

## اندازه‌گیری توزیع چگالی یون‌های دوتریوم و نیتروژن در دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 با استفاده از آشکارساز ردپای هسته‌ای پلی‌کربنات

روچی، حامد - قاسمی، بهجت - عباسی دوانی، فریدون\* - شهبازی راد، زهرا - دارستانی، نیکو

دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی هسته‌ای، گروه کاربرد پرتوها

### چکیده:

هدف از این تحقیق تعیین توزیع چگالی یون‌های دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 ( $10/4 \mu F$ ,  $25 kV$ ,  $3/2 kJ$ ) با استفاده از آشکارساز ردپای هسته‌ای حالت جامد از نوع پلی‌کربنات است. در این آزمایش از گاز دوتریوم و گاز نیتروژن به عنوان گاز عملکردی استفاده شد. پلی‌کربنات‌ها در فاصله  $10/5 cm$  و در زاویه  $20^\circ$  درجه نسبت به سرآند قرار داده شده و پرتودهی شدند. برای اندازه‌گیری چگالی یون‌ها از ضخامت‌های مختلف فیلتر آلومینیوم استفاده شد. در نهایت توزیع چگالی برای پلی‌کربنات‌های پرتودهی شده توسط یون‌های دوتریوم در زاویه  $20^\circ$  درجه در جهت شمال، جنوب، شرق و غرب دستگاه بدست آمد. همچنین چگالی یون‌ها به ازای ضخامت‌های مختلف فیلتر آلومینیومی به ازای دو گاز نیتروژن و دوتریوم در همان زاویه تعیین شد.

**کلمات کلیدی:** پلاسمای کانونی، آشکارساز ردپای هسته‌ای حالت جامد، پلی‌کربنات، توزیع چگالی یون‌ها.

### مقدمه:

مطالعه یون‌های با انرژی بالا که از دستگاه پلاسمای کانونی گسیل می‌شود، اطلاعاتی در مورد دینامیک پدیده‌ی پلاسمای و سازوکار شتابدهی یون به دست می‌دهد. همچنین مطالعه گسیل یون‌ها برای کاربردهای تکنولوژیکی مختلف از دستگاه پلاسمای کانونی دارای اهمیت است. از جمله این کاربردها اصلاح سطح آلومینیوم به روش پرتودهی با یون کربن تولید شده در دستگاه پلاسمای کانونی [۱]، تشکیل نانو ذرات آهن بر روی زیرلایه کوارتز با استفاده از دستگاه پلاسمای کانونی [۲]، آمورفیزه کردن کریستال سیلیکون [۳] و فعالسازی هدف‌های جامد برای تولید رادیوایزوتوپ‌های  $^{13}N$   $^{12}C(d,n)$  [۴] و غیره است. بنابراین مطالعه یونی دستگاه پلاسمای کانونی از اهمیت زیادی برخوردار است. 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 برخی ویژگی‌های گسیل یون از دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 با استفاده از گازهای دوتریوم و نیتروژن توسط آشکارساز ردپای هسته‌ای پلی‌کربنات مورد بررسی قرار گرفت. همچنین با استفاده از ضخامت‌های مختلف فیلتر آلومینیوم چگالی یون‌ها به ازای دو گاز عملکردی دوتریوم و نیتروژن اندازه‌گیری شد.

### معرفی دستگاه پلاسمای کانونی SBUMTPF1 و ابزارهای اندازه‌گیری

دستگاه مورد استفاده در این تحقیق دستگاه پلاسمای کانونی نوع مدر SBUMTPF1 با بیشینه انرژی  $3/2 kJ$  و خازن با ظرفیت  $10/4 \mu F$  و بیشینه ولتاژ  $25 kV$  است. دوره تناوب جریان تخلیه  $10/2 \mu F$  می‌باشد.

