

تأثیر ساختار کاند پلاسمای کانونی APF بر روی کیفیت تابش های HXR و SXR

مهدی نصری نصرآبادی*، رویا آنالوئی

دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم و فناوری های نوین، گروه مهندسی هسته ای

چکیده

در این تحقیق، تغییرات شدت اشعه HXR و SXR در دستگاه پلاسمای کانونی APF، نسبت به ساختار های متفاوت کاند ارائه شده است. در اینجا از دو جنس مس و فولاد ضد زنگ برای الکترودهای کاند استفاده شده است. برای کاند های از جنس مس، پیکربندی های ۶ و ۱۲ تایی الکترودها، بترتیب بیشترین اشعه HXR و SXR را داشتند. نتایج نشان دادند که جنس کاند و ساختارش اثر قابل توجهی در شدت اشعه های HXR و SXR دارد. کلید واژه: دستگاه پلاسمای کانونی امیرکبیر، شدت اشعه HXR و SXR، لایه جریان، الکترودهای کاند.

۱ - مقدمه

دستگاه پلاسمای کانونی بطور مستقل با دو ساختار مختلف توسط مدر در ایالات متحده آمریکا و فیلیپوف در روسیه در اواخر سال ۱۹۶۰ میلادی پایه گذاری و از آن پس در آزمایشگاه های فراوانی در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته اند [۱ و ۲]. دستگاه پلاسمای کانونی از گازهای نظیر Ne, He, Ar, D_2, \dots در فشار پایین پر شده است. هنگامی که اختلاف پتانسیل زیادی بین دو الکترودهای هم محور در دستگاه پلاسمای کانونی ایجاد شود، تخلیه الکتریکی مقارنی در گاز ایجاد و باعث ایجاد پلاسمای اولیه می شود [۳]. پینچ پلاسمای تابش های متعددی از جمله پرتوهای یونی، نوترونی و اشعه ایکس تولید می کند. هنگامی که از گاز دوتریم در دستگاه پلاسمای کانونی استفاده شود، واکنش گداخت D-D صورت می گیرد و منجر به گسیل نوترون می شود [۴]. لایه جریان تولید شده به پارامترهای مختلفی همچون میدان الکتریکی بکاررفته، فشار گاز و پیکربندی عایق های مختلف بستگی دارد.

شکست الکتریکی بر روی عایق اصلی و ساختار همگن و مقارن لایه جریان برای ایجاد پلاسمای خوب، تنگش مناسب و تابش X سخت (HXR) و تابش X نرم (SXR) ضروری می باشد [۵]. از این رو الکترودهای کاند، آند و جنس آنها از اجزای کلیدی ساختار پلاسمای کانونی می باشند. تا بحال بررسی های موثر زیادی در مورد اثر جنس و ساختار آند در تولید اشعه X و نوترون انجام شده است. اثر آند و جنس عایق بر لایه جریان پلاسمای کانونی در تحقیقات دیگران نیز بررسی شده است [۶]. همچنین اثر ساختار کاند بر بازده



نوترونی در دستگاه پلاسمای کانونی میناتورنی نیز توسط افراد دیگر بررسی شده است [۷] در سال های اخیر آزمایش های زیادی برای بررسی تابش های منتشر شده از دستگاه پلاسمای کانونی دانشگاه امیر کبیر (APF) انجام شده است [۸-۱۰]. در این تحقیق اثرات جنس الکتروود کاتد و ساختار آن در شدت HXR و SXR بررسی شده است. نتایج نشان دادند که جنس کاتد و ساختار آن نقش اساسی در بهینه سازی تابش اشعه HXR و SXR دارد.

