



طراحی و ساخت گونه ای از آشکارساز تناسبی گاز جاری چند سیمی حساس به مکان

طیب کاکاوند^۱، محمد مهدی ناصری^۲، کیومرث کمالی مقدم^۲، بهادر شریفی^{۱*}، منا درخوش^۱،
فرهاد ذنوبی^۲

^۱دانشگاه زنجان، گروه فیزیک

^۲سازمان انرژی اتمی ایران - پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای - پژوهشکده علوم هسته ای

چکیده:

در این مقاله چگونگی طراحی و ساخت آشکارساز تناسبی گازی حساس به مکان مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع با این ابزار می توان موقعیت مکانی ورود اشعه به داخل آشکارساز را پیدا نمود. روش مورد استفاده برای پیدا کردن موقعیت اشعه، روش تقسیم بار می باشد. گاز مورد استفاده در این آشکارساز، P_{10} (۱۰٪ متان و ۹۰٪ آرگون) می باشد. حجم حساس برای آشکارسازی 24 cm^3 است. برای اندازه گیری داده ها از وسایلی مانند تحیل گر چند کاناله، پیش تقویت کننده، تقویت کننده و غیره استفاده شده است که در پایان منحنی پلاتو و خاصیت حساس به مکان بودن بصورت نمودار نشان داده شده است. مقدار قدرت تفکیک مکانی برای آشکارساز ساخته شده 3.5 mm است.

واژگان کلیدی: آشکارساز تناسبی - حساس به مکان - تقسیم بار - یونیزاسیون - تکثیر گازی

مقدمه

بعد از ساخت آشکارساز گایگر، در سال ۱۹۴۸ اولین جرقه ساخت آشکارساز تناسبی توسط کوران، شیمر و همکارانش شروع شد و تا امروزه بر ای ارتقاء عملکرد آن، تلاشهای زیادی بر روی آن انجام شده است [1]. شمارنده های تناسبی چند سیمی (MWPC (Multi Wire Proportional Counter) توسط چارپاک و همکارانش در سرن توسعه داده شد که دارای کاربردهای فراوانی در آزمایشات مربوط به فیزیک ذرات پر انرژی و کریستالوگرافی اشعه ایکس و اختر فیزیک می باشد [2]. ثبت موقعیت مکانی پرتوها این امکان را فراهم می آورد که بتوان توزیع مکانی یک دسته پرتو را مورد بررسی قرار داد این دسته پرتو می تواند ناشی

* : f_nu_b@yahoo.com یا nphysics.bahador@gmail.com

پست الکترونیک:

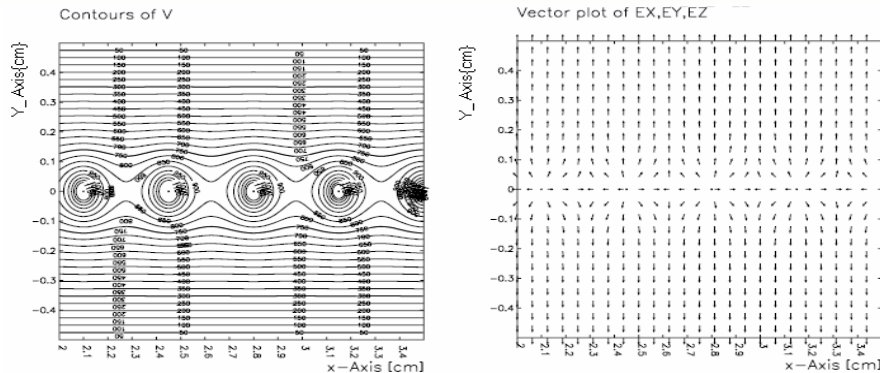
تلفن: ۰۹۱۸۳۵۸۱۴۶۷

از توزیع فضایی یک ماده رادیو اکتیو (مانند رادیو داروهای جذب شده در بدن یک بیمار یا بطور کلی یک جسم) و یا توزیع فضایی پرتوهای پراکنده شده در اثر پدیده تفرق باشد [3].