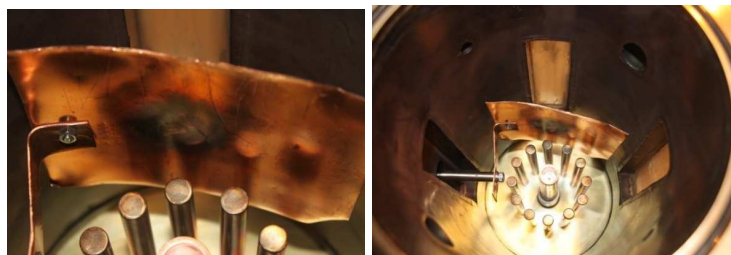
اندوکتانس کل سیستم  $253nH$  است. دستگاه شامل یک آند از جنس مس با قطر  $22\text{ mm}$  و ارتفاع مؤثر  $1\text{ cm}$  و  $10/5$  و  $12$  میله کاتد از جنس مس با قطر  $1\text{ mm}$  و ارتفاع  $11\text{ cm}$  به ازای هر میله است. عایق مورد استفاده برای جدا کردن آند و کاتد از جنس پیرکس با ضخامت  $2\text{ mm}$  و ارتفاع  $3/5\text{ cm}$  که در اطراف الکتروود آند قرار گرفته است. اطلاعات بیشتر راجع به این دستگاه در مرجع [۶] بیان شده است. در این آزمایش از یک اسیلوسکوپ مدل TDS 1002B، با فرکانس نمونه‌برداری  $1\text{ Gs/s}$  برای اندازه‌گیری مشتق جریان تخلیه استفاده می‌شود.

### چیدمان آزمایش:

در این آزمایش گاز دوتریم در فشار  $1/5\text{ mbar}$  و ولتاژ  $23\text{ KV}$  و گاز نیتروژن در فشار  $0/5\text{ mbar}$  و ولتاژ  $23\text{KV}$  مورد استفاده قرار گرفت. محفظه دستگاه تا فشار  $8 \times 10^{-3}\text{ mbar}$  خلأ شد. برای این که پرتودهی توسط شات خوبی انجام شود، مطابق شکل (۱) یک ورقه مسی به عنوان شاتر در فاصله  $6\text{ cm}$  از سر آند قرار گرفت. زمانی که دستگاه به پینچ خوب رسید، مطابق شکل (۲) ورقه‌ی مسی کنار رفته و در شات بعدی پلی-کربنات توسط یون‌ها پرتودهی شدند.



شکل (۱). شاتر مسی مورد استفاده در دستگاه SBUMTPF1



شکل (۲). نحوه قرار گرفتن شاتر در هنگام پرتودهی پلی کربنات‌ها

برای قرار دادن آشکارسازهای پلی کربنات داخل دستگاه نیاز به یک نگه‌دارنده است. برای این کار نگه‌دارنده‌ای مطابق شکل (۳) طراحی شد. طراحی این نگه‌دارنده به گونه‌ای است که در هر بار انجام آزمایش چهار فیلم پلی کربنات به صورت هم‌زمان می‌تواند داخل دستگاه قرار گرفته و مورد پرتودهی واقع شود.



شکل (۳). نحوه قرار گرفتن پلی‌کربنات روی نگهدارنده

در تمامی آزمایش‌ها ابعاد پلی‌کربنات‌ها  $3 \times 3$  cm انتخاب شد و پلی‌کربنات‌ها در فاصله‌ی  $10/5$  cm از سر آند و در زاویه  $20^\circ$  درجه از آن قرار داده شدند. ابتدا پلی‌کربنات‌های بدون فیلتر آلومینیومی بر روی نگهدارنده قرار داده شده و داخل محفظه قرار گرفتند و توسط یون‌های دوتریوم مورد پرتو دهی قرار گرفتند. در مرحله بعد ۴ پلی‌کربنات دیگر توسط یون‌های گاز نیتروژن پرتو دهی شدند. در مرحله بعدی آزمایش چهار فیلم پلی‌کربنات که هر کدام با فیلتر آلومینیوم با ضخامت  $128$  میکرون پوشانده شدند آماده شده و آشکارسازها در جهت شمال، جنوب، شرق و غرب جغرافیایی داخل دستگاه قرار داده شدند. سپس این پلی‌کربنات‌ها توسط یون‌های گاز دوتریوم مورد پرتو دهی قرار گرفتند.

آزمایش‌های بعدی به گونه‌ای طراحی شد که فیلترهای آلومینیومی با ضخامت‌های  $64$ ،  $112$ ،  $160$  و  $208$  میکرون روی آشکارسازهای پلی‌کربنات قرار داده شدند. پرتو دهی نمونه‌ها توسط هر دو گاز عملکردی دوتریوم و نیتروژن انجام شد و در هر آزمایش ۴ آشکارساز پلی‌کربنات، با فیلتر آلومینیومی مورد پرتو دهی توسط یک شات قرار گرفتند.

