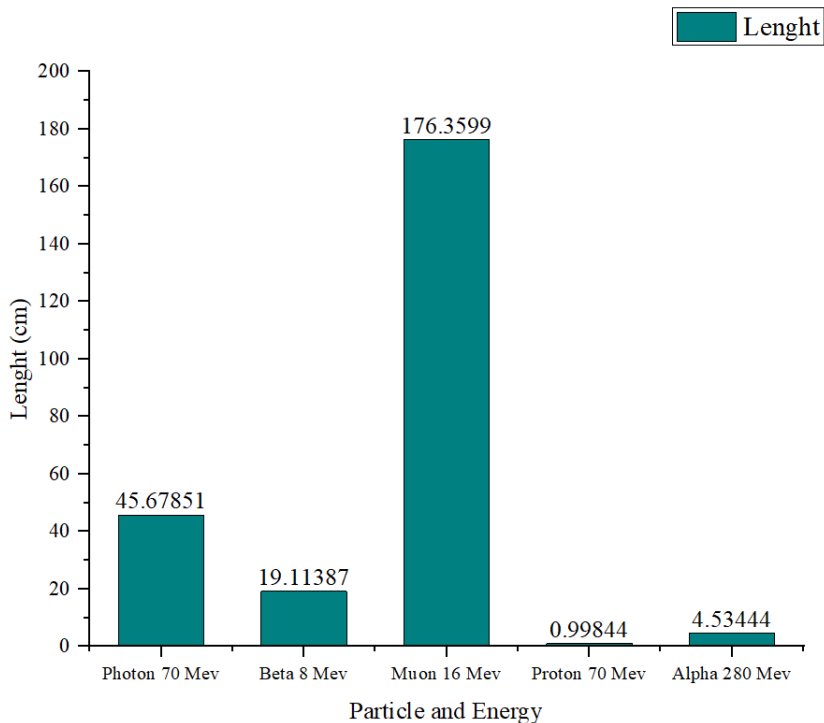
نمودار ۴-۹- نمودار بیشترین بهره نوری هر نوع پرتویی با توجه به انرژی آن بیم که به بلور NaI(Tl) تابیده شده است.

برای بررسی مسافتی که نور مرئی پس از تولید شدن در بلور باید پیماید تا از سطح بلور خارج شود، در بیشترین بازده انرژی برای هر پرتو این شبیه سازی انجام گرفت. این شبیه سازی نیز در شرایط کاملاً یکسان همانند شبیه سازی های قبل برای هر نوع پرتو صورت گرفته است. این مسئله از این جهت می تواند مهم باشد که هرچه فوتون نور مرئی فاصله بیشتری در بلور پیمایش کند، امکان خود جذبی در بلور نیز بالاتر خواهد رفت.

