

مقایسه آشکارسازهای رد هسته‌ای CR-39 و پلی کربنات در اندازه‌گیری توزیع زاویه‌ای

یون نیتروژن در دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1

بهجت قاسمی* - حامد روحی - فریدون عباسی دوانی - زهرا شهبازی راد

دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه کاربرد پرتوها

چکیده:

هدف از این تحقیق مقایسه بازدهی و حساسیت آشکارسازهای رد هسته‌ای CR-39 و پلی کربنات در ثبت یون است. برای رسیدن به این هدف توزیع زاویه‌ای یون نیتروژن تولیدی در دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 توسط هر دو آشکارساز اندازه‌گیری شد. در این آزمایش از فیلم‌های لایه‌نشانی شده با فیلتر آلومینیومی ۱۲۰۰ نانومتر، در فاصله ۱۰ و در زاویه‌های ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه نسبت به سرآند استفاده شد. برای آشکارسازی بهتر یون‌ها از روزنه سوزنی ۵۰۰ میکرون استفاده شد. بررسی منحنی توزیع زاویه‌ای در هر دو آشکارساز یک پیک در زاویه ۳۰ درجه نسبت به محور آند را نشان داده است. همچنین از مقایسه دو آشکارساز این نتیجه بدست آمد که آشکارسازهای CR-39 نسبت به پلی کربنات، حساسیت بیشتری در ثبت رد یون‌ها دارند. **کلمات کلیدی:** پلاسمای کانونی، آشکارساز رد هسته‌ای، توزیع زاویه‌ای، لایه‌نشانی، روزنه سوزنی.

مقدمه :

آشکارسازهای رد هسته‌ای به امواج الکترومغناطیس و الکترون حساس نمی‌باشد در نتیجه به عنوان ابزاری قوی برای بررسی پدیده گداخت در دستگاه پلاسمای کانونی استفاده می‌شود. به دلیل کاربردهای تکنولوژیکی مختلف از یون‌های تولیدی دستگاه پلاسمای کانونی، تعیین توزیع زاویه‌ای یون‌های گسیلی در هر دستگاه دارای اهمیت است. از جمله این کاربردها اصلاح سطح آلومینیوم به روش پرتودهی با یون کربن تولید شده در دستگاه پلاسمای کانونی [۱] و تشکیل نانو ذرات آهن بر روی زیرلایه کوارتز با استفاده از دستگاه پلاسمای کانونی [۲] است که در همه‌ی این موارد بستگی به مقدار شار مورد نیاز، هدف‌ها در زاویه‌های مختلف از محور آند قرار داده می‌شوند. آنتاناسی جویک و همکارانش [۳] با استفاده از آشکارساز رد هسته‌ای در یک هندسه‌ی نیم‌کروی توزیع زاویه‌ای پروتون‌های تولیدی در دستگاه پلاسمای کانونی با گاز هیدروژن را اندازه‌گیری کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تعداد یون‌ها در راستای محور الکتروود بیشترین مقدار خود را داشته و در حد اشباع است و در راستای عمود بر محور الکتروود کمترین مقدار خود را دارد. بطور مشابه سادوسکی و همکارانش [۴] توزیع زاویه‌ای دوترون‌ها و یون‌های هیدروژن (پروتون) سریع اولیه را با استفاده از SSNTDs بدست آوردند. نتایج حاصل از کار آن‌ها نشان داد که هر دو توزیع زاویه‌ای در حدود زاویه ۲۰ درجه با محور Z ها، دارای قله می‌باشند. ویژگی‌های گسیل یونی مشاهده شده در

دستگاه‌های پلاسمای کانونی مختلف با هم متفاوت است و به پارامترهای مختلف و شرایط عملکردی دستگاه بستگی دارد [۵]. در نتیجه در این تحقیق توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن تولیدی در دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 با استفاده از لایه نشانی ضخامت‌های مختلف فیلتر آلومینیومی بر روی آشکارسازهای رد هسته‌ای CR-39 و پلی‌کربنات مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نتایج حاصل از آنها، این آشکارسازها از نظر بازدهی و حساسیت در ثبت پرتوها با یکدیگر مقایسه شدند.