برای تعیین چگالی یون‌ها باید آشکارساز پلی‌کربنات سونش شود. برای سونش فیلم‌های پلی‌کربنات، از روش الکتروشیمیایی استفاده می‌شود. از محلول PEW (پتاس-تانول-آب مقطر) در سمتی که فیلم‌ها پرتو دهی شده بودند استفاده شد و از محلول اسید کلریک و آب (۳ درصد اسید کلریک-۹۷ درصد آب) به عنوان رسانای جریان در هنگام خورش، در سمت دیگر فیلم‌ها که مورد پرتو دهی قرار نگرفته بودند استفاده شد. پلی‌کربنات‌ها به مدت ۳ ساعت مورد سونش قرار گرفتند. بعد از سونش فیلم‌ها، چگالی یون‌های برخوردی روی هر پلی‌کربنات ( $Track/cm^2$ ) توسط نرم‌افزار مربوطه شمارش شد. برای آن‌که چگالی صحیحی از این پلی‌کربنات‌ها به دست بیاید از هر فیلم پلی‌کربنات که به اندازه‌ی دایره‌ای به قطر  $2$  cm مورد سونش قرار گرفته بود، سه ناحیه مختلف در نظر گرفته شد و شمارش مسیرها برای آن‌ها انجام شد و در انتها از آن‌ها میانگین گرفته شد و چگالی فیلم بدست آمد.



### نتایج آزمایش و تحلیل داده‌ها:

در آزمایش اول که از پلی‌کربنات‌های بدون فیلتر استفاده شد، شمارش‌های بدست آمده به حدی زیاد بود که از بیشترین شمارش نرم‌افزار که  $(Track/cm^2)$  ۳۵۰۰ می‌باشد بیشتر بود، در نتیجه برای بدست آوردن چگالی یونی از فیلتر آلومینیومی با ضخامت ۱۲۸ میکرون استفاده شد. جدول شماره (۱) چگالی ردپاها بر روی آشکارسازهای پلی‌کربنات در ۴ جهت جغرافیایی (به ازای هر فیلم سه ناحیه) نمایش داده شده است. جدول ۱: چگالی یون‌ها بر روی آشکارسازهای پلی‌کربنات با فیلتر آلومینیومی با ضخامت ۱۲۸ میکرون پرتودهی شده توسط یون‌های

دوتریوم

	Track density ( $Track/cm^2$ )	Mean track diameter ( $\pm sd$ )		Track density ( $Track/cm^2$ )	Mean track diameter ( $\pm sd$ )
شمال	۳۳۳	۱۰۳/۷ $\pm$ ۱/۲۶	جنوب	۲۲۵	۱۰۱/۴ $\pm$ ۲۳/۸
شمال	۲۵۷	۱۰۳/۹ $\pm$ ۳۴/۶	جنوب	۲۷۱	۹۷/۵ $\pm$ ۲۹/۸
شمال	۲۰۶	۱۰۳/۸ $\pm$ ۲۸/۶	جنوب	۲۹۱	۹۹/۶ $\pm$ ۲۸/۲
	Track density ( $Track/cm^2$ )	Mean track diameter ( $\pm sd$ )		Track density ( $Track/cm^2$ )	Mean track diameter ( $\pm sd$ )
شرق	۳۰۰	۹۶ $\pm$ ۲۷/۶	غرب	۱۹۸	۹۹/۱ $\pm$ ۳۰/۲
شرق	۳۴۰	۱۰۳/۲ $\pm$ ۲۶	غرب	۲۱۶	۱۰۲/۲ $\pm$ ۳۱/۹
شرق	۲۷۴	۹۵/۸ $\pm$ ۲۳/۲	غرب	۲۸۱	۱۱۳/۹ $\pm$ ۳۶/۴

میانگین و انحراف معیار برای هر فیلم مطابق جدول (۲) است و مشاهده شد زمانی که برای هر چهار جهت نسبت به دستگاه، شرایط یکسان بود، چگالی یونی در جهت شرق بیشترین مقدار را نسبت به دیگر جهت‌ها دارد.