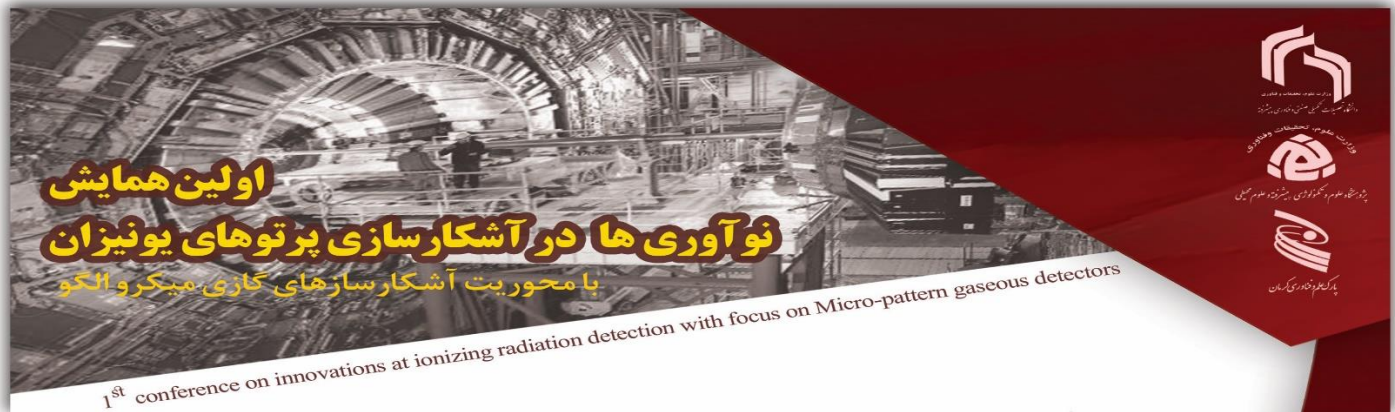


همان گونه که در نمودار زیر مشاهده می شود هر چه عمق نفوذ و تعداد فوتون های پرتوهای نفوذی با توجه به LET آن پرتو، بیشتر باشد، فوتون های تولیدی ناشی از برهمکنش آن پرتو با بلور سوسوزن لزوماً مسافت بیشتری برای خارج شدن از بلور را طی نمی کنند.

داده هایی که برای رسم این نمودار به دست آمده اند بر اساس میانگین مسافت طی شده همه فوتون های مرئی تولید شده در بلور، توسط برخورد یک پرتو با بلور می باشد که بستگی به مکانی دارد که پرتو با ماده حساس آشکارساز برهمکنشی که منجر به تولید فوتون مرئی شده باشد، دارد.