چیدمان آزمایش:

دستگاه مورد استفاده در این تحقیق دستگاه پلاسمای کانونی نوع مدر SBUMTPF1 ($10.4 \mu F$, 25 kV ، $3/2 \text{ kJ}$) بود. اطلاعات بیشتر راجع به این دستگاه در مرجع [۶] بیان شده است. با استفاده از روش لایه‌نشانی ضخامت نازکی از آلومینیوم بر روی آشکارسازها نشانده شد و توسط آن چگالی ردهای ثبت شده بر روی فیلم‌های آشکارساز در زاویه‌های مختلف از سر آند اندازه‌گیری شد. برای نشان دادن فیلتر آلومینیومی بر روی آشکارسازها از دستگاه لایه‌نشانی مطابق شکل (۱) استفاده شد. در این دستگاه برای لایه نشانی از روش PVD استفاده می‌شد. روش PVD به سه گونه حرارتی، کندوپاش و تفنگ الکترونی می‌باشد. از آنجایی که دمای ذوب آلومینیوم 660 درجه سانتی‌گراد است، روش مورد استفاده و مناسب برای لایه نشانی آلومینیوم در این آزمایش روش حرارتی بود.



شکل (۱). نمایی از دستگاه لایه نشانی

در همه‌ی آزمایش‌ها محفظه دستگاه تا فشار 10^{-3} mbar خلأ شد، گاز نیتروژن با فشار 0.5 mbar به دستگاه تزریق شد و ولتاژکاری دستگاه $23 \pm 0.5 \text{ kV}$ انتخاب شده بود. برای تعیین توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن از فیلم‌های پلی‌کربنات و CR-39 با فیلتر آلومینیومی 1200 نانومتر استفاده شد و به ازای هر آشکارساز یک روزنه سوزنی 500 میکرون در مقابل فیلم‌های آشکارساز قرار داده شد. فاصله روزنه سوزنی تا سر آند 8 cm و فاصله‌ی روزنه سوزنی تا محل قرارگیری فیلم‌های آشکارساز برابر 2 cm بود. فیلم‌های

آشکارساز در زاویه‌های ۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه نسبت به محور آند در داخل محفظه قرار گرفتند و پرتودهی شدند. شکل (۲) آرایه و روزنه سوزنی استفاده شده در این تحقیق برای تعیین منحنی توزیع زاویه ای را نشان داده است.



شکل (۲). شکل سمت راست: آرایه طراحی شده برای تعیین توزیع زاویه‌ای. شکل سمت چپ: روزنه ۵۰۰ میکرونی استفاده شده برای تعیین منحنی توزیع زاویه‌ای

در این آزمایش برای این که پرتودهی توسط شات خوبی انجام شود، از یک ورقه مسی به عنوان شاتر در فاصله ۶ cm از سر آند استفاده شد. هنگامی که دستگاه به پینچ خوب رسید، ورقه‌ی مسی کنار رفته و فیلم های آشکارساز توسط یک شات توسط یون‌های نیتروژن پرتودهی شدند.

برای مشخص کردن ردهای ثبت شده، فیلم‌های آشکارساز مورد سونش قرار گرفتند. برای سونش فیلم‌های پلی‌کربنات، از روش خورش الکتروشیمیایی و محلول PEW به مدت ۳ ساعت استفاده شد. بعد از سونش فیلم‌های پلی‌کربنات، کل ناحیه پرتودهی شده توسط نرم‌افزار Nuclear Track Counting مدل ۳/۱ شمارش شد و تعداد ردپاها در واحد سطح ثبت شده روی هر فیلم ($\text{Tracks} / \text{cm}^2$) بدست آمد. برای سونش فیلم‌های CR-39، از روش خورش شیمیایی و محلول ۶ نرمال NaOH در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. هر یک از فیلم‌های CR-39 به مدت ۶ ساعت مورد سونش قرار گرفتند.

نتایج آزمایش و تحلیل داده‌ها:

فیلم‌ها بعد از پرتودهی توسط یون‌های نیتروژن، مورد سونش قرار گرفتند. سپس با استفاده از نرم‌افزارهای شمارش چگالی رد یون‌ها بر روی هر یک از فیلم‌ها بدست آمد. جدول (۱) چگالی رد یون‌های ثبت شده بر روی فیلم‌ها، در زاویه‌های مختلف نسبت به سر آند را نشان می‌دهد.