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار چگالی ردپاها بر روی فیلم پلی‌کربنات با فیلتر آلومینیومی با ضخامت ۱۲۸ میکرون پرتودهی شده

توسط دوتریوم

	Track density ( $Track/cm^2$ )	Mean track diameter ( $\pm sd$ )
شمال	۲۶۶ $\pm$ ۶۳/۹۰	۱۰۳/۸ $\pm$ ۵۱/۹۳
شرق	۳۰۵ $\pm$ ۳۳/۲۵	۹۸/۳ $\pm$ ۴۸/۸
غرب	۲۳۲ $\pm$ ۴۳/۶۶	۱۰۵/۱ $\pm$ ۵۷/۰۵
جنوب	۲۶۳ $\pm$ ۳۳/۸۴	۹۹/۵ $\pm$ ۴۷/۴

زمانی که از فیلترهای ۶۴، ۱۱۲، ۱۶۰ و ۲۰۸ میکرون برای پلی‌کربنات‌ها استفاده شد و پلی‌کربنات‌ها توسط یون‌های دوتریوم و نیتروژن مورد پرتودهی قرار گرفتند، شمارش‌ها ( $Track/cm^2$ ) برای جهت‌های



## 18<sup>th</sup> Iranian's Nuclear Conference

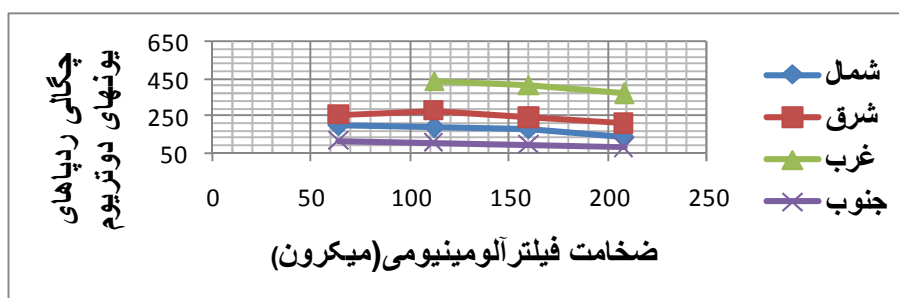
مختلف نسبت به دستگاه به ترتیب مطابق جدول شماره (۳) و (۴) بدست آمد. شکل (۴) و (۵) به ترتیب منحنی چگالی ردپاهای یون‌های دوتریوم و نیتروژن برحسب ضخامت‌های مختلف فیلتر آلومینیوم و به ازای چهار جهت جغرافیایی را نمایش می‌دهد.

جدول ۳: چگالی ردپاها روی فیلم پلی کربنات در جهت‌های مختلف جغرافیایی به ازای فیلتر آلومینیومی با ضخامت‌های مختلف پرتودهی شده توسط یون دوتریوم

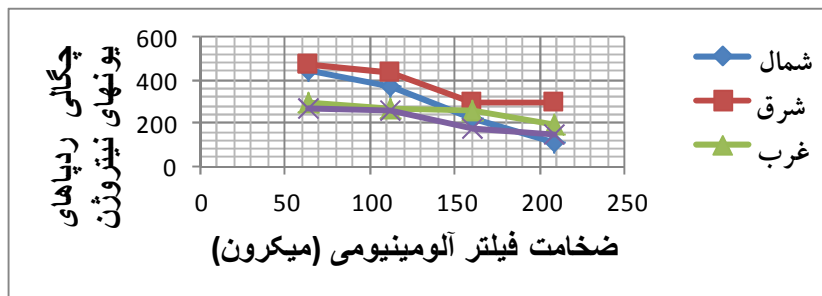
	فیلتر ۶۴ میکرون	فیلتر ۱۱۲ میکرون	فیلتر ۱۶۰ میکرون	فیلتر ۲۰۸ میکرون
شمال	۱۹۶±۴۰/۳۱	۱۸۶±۱۷/۶۸	۱۷۸±۲۵/۴۶	۱۳۱±۲/۱۲
شرق	۲۵۴±۵۵/۴۰	۲۸۰±۱۰۳/۲۷	۲۴۱±۸۹/۹۰	۲۰۸±۴/۹۴
غرب	-	۴۳۹±۱۱۴/۵۵	۴۲۱±۱۴/۱۴	۳۶۸±۳۶/۷۷
جنوب	۱۱۳±۲۱/۲۱	۱۰۷±۷/۷۸	۹۲±۳۳/۹۴	۷۷±۷/۷۸