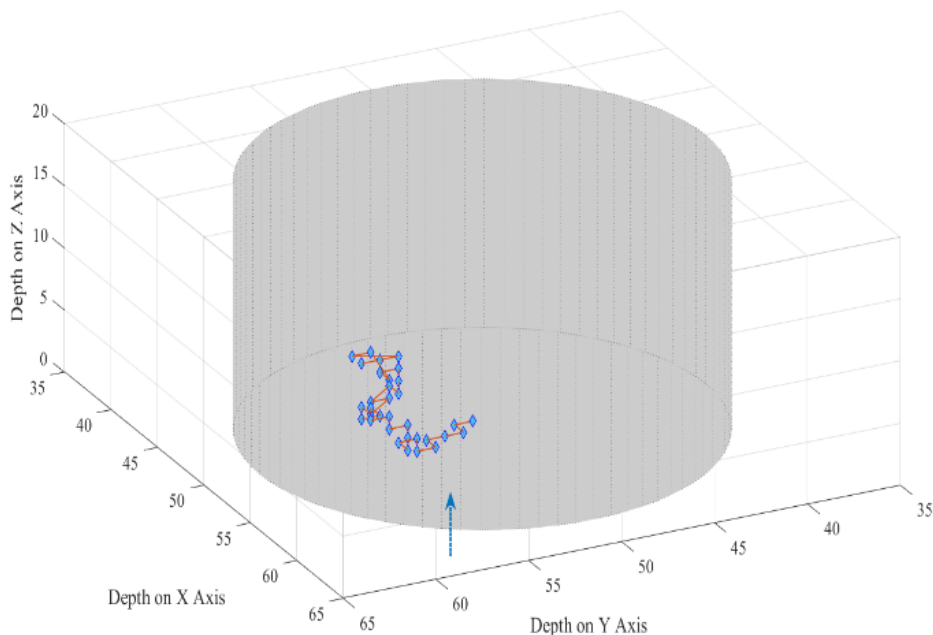


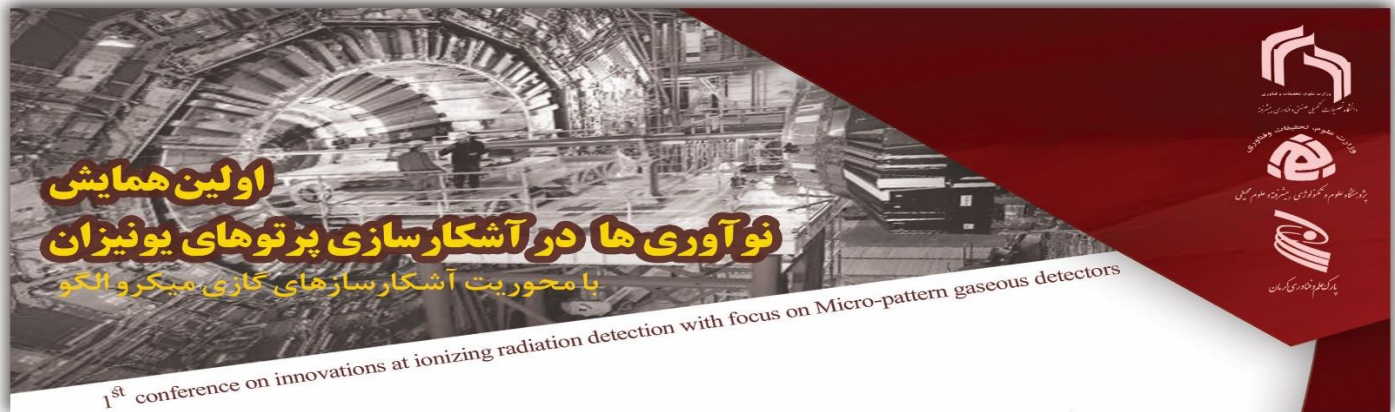
نمودار ۴-۱۰- نمودار طول بیشترین مسافت پیموده شده در حجم بلور توسط فوتون های نور مرئی که بر اثر برخورد تنها یک پرتو از هر نوع پرتو، از زمانی که در بلور NaI(Tl) تولید شده تا زمانی که از بلور خارج شوند.



در شکل (۱) یک تصویر سه بعدی از حرکت یک ذره مئون در حجم حساس کریستال سوسوزن نشان داده شده است. لازم به ذکر است این شکل بعد از پردازش داده‌های حاصل از کد فلوکا در برنامه MATLAB به دست آمده است. همان طور که از شکل مشخص است، پرتو مئون از ابتدای ورود به بلور سوسوزن (از زیر بلور در این شکل) شروع به اتلاف انرژی نموده است. در هر نقطه که ذره مئون در بلور تغییر مسیر داده که با علامت (♦) نشان داده شده است، از خود انرژی خاصی به جا گذاشته که این موضوع منجر به تولید نور مرئی در برخی برخوردها (و نه در همه برخوردها) در بلور سوسوزن شده است.

لازم به ذکر است که میزان انرژی اتلافی نیز در هر نقطه نیز به طور دقیق قابل محاسبه است. شکل زیر نمایانگر تولید نور مرئی در ۳۳ نقطه محل خاص می‌باشد و در نهایت همان گونه که از میزان اتلاف انرژی‌ها مشخص است، این پرتو خاص با جایگذاری بخشی از انرژی خود، بدون هیچ برهمکنش دیگری از بلور خارج شده است. جهت ورود پرتو مئون در راستای محور Z می‌باشد و برای بالا بردن دقت رزولوشن مکانی، محیط به $10^5 \times 16$ قسمت برابر تقسیم شده است. لازم به ذکر است استوانه‌ای که در اطراف مکان برهمکنش قرار دارد برای درک بهتر مطلب طراحی شده است که نسبت به ابعاد بلور اصلی کوچک تر است.