۲- انجام آزمایش

آزمایش ها بر روی دستگاه پلاسمای کانونی دانشگاه امیر کبیر بوسیله یک بانک خازنی $40 \mu f$ و با بکارگیری یک ولتاژ 16 kV انجام گرفت. آند 148 mm طول و 27.8 mm قطر دارد. کاتدها در مدلی از قفس محافظی شامل ۶ تا ۱۲ میله از جنس های مس و فولاد با طول های 145 mm و قطرهای 10 mm دور تا دور آند را با چینشی مناسب احاطه کرده اند. گاز کاری دستگاه، آرگون می باشد. ابزارهای تشخیصی در آزمایش شامل سیم پیچ روگوفسکی برای تعیین جریان تخلیه، آشکارساز سنتیلاسیون (NE-۱۰۲) برای ارزیابی شدت سیگنال HXR و آشکارساز پین دیود پوشیده شده با فیلتر مایلار آلومینیم به ضخامت $(155 \mu m)$ جهت ارزیابی شدت سیگنال SXR می باشند. در هر فشار و ولتاژ معین، مشاهده اطلاعات بوسیله آشکارساز سنتیلاسیون و پین دیود در دستگاه اسپلوسکوپ مشاهده و ثبت شده است. اطلاعات مشاهده شده بوسیله آشکارسازها برای هر پنج شات میانگین گیری و سپس توسط نرم افزار ORIGIN و $SAP9.0$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۳- نتایج آزمایشات

برای ایجاد پلاسمای کانونی چگال، آرگون در دستگاه تزریق و با بکارگیری ولتاژ 11 kV و 13 kV به همراه فشار 1 الی 3.5 میلی بار، اطلاعات ثبت گردید. جهت کم کردن اثرات ناخالصی در گاز کاری، بعد از هر پنج شات، گاز قبلی تخلیه و گاز تازه تزریق شده است. آشکارساز سنتیلاسیون در فاصله 1 متری در راستای افقی نسبت به یکی از دریچه های دستگاه قرار داده شد. تقریباً 100 شات در گاز آرگون در شرایط متفاوت کاری انجام شده است.

شکل ۱ تغییرات شدت HXR (میانگین سطح زیر منحنی) نسبت به فشار برای دو جنس مس و فولاد ضد زنگ با ساختار ۶ و ۱۲ تایی در ولتاژهای متفاوت را نشان می دهد. شکل ۲ تغییرات شدت SXR (میانگین سطح زیر منحنی) نسبت به فشار برای دو جنس مس و فولاد ضد زنگ با ساختار ۶ و ۱۲ تایی در ولتاژهای متفاوت



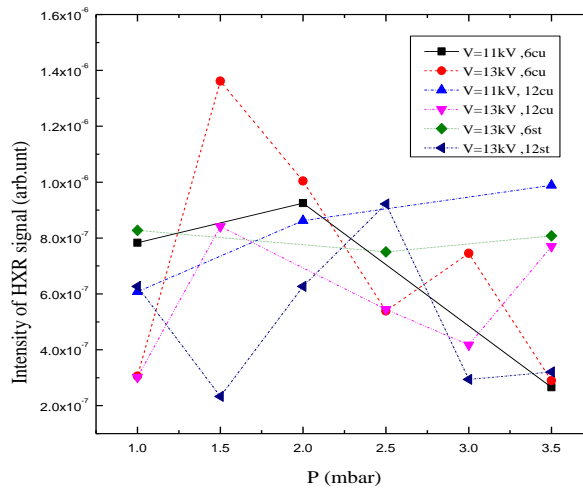
۲ و ۳ اسفند ماه ۱۳۹۱
دانشگاه فردوسی مشهد



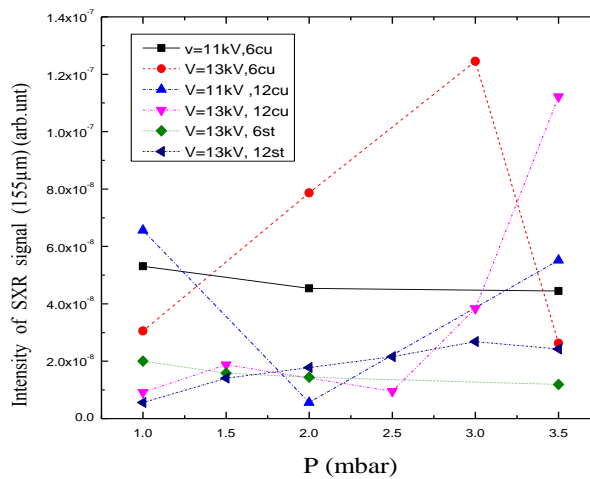
Nuclear society of Iran
19 th Iranian's Nuclear Conference
20–21February, 2013
Ferdowsi University of Mashhad

19 th Iranian's Nuclear Conference

را برای فیلتر $155 \mu\text{m}$ نشان می دهد. در ساختار فولاد در ولتاژهای پایین تر یعنی ۱۱ و 12 kV پینچ پلاسما در فشارهای متفاوت تشکیل نمی شد و شرایط مناسبی برای ایجاد پینچ پلاسما نبود.