جدول ۴: چگالی ردپاها روی فیلم پلی کربنات در جهت‌های مختلف جغرافیایی به ازای فیلتر آلومینیومی با ضخامت‌های مختلف پرتودهی شده توسط یون نیتروژن

	فیلتر ۶۴ میکرون	فیلتر ۱۱۲ میکرون	فیلتر ۱۶۰ میکرون	فیلتر ۲۰۸ میکرون
شمال	۴۴۱±۴۳/۸۴	۳۶۷±۶۶/۴۷	۲۲۴±۵۵/۲۰	۱۱۱±۲۶/۸۷
شرق	۴۷۲±۱۴/۸۵	۴۳۶±۵۰/۹۱	۲۹۹±۱۶/۲۶	۲۹۴±۷۳/۵۳
غرب	۲۹۵±۷۰	۲۶۸±۵۴/۴۵	۲۶۱±۷/۰۷	۱۹۶±۳/۵۴
جنوب	۲۷۱±۱۷/۶۸	۲۵۴±۱۸/۳۸	۱۷۹±۱۰/۶۱	۱۴۸±۲۵/۴۶



شکل (۴). چگالی ردپاهای یون‌های دوتریوم برحسب ضخامت‌های مختلف فیلتر آلومینیوم به ازای چهار جهت جغرافیایی



شکل (۵). چگالی ردپاهای یونهای نیتروژن بر حسب ضخامت‌های مختلف فیلتر آلومینیوم به ازای چهار جهت جغرافیایی

### نتیجه‌گیری:

در این آزمایش آشکارسازهای ردپای هسته‌ای حالت جامد از نوع پلی‌کربنات به ازای گاز دوتریوم و گاز نیتروژن به ترتیب در فشار و ولتاژ (۱/۵ mbar و ولتاژ ۲۳ KV) و (۰/۵mbar و ولتاژ ۲۳KV) مورد پرتودهی قرار گرفتند.

علت تفاوت چگالی یون‌ها در شرایط یکسان پرتودهی مطابق جدول (۲) به خاطر توزیع غیرمتمقارن میکروچشمه‌های یونی داخل دستگاه پلاسمای کانونی است. همان‌گونه که در جدول (۳) و (۴) و شکل‌های (۴) و (۵) قابل مشاهده است، زمانی که نمونه‌ها با فیلترهای با ضخامت مختلف توسط یون‌های دوتریوم و نیتروژن در شرایط یکسان مورد پرتودهی قرار می‌گیرد، با افزایش ضخامت فیلتر آلومینیومی چگالی ردپاها بر روی فیلم‌ها کاهش می‌یابد. علت این امر این است که با افزایش ضخامت فیلترها با توجه به توان توقف یون‌ها، مقدار تضعیف انرژی یون‌ها داخل فیلتر افزایش پیدا می‌کند و یون‌ها با انرژی کم‌تر در فیلترها جذب می‌شوند. هرچه که ضخامت فیلترها افزایش یابد تعداد بیشتری از یون‌ها داخل فیلترها جذب می‌شوند و فقط یون‌های پرانرژی‌تر به سطح آشکارساز رسیده و بر روی آن ردپا تولید می‌کنند. به دلیل بیشتر بودن توان توقف یون‌های نیتروژن نسبت به یون‌های دوتریوم، نرخ کاهش چگالی ردپاها به ازای افزایش ضخامت آلومینیوم برای یون‌های نیتروژن بیشتر 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 quartz substrate using dense plasma focus device. Journal of Physics, 2010 (Conference series 208).
- [3]. Mehboob Sadiq, M.S., A. Waheed, R. Ahmad, M. Zakaullah, Amorphization of silicon by ion irradiation in dense plasma focus. Physics Letter, 2006.352A: p.2006.
- [4]. S. M. Sadat Kiai, S.A., S. Sheibani, M. Elahi, A. Safarinen, S.Farhangi, A.R. Zirak, S.Alhooie, B.N. Mortazavi, M.M. Khalaj, A.R. Khanchi, A.A. Dabirzadeh, A.Kashan, F.Zahedi, Design a 10 kJ IS Mather Type Plasma Focus for Solid Target Activation to Product Short-Lived Radioisotops  $^{12}\text{C}(\text{d},\text{n})^{13}\text{N}$ . J Fusion Energ.
- [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, Brazilian Journal of Physics, vol. 40, no. 2, June, 2010