به هر حال هر دلیل دیگری که باعث پراکندگی معنا دار پرتو ها باشد، ممکن است که نیاز به بررسی مکانی داشته باشد که در آن صورت استفاده از آشکارسازهای حساس به مکان تنها گزینه برای آن است. یک MWPC متشکل از صفحات نازک آند و کاتد می باشد. صفحه آند با فاصله مساوی و متقارن بین دو صفحه کاتد قرار دارد که مجموعه آنها نیز در یک محفظه ای که حاوی گاز مخصوص (P_{10}) است، قرار گرفته اند [4]. اگر بواسطه ورود اشعه به داخل ناحیه حساس یونشی اتفاق بیفتد، الکترون اولیه تولید شده به سمت سیم آند حرکت خواهد کرد. در نقاط دور از آندها، میدان الکتریکی اساسا ثابت است، و در نزدیکی آن میدان الکتریکی متناسب با عکس توان دوم فاصله از سیم آند می باشد. بنابراین انرژی جنبشی الکترون اولیه به اندازه کافی زیاد خواهد شد که می تواند با برخوردهای الاستیک فراوان باعث بوجود آمدن بهمین یا تکثیر گازی شود [4,5]. اگر کل بار جمع آوری شده متناسب با تعداد الکترون های اولیه باشد، گفته می شود که اتفاق در ناحیه تناسبی کار می کند و ثابت تناسب را ضریب تکثیر می نامند که آن نیز با $\text{Exp}(V)$ متناسب است. بهمین های الکترونی سریعاً توسط آند جمع آوری می شوند و یون های مثبت در خلاف جهت به سمت کاتد حرکت می کنند. در این حرکت، یونهای مثبت، بارهای تصویری را در اطراف کل الکترودها القا می کنند که باعث ایجاد سیگنال منفی بر روی سیم در نقطه ای که بهمین سرچشمه گرفته، می شود. در اصل هر سیم بعنوان یک آشکارساز جداگانه عمل می کند و می توان سیمی را که از آن سیگنال می آید، کد گذاری کنیم که به این سیستم، MWPC حساس به مکان گفته می شود [5]. روش مورد استفاده در این کار تحقیقاتی، روش تقسیم بار است [6].

شبیه سازی آشکارساز

بهترین اندازه را برای پیدا کردن فاصله بین آند و کاتد در محدوده ولتاژی انتخاب شده، توسط کد Garfield_7 (کدی که در مرکز تحقیقات سرن برای شبیه سازی آشکارسازهای گازی ارایه شده است) بدست آوردیم که حدود 5 mm می باشد [7]. با اعمال ولتاژ به مجموعه، میدان الکتریکی و سطوح هم پتانسیل ایجاد شده توسط آن را می توان با کد فوق بدست آورد که در شکل (۱) نمایش داده شده است.



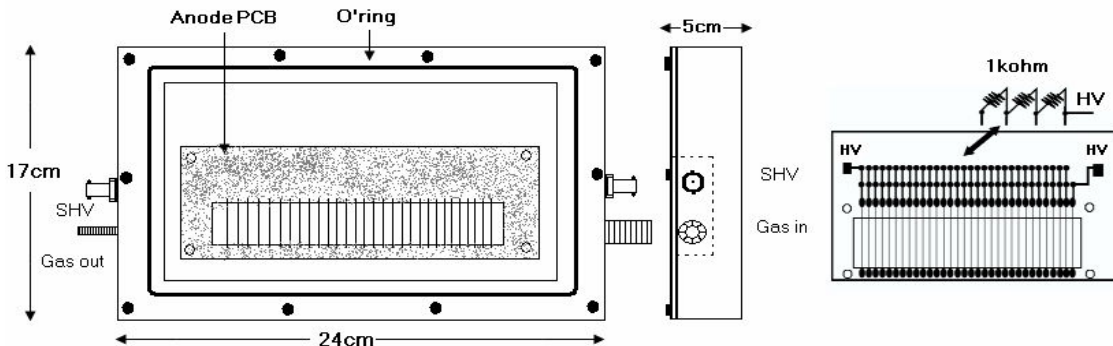
شکل (۱)- شبیه سازی شکل میدان الکتریکی و سطوح هم پتانسیل آشکارساز حساس به مکان توسط کد Garfield_7

مراحل کار

شرح مراحل کار در سه قسمت ساخت، مونتاژ و روش آزمایش در زیر آمده است.

