

۴ و ۵ اسفند ماه ۱۳۸۹ منطقه هسته ای اصفهان





17th Iranian Nuclear Conference

مطالعه تجربی گسیل ناهمسان اشعه ایکس سخت از آند تخت با جنس های مختلف در دستگاه یلاسمای کانونی امیرکبیر

> مرتضى حبيبي*، رضا امراللهي، غلامرضا اطاعتي دانشگاه صنعتی امیر کبیر، دانشکده مهندسی هسته ای و فیزیک

چکیدہ در این مقاله اثر جنس نوک آند مرکزی بر گسیل ناهمسانگرد تابش اشعه ایکس سخت دستگاه **پلاسمای کانونی امیرکبیر بطور تجربی مطالعه شده ا**ست. بیشترین شا*دت اشعه ایکس سخت در آناد با* نوک تنگستنی و کمترین شلات برای آناد با نوک آلومینیومی ثبت شاد. با گذاشتن نوک آلومینیمی بجای آند توخالی از جنس مس، شدت اشعه ایکس سخت افزایش یافته و ناهمسانگردی بزرگی بین زوایای ۲۲/۵ درجه و ۲۲/۵ – مشاهده شد. با استفاده از نوک تنگستنی آند، شدت اشعه ایکس در اطراف الکترود مرکزی دستگاه، به سمت تقارن بیشتر تمایل داشت. در این مقاله، مشاهده شد که نه تنها شدت اشعه ایکس، بلکه ناهمسانگردی تابش اشعه ایکس سخت نیز به جنس الکترود مرکزی وابسته است. همچنین مواد با عدد اتمی بالاتر نظیر تنگستن شدت متقارن تری از اشعه ایکس سخت را نتيجه مي دهند.

کلید واژه ها:دستگاه پلاسمای کانونی – اشعه ایکس سخت- ناهم

۱- مقدمه

دستگاه پلاسمای یکی از مولدهای چگالنده پلاسما در مد پالسی است[۱]. در این سیستم، تخليه الكتريكي توسط بانك خازني با اندوكتانس پائين بر روى عايق بين دو الكترود هم محور اعمال مي شود. پس ايجاد شكست الكتريكي، لايه جريان پلاسما به سمت انتهاي الكترودها شتاب مي گيرد و یک ستون چگال پلاسما با عمر حدود ۱۰۰**ns** ، چگالی حدود ³ ۳**cm** ۱۰^{۱۹} و دمای چند کیلو الکترون ولت توليد مي كند[٢]. در نتيجه رشد نايايداري m=0 ميدان الكتريكي القايي الكترون ها را به سمت الکترود مرکزی دستگاه (آند) و یون ها را در جهت مخالف شتاب می دهد. اغتشاش در ستون پینچ پلاسما تا تخریب کامل پینچ ادامه می یابد. پلاسمای کانونی علاوه بر تولید نوترون های حاصل از گداخت هسته ای هسته های دوترون، منبع سرشاری از اشعه های ایکس سخت و نرم نیز هست[۳]. طیف تابشی گسیل شده از پلاسمای کانونی محدوده انرژی کمتر از **keV** تا بیش از ۵۰۰**keV** را در





شرکت فرآوری اورانیوم و تولید سوخت هسته ای ایران (فاتسا)

۴ و ۵ اسفند ماه ۱۳۸۹ منطقه هسته ای اصفهان

17_{th}Iranian Nuclear Conference

بر می گیرد. با وجود مطالعات زیادی که بر روی اشعه ایکس سخت انجام شده است، سازوکار گسیل آن در دستگاه پلاسمای کانونی به درستی شناخته شده نیست[۸–۴]. در این مقاله جهت شناخت بیشتر تابش اشعه ایکس سخت قصد داریم اثر نوک الکترود آند سیستم را بر شدت اشعه ایکس بطور تجربی سخت