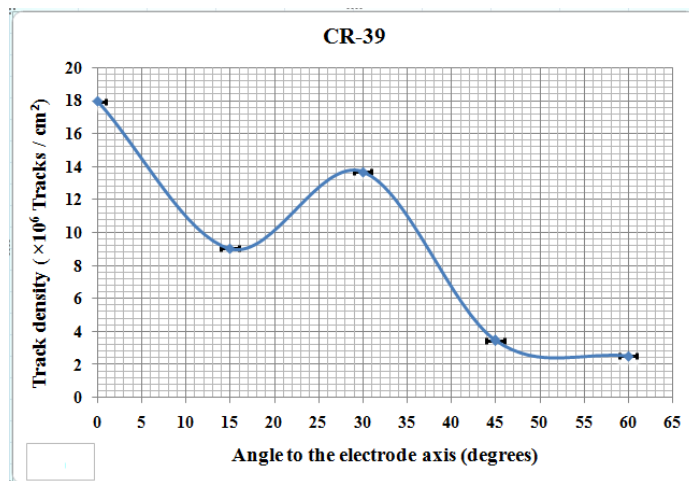
19 th Iranian's Nuclear Conference

جدول ۱- چگالی رد یون‌های نیتروژن بر روی آشکارساز CR-39 و پلی کربنات در زوایای مختلف از محور آند

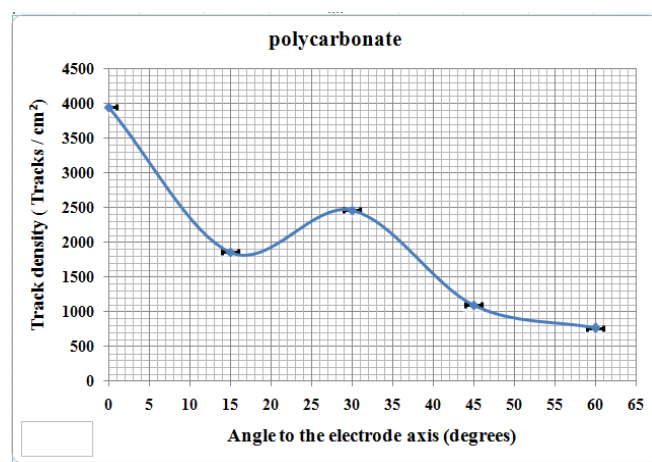
زاویه نسبت به محور آند (درجه)	فیلم CR-39 ($\times 10^3$ Track/cm ²)	فیلم پلی کربنات (Track/cm ²)
۰	$17970 \pm 4/2$	3942 ± 63
۱۵	9030 ± 3	1856 ± 43
۳۰	$13690 \pm 3/7$	2462 ± 50
۴۵	$3450 \pm 1/9$	1096 ± 33
۶۰	$2510 \pm 1/6$	763 ± 28

شکل (۳) و (۴) به ترتیب منحنی توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن تولیدی در دستگاه SBUMTPF1 توسط

آشکارسازهای CR-39 و پلی کربنات را نشان می‌دهد.



شکل (۳). منحنی توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن توسط آشکارساز CR-39



شکل (۴). منحنی توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن توسط آشکارساز پلی کربنات

همان‌گونه که از منحنی‌های شکل‌های (۳) و (۴) مشاهده می‌شود توزیع زاویه‌ای یون‌ها در دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 یکنواخت نبوده و در محدوده‌ی زاویه ۳۰ درجه نسبت به محور آند، تعداد یون‌های نیتروژن دارای یک قله می‌باشد. ناهمسانگردی توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن را می‌توان با توزیع غیر متقارن و تصادفی در ساختار میکروچشمه‌های یونی در داخل ستون پلازما که ناشی از عدم تجانس میدان‌های الکترومغناطیسی محلی است توضیح داد. این میکروچشمه‌ها الزاماً نسبت به محور Z متقارن نیستند. البته این عدم یکنواختی به عوامل مختلف دیگری چون انرژی دستگاه، ولتاژ کاری دستگاه، گاز عملکردی، شکل آند و . . . نیز بستگی دارد و لذا در دستگاه‌های مختلف پلاسمای کانونی می‌تواند نتایج مختلفی داشته باشد.