ساختار مکانیکی

آشکارساز ساخته شده متشکل از یک صفحه مرکزی آند که بین دو صفحه کاتد قرار گرفته است و در داخل یک جعبه آلومینیومی قرار گرفته است. آند متشکل از 32 سیم نیکرومی (قطر 35 میکرون و طول 3 cm و مقاومت 10 اهم بر سانتی متر) که فاصله جدایی هر کدام 3.5 mm می باشد و یک زنجیره مقاومت یک کیلو اهمی، که همه به یک صفحه فایبر گلاس به ابعاد $0.5 \times 8 \times 19 \text{ cm}^3$ ، لحیم شده اند که تشکیل یک مدار چاپی می دهند. کاتد هم از دو صفحه فایبر گلاس چاپی با ابعاد $4 \times 12 \text{ cm}^2$ ساخته شده است که از بالا و پایین مدار آند را با فاصله 5 mm احاطه کرده اند. محفظه آشکارساز از یک جعبه آلومینیومی به ابعاد 24 cm^3 $5 \times 17 \times$ می باشد که یک شکاف به ابعاد $2 \times 12 \text{ cm}$ (پنجره) بر روی آن تعبیه شده که از یک لایه مایلار به ضخامت 0.8 میلی گرم بر سانتی متر مکعب پوشیده شده است تا اشعه با کمترین تضعیف وارد آشکارساز شود. محفظه آشکارساز از جنس پلکسی گلاس می باشد که بعد از نصب مدارات الکترونیک در آشکارساز، با واشر (O'ring) و بستن پیچ ها می توان محفظه را از نظر گاز، کاملاً عایق کرد. محل اتصالات ورودی و خروجی گاز و اتصالات ولتاژ بالا (High Voltage) در شکل (۲) نشان شده است.



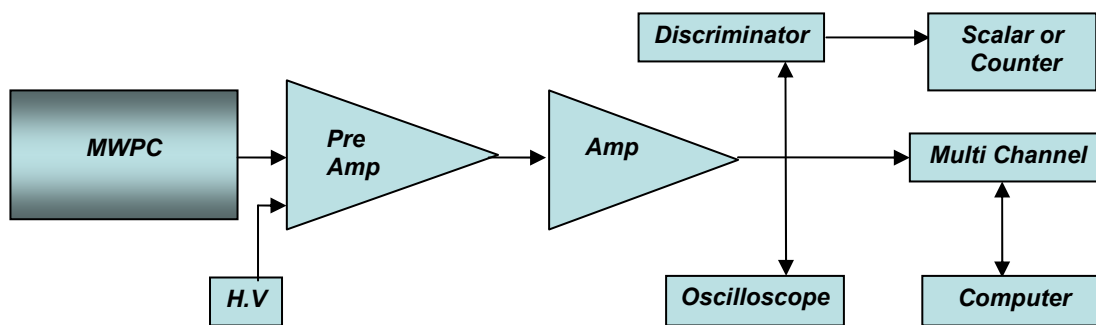
شکل (۲) - (الف) نمای از مدار چاپی (آند) آشکارساز (ب) شمایی از محفظه آشکارساز و اجرای آن

نصب و مونتاژ

آشکارساز شامل مدار طراحی شده (آند)، کاتد، فاصله دهنده های 5 mm، پیچ های عایق، واشر، مقاومت و تجهیزات لحیم کاری می باشد. محفظه از دو طرف از طریق جک SHV (سیستم عایق الکتریکی و گاز که اصطلاحاً feed troughs نامیده می شود) و کابل به منبع ولتاژ بالا (H.V) متصل می شود. سیم های نیکروم را قبل از اتصال به برد باید تحت کشش بگذاریم تا در اثر گرم شدن سیم دچار انحنای افتادگی نشوند. بعد از لحیم سیم ها به صفحه مدار چاپی، لازم است که سیم ها را بدقت از صفحه جدا کنیم که نیازمند یک برنده تیز و ظریف می باشد. همچنین تمام نقاط تیز و نقاطی را که احتمال نشت الکتریکی و جرقه زدن می باشد را توسط عایق خاصی می پوشانیم. بعد از شستشوی قطعات الکتریکی و محفظه آشکارساز توسط استون و مونتاژ کردن قطعات با استفاده از فاصله دهنده ها و پیچ های عایق، کل مجموعه را بر روی دو پایه از جنس پلکسی گذاشته و صفحات کاتد را به زمین و آند را از دو سمت به جک SHV متصل می کنیم. بعد از نصب واشر و اطمینان کامل از عایق بودن، درب آشکارساز را گذاشته و پیچ ها را محکم می بندیم. حال سیستم آماده پر کردن گاز می باشد. با ورود گاز به داخل محفظه، اتاقک را پر کرده و برای مدت زمان محدودی خروجی را باز گذاشته تا گرد و غبار احتمالی موجود در محفظه کاملاً خارج شود. بعد از چند دقیقه خروجی گاز را در داخل محفظه آب می گذاریم و با یک شیر کنترل، خروجی دبی گاز خروجی را مشاهده می کنیم. حال سیستم آماده اعمال ولتاژ می باشد. البته باید ولتاژ را به صورت پله ای افزایش می دهیم تا به مجموعه آسیبی وارد نشود.