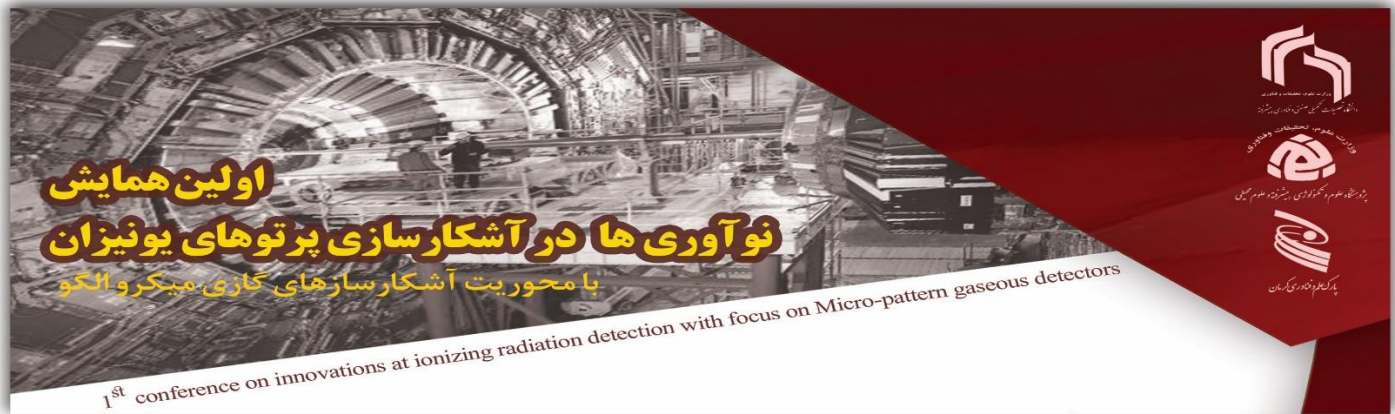


شکل 2. ردیابی حرکت یک پرتو مئون با انرژی 12 MeV در بلور سوسوزن NaI(Tl) در فضای سه بعدی (علامت پیکان نشانگر مسیر ورود پرتو به بلور می باشد) همچنین دقت اندازه گیری برابر 0/5 میلی متر و دیمانسیون ابعادی برحسب میلی متر می باشد.

جدول 2 که در زیر آورده شده است، مربوط به 33 نقطه محلی است که در شکل 2 منجر به تولید فوتون های نوری در بلور سوسوزن طراحی شده می باشد. در این جدول میزان اتلاف انرژی پرتو در هر یک از این نقاط به صورت جداگانه آورده شده است.

جدول 2. جدول انرژی های تلف شده در هر برخورد توسط یک پرتو مئون با انرژی 12 مگا الکترون ولت در حجم بلور NaI(Tl)

اتلاف انرژی در هر ردیف برخورد (کیلو الکترون ولت)		اتلاف انرژی در هر ردیف برخورد (کیلو الکترون ولت)	
89	18	397	1
234	19	66	2
30	20	223	3
19	21	267	4
233	22	168	5
195	23	83	6
87	24	59	7
203	25	206	8
251	26	40	9
155	27	8	10
60	28	232	11
255	29	73	12
296	30	193	13
381	31	109	14
157	32	165	15
326	33	175	16
-	-	57	17



Tracking the visible light from the interaction of Muon and gamma rays with optimized NaI (Tl) scintillation crystal to measure the effect of self-absorption and transparency

Siamak Hooshmand Koochi¹, Ahmad Esmaili Torshbi^{*1}

1-Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran

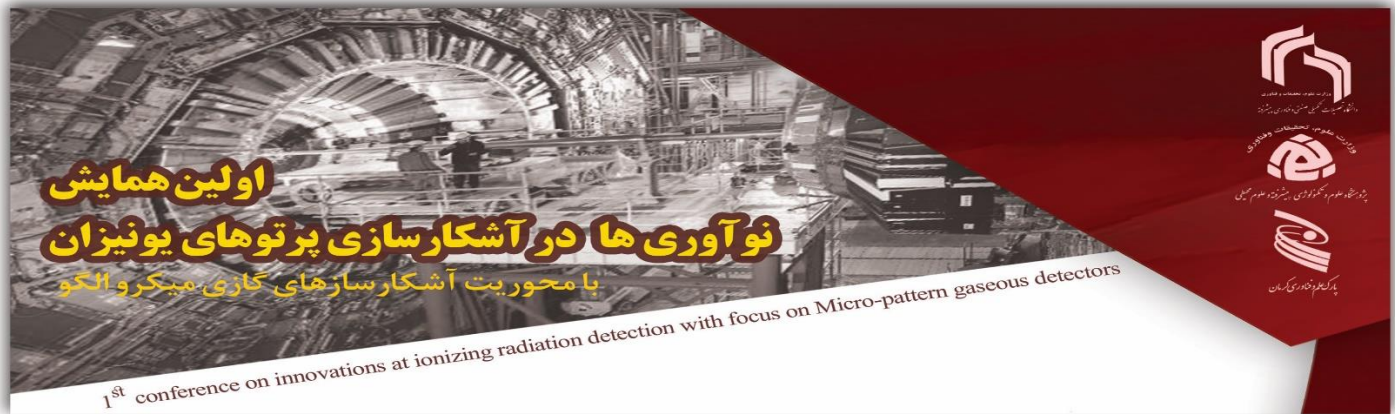
*Corresponding Author: Ahmad Esmaili Torshabi, Assistant Professor of Nuclear Engineering Division, Faculty of Sciences and Modern Technologies, Graduate University of Advanced Technology, Kerman 7631818356 Iran