در این آزمایش منحنی توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن در فشار ۰/۵ mbar بدست آمد که با بررسی منحنی‌های بدست آمده می‌توان بازدهی ثبت رد یون‌ها در این دو آشکارساز را با یکدیگر مقایسه کرد. برای نمونه نسبت گسیل یون نیتروژن در راستای محور آند (بیشترین چگالی رد ثبت شده) به زاویه ۶۰ درجه نسبت به محور آند (کمترین چگالی رد ثبت شده) برای فیلم‌های CR-39 برابر ۷/۱۵ و برای فیلم‌های پلی‌کربنات برابر ۵/۱۶ بدست آمد که این نتیجه بوضوح مشخص می‌کند که بازدهی فیلم‌های CR-39 و حساسیت آن‌ها برای ثبت رد یون‌ها بیشتر از فیلم‌های پلی‌کربنات است.

نتیجه‌گیری:

در این تحقیق برای مقایسه بازدهی و حساسیت ثبت پرتوها توسط آشکارسازهای CR-۳۹ و پلی‌کربنات، منحنی توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن تولیدی در دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 ($25 \text{ kV}, 10/4 \mu\text{F}$)، توسط هر دو آشکارساز بدست آمد. با مقایسه منحنی توزیع زاویه‌ای توسط آشکارسازهای CR-۳۹ و پلی‌کربنات و داده‌های جدول (۱) نیز مشاهده شد در زوایای مختلف از سر آند، چگالی ردهای ثبت شده توسط CR-۳۹ خیلی بیشتر از آن در پلی‌کربنات است، که این نشان‌دهنده‌ی حساسیت و بازدهی بیشتر این آشکارسازها در ثبت یون‌ها می‌باشد. لذا برای ثبت رد یون‌های سبک‌تر که حساسیت آشکارساز فاکتور مهمی می‌باشد، استفاده از آشکارساز CR-۳۹ مناسب‌تر است. ولی برای ثبت رد یون‌های سنگین‌تر استفاده از آشکارساز پلی‌کربنات به دلیل بازدهی خوب پلی‌کربنات در این گستره‌ی انرژی، سادگی کار، مقاومت بیشتر، عدم شکنندگی و نیز قیمت پایین‌تر این آشکارسازها نسبت به CR-۳۹ مناسب‌تر است.

19 th Iranian's Nuclear Conference

همچنین منحنی توزیع زاویه‌ای یون‌های نیتروژن تولیدی دستگاه SBUMTPF1 توسط آشکارسازهای CR-39 و پلی‌کربنات (شکل‌های (۳) و (۴)) غیر یکنواختی در توزیع یون‌ها را نشان داد که دلیل آن احاطه شدن ستون پینچ با یک میدان مغناطیسی سمتی است. در واقع ناهمسانگردی زاویه‌ای یک ویژگی ذاتی همه‌ی تخلیه‌های دستگاه پلاسمای کانونی است. به عبارت دیگر ویژگی‌های میکروسکوپی گسیل یون برای دستگاه‌های پلاسمای کانونی ثابت باقی می‌ماند، ولی ویژگی‌های میکروسکوپی مانند ساختارهای مکانی و زمانی کوچک در دستگاه‌های پلاسمای کانونی مختلف با هم متفاوت است.

مراجع:

- [1]. Ghulam Murtaza, S.S.H., Mehboob Sadiq , M. Zakaullah, Plasma focus assisted carburizing of aluminium. Thin Solid Films 2009.517: p.6777-6783.
- [2]. W.P.Singh, S.R., and M. P Srivastava, Formation of iron nanoparticles on quatz substrate using dense plasma focus device. Journal of Physics,2010 (Conference series 208).
- [3]. R.Antanasijevic, Z.Maric, J.Vukovic, B.Grabez, D.Djordjevic, D.Joksimovic, V.Udovic, A.Dragic, J.stanojevic, R.Banjanac, D.Jokovic. Angular distribution of protons emitted from the hydrogen plasma focus. Radiation Measurements, 2003. Vol.36: p.p. 327-328.
- [4]. M.Sadowski, A.Szydowski, M.Scholz, H.Kelly, A.Marquez, A.Lepone. Application of solid-state nuclear track detector for studies of fast ion beams within PF-1000 and other plasma-focus facilities, Radiation Measurements, 1999. Vol 31: p.p. 185-190.
- [5]. M. Sadowski, J.Z., E. Rydygier and J.Kucinski, Ion Emission from Plasma Focus Facilities. Plasma Phjsyics and Controlled Fusion, 1988. Vol. 30.KO.6: p.p. 763-769.
- [6]. B.Shirani and F.Abbasi, . Construction and experimental study of a 2.5 kJ, Simply configured, mather type plasma focus device. Brazilian Journal of Physics, vol. 40, no. 2, June, 2010.