شکل ۱- تغییرات شدت HXR نسبت به فشار برای دو ساختار الکتروود کاتد از جنس مس و فولاد



شکل ۲- تغییرات شدت SXR نسبت به فشار برای دو ساختار الکتروود کاتد از جنس مس و فولاد با فیلتر $155 \mu\text{m}$

۴- بحث و نتیجه گیری

با توجه به شکل های ۱ و ۲ نشان داده می شود که ساختار، جنس و تعداد الکترودهای کاتد از جمله پارامترهای مهم در ساز و کار دستگاه پلاسمای کانونی می باشند و بطور اساسی بر شدت HXR و SXR تاثیر می گذارند.

همان طور که شکل ۶ نشان می دهد، هنگامی که دو جنس متفاوت مس و فولاد را در دو ساختار ۶ و ۱۲ تایی الکتروود کاتد به کار می بریم، در فشار و ولتاژهای متفاوت با گاز کاری آرگون، بیشترین شدت HXR در ساختار ۶ تایی مس و در فشار ۱,۵mbar و ولتاژ ۱۳ kV دیده می شود. در شکل ۷ تغییرات شدت SXR را در شرایط متفاوت کاری نشان می دهد، همچنانکه که بیشترین شدت در ساختار ۶ تایی مس و در فشار ۳ mbar و در ولتاژ ۱۳ kV می باشد. با توجه به مشاهدات تجربی بدست آمده در دستگاه پلاسمای کانونی APF و تحلیل آنها می توان بیان کرد که ساختار الکتروود و جنس آن در تشکیل و متقارن سازی لایه جریان پلاسمای تاثیر بسزایی دارد و با تشکیل ستون پلاسمای و تنگش آن تابش های اشعه ایکس سخت و نرم را گسیل می کند. بین دو جنس به کار رفته بهترین جنس مس می باشد و بیشترین شدت اشعه HXR و SXR را دارد. سرانجام در این تحقیق وابستگی شدت HXR و SXR به جنس و ساختار کاتد شرح داده شد و معلوم گردید که برای طراحی یک دستگاه پلاسمای کانونی بعنوان منبع HXR و SXR لازم است شرایط بهینه ای بر روی ساختار و جنس الکتروود کاتد در نظر گرفته شود تا بیشترین شدت اشعه از دستگاه مورد نظر بدست آید.

۵- سپاسگزاری

بر خود لازم می بینیم که از جناب آقای دکتر مرتضی حبیبی به دلیل همراهی و راهنمایی های ایشان و همچنین سرکار خانم سعیده کوهستانی در طول انجام آزمایش ها در آزمایشگاه گداخت دانشگاه امیر کبیر صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم.

۶- منابع:

- [۱] J.W. Mather, Phys. Fluids Suppl., ۳, ۱۳۴ (۱۹۶۰).
- [۲] N.V. Filippov, V.P. Vinogradov, Nucl. Fus. Suppl., ۲, ۵۷۷, (۱۹۶۲).
- [۳] S. Lee, et al., Am. J. Phys ۵۶, ۱ (۱۹۸۸)
- [۴] J.W. Mather, Methods of Experimental Physics, ۹B. Academic Press, london, ۱۸۷ (۱۹۷۱).
- [۵] G. Rosenman, D. Shur, J. Appl. Phys. ۸۸, ۶۱۰۹ (۲۰۰۰).
- [۶] A. Shyam, R.K. Rout, , Effect of Anode and Insulator Materials on Plasma Focus Sheath (Pinch) Current.IEEE, ۲۵:۵, ۱۱۶۶-۱۱۶۸ (۱۹۹۷).
- [۷] R. Verma , et al., Effect of cathode structure on neutron yield performance of a Miniature Plasma focus device. Physics Letters A, ۳۷۳: ۲۵۶۸-۲۵۷۱(۲۰۰۹).
- [۸] M. Habibi, et al., J. Fusion Energ. ۲۸, ۱۳۰-۱۳۴ (۲۰۰۹).
- [۹] M. Habibi, et al., J. Fusion Energ. ۲۹, ۱۱۹-۱۲۳ (۲۰۱۰).
- [۱۰] M. Habibi, et al., J. Fusion Energ. ۲۹, ۴۹-۵۴ (۲۰۱۰).