Abstract:

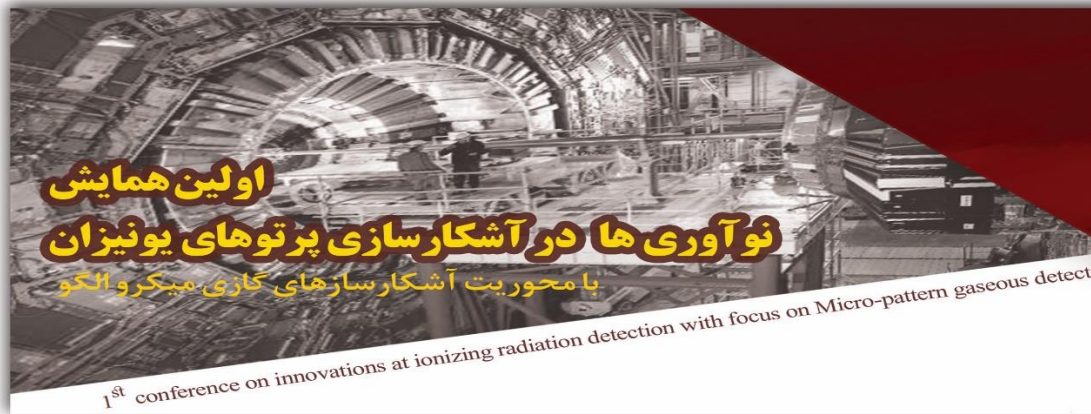
In scintillation detectors, in addition of signal amplification issues, the material of the crystal is also necessary. In producing crystals, some points such as the type of composite material, the shape of the crystal and its elements are vary depending on the application of the crystal for the type of beam and usable location. But the issue that is very important in this field is level of transparency of the crystal. It has a main role, because the distance that the optical photons travel through the crystal, has a straight effect on self-absorption. As it will be shown in the simulation study, the greater penetration in depth and number of visible photons of the with respect to the LET of the beams. As results, more optical photons are produced by the interaction of that beam with the scintillation crystal, so it will be cased of the higher distance calculation.

Keywords: Scintillation Detector, Self-absorption, Transparency, Gamma, Muon

منابع:



- [1]. Krieger Pub co, Evans LRD, The Atomic Nucleus. New York, (1982).
- [2]. Knoll G, Radiation Detection and Measurement. 4rd ed, New York, Wiley, (2010).
- [3]. Cember H, Thomas E Johnson, McGraw Hill Companies, Pergamon Press. Oxford (1983).
- [4]. Birks JB, The Theory and Practice of Scintillation Counting, Pergamon Press. Oxford, (1964).
- [5]. Chuong HD, Le NT, H. D. Tam. Semi-empirical method for determining the density of liquids using a NaI(Tl) scintillation detector, Applied Radiation and Isotopes. 152, 109–114 (2019).
- [6]. Fasso A, The physics models of FLUKA, status and recent development, arXiv: hep-ph/0306267, FLUKA manual. (2003).
- [7]. Infantino A, Blackmore EW, Brugger M, “et al”, FLUKA Monte Carlo assessment of the terrestrial muon flux at low energies and comparison against experimental measurements, Elsevier. (2016).
- [8]. Ferrari A, Sala PR, Fasso A, Ranft J, Fluka a multi-particle transport code. (2011).
- [9]. R. B. Murray, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-22(1), 54 (1975).
- [10]. R. G. Kaufman, W. B. Hadley, and H. N. Hersh, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-17(3), 82 (1970).
- [11]. G. Knoll, Radiation Detection and Measurement, 4rd ed. 2010.



اولین همایش
نوآوری ها در آشکارسازی پرتوهای یونیزان
با محوریت آشکارسازهای گازی میکرو الگو

1st conference on innovations at ionizing radiation detection with focus on Micro-pattern gaseous detectors

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه صنعتی امیرکبیر
پارک علم و فناوری تهران