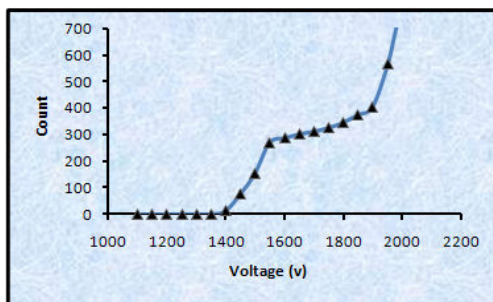
روش آزمایش

چیدمان واحدهای الکترونیکی بکار گرفته شده در این روش بدون استفاده از مدار تقسیم‌گر و جمع‌کننده در شکل (۳) نشان داده شده است. یک راه پیشنهادی دیگر این است که به هر سیم، یک پیش‌تقویت‌کننده، تقویت‌کننده و ... متصل کنیم که دارای هزینه گزافی می‌باشد. پیش‌تقویت‌کننده مورد استفاده در این طرح، 142 PC charge_sensitive ساخت شرکت ORTEC می‌باشد.

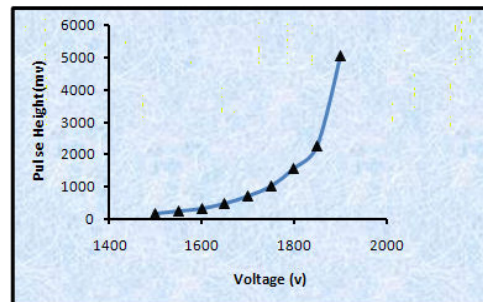


شکل (۳) - برپائی مدار برای آزمایش آشکارساز گازی چند سیمی

ظاهر شدن پدیده بهمنی در گازهای نادر، در ولتاژهای پایین تری از گازهای ترکیبی اتفاق می‌افتد. بنابراین مؤلفه اصلی گاز در داخل آشکارسازهای گازی، گازهای نادر می‌باشد. در شکل‌های زیر نمودار افزایش ارتفاع پالس با افزایش ولتاژ (الف) و ناحیه کاری آشکارساز (ب) نشان داده شده است.



شکل (ب) نمودار ناحیه کاری (پلاتو) آشکارساز

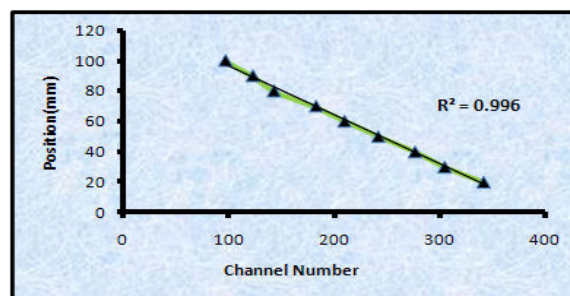


شکل (الف) - افزایش ارتفاع پالس با افزایش ولتاژ اعمالی

چشمه مورد استفاده برای اندازه‌گیری داده‌ها، Variable X-Ray Source است. در این چشمه با استفاده از پرتو گامای 60keV یک چشمه Am241 و تحریک فلز Ag توسط آن، پرتو ایکس مشخصه 22.4 keV مربوط

به $K\alpha$ آن را میتوان برای آزمایش بدست آورد. در شکل (۴-الف) ضریب تکثیر گازی با افزایش ولتاژ اعمالی افزایش می یابد که باعث افزایش ارتفاع پالس (افزایش ضریب تکثیر با افزایش ولتاژ) در ناحیه تناسبی می شود و انحراف شدید در ولتاژهای بالاتر دال بر شروع ناحیه گایگر می باشد. همانطور که در شکل (۴-ب) نشان داده شده، طول پلاتوی آشکارساز 300 ولت و شیب آن ۰.۱۳ در (V) ۱۰۰ است.

نحوه اندازه گیری داده ها برای بدست آوردن رابطه حساس به مکان آشکارساز، با استفاده از مدار شکل (۳) بدین صورت می باشد که با قرار دادن چشمه در موقعیت ثابت بر روی پنجره در مدت زمانی که بتوان قله طیف (که توسط تحلیل گر چند کاناله (MCA) تشکیل می شود) حاصل از خروجی آشکارساز را مشاهده کرده و قله طیف را بر اساس شماره کانال ثبت کنیم. سپس موقعیت چشمه را نسبت به موقعیت اولیه جابجا می کنیم، مشاهده می شود که در طیف مورد نظر، شماره کانال مربوط به پیک نسبت به موقعیت قبلی کاهش یافته است. حتی بر روی اسپلوسکوپ کاهش ارتفاع پالس را که ناشی از دور شدن از موقعیت پیش تقویت کننده (قرار گرفتن مقاومت های بیشتر بر سر راه پالس ناشی شده از یونش در داخل آشکارساز) را می توان مشاهده نمود. به همین منوال برای شرایط ولتاژ ثابت (V=1700)، بهره یکسان (gain=5)، دبی خروجی یکسان (یک حباب در ثانیه) و فشار (P=1.3 atm)، می توان خطی بودن رابطه موقعیت چشمه با ارتفاع پالس (قله طیف) را مشاهده نمود. از نمودار پیداست که طول موثری را که رابطه حساس به مکان بودن در آن دیده می شود، 9 cm می باشد.



شکل (۵) - نمودار افزایش ارتفاع پالس خروجی (افزایش شماره قله طیف) برحسب موقعیت موقعیت ورود اشعه و ولتاژ (v) 1700

بحث و نتیجه گیری

آشکارساز طراحی شده در ناحیه تناسبی کار می کند و دارای قابلیت حساس به مکان بودن می باشد. که می توان با مدارات پیشرفته ای همچون تقسیم گر و جمع کننده طیف کامل هر چشمه را با انرژی ذره ورودی مشخص نمود. همچنین با استفاده از سیم های با قطر های کمتر و کاهش فاصله های بین آندی، قدرت تفکیک مکانی آن را افزایش داد. همانطور که مشاهده میشود، به رابطه خطی برای اثبات حساس به مکان بودن آشکارساز دست یافته ایم که هر چه شیب این نمودار بیشتر باشد، آشکارساز از قدرت تفکیک بالاتری برخوردار می شود. مقدار قدرت تفکیک مکانی برای آشکارساز ساخته شده 3.5 mm است. اگر درآینده بتوان از سیستم های دقیق الکترونیکی و یا از سیم هایی با مقاومت در واحد طول بیشتر استفاده کنیم (اگر از مقاومت



های المانی ثابت استفاده نکنیم بهتر است، زیرا مقاومت اسمی آن‌ها با مقاومت ذاتی شان یکسان نمی باشد و باعث ایجاد خطا می گردد) و یا از ترکیبات گازی دیگری استفاده نمود، آشکارسازهایی با کیفیت بهتری را می توان ارایه نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله بر خود لازم می دانیم که از همکاری آقای علیرضاتوسلی که در این مدت بر روی پروژه آشکار ساز تک سیمی حساس به مکان کار کرده اند، تشکر و قدردانی نماییم.

مراجع

- [1] Fisher, B.E, " A digital processor for position sensitive detector", *Nucl. Inst and Meth*, 141, 173-181,(1977).
- [2] Charpak, G and Sauli.F "Multiwire proportional chamber and drift chamber", *Nucl. Inst and Meth*, , 162, 405-428,(1979).
- [3] Djakson, H.B, Hardwik, C.J and Hoogland, W., " A simple measuring with high accuracy relative wire position in Mwpcs ", *Nucl. Inst and Meth*, 188, 59-61,(1981).
- [4] Glenn Knoll, "Radiation Detection and Measurement", John wiley & sons (1989).
- [5] Alfaro, R., "Costruction and operation of a small multiwire proportional chamber", *Jornal of physics:Conference Series*, 18, , 362-367,(2005).
- [6] P dual, B., Brath, J., Deslattes, R.D., Henins, A. and Lutaer, G.G. " Position sensitive X-Ray detector", *Nucl. Inst and Meth*, 222, 274-278,(1984).
- [7] [http:// Garfield.web.cern.ch/garfield](http://Garfield.web.cern.ch/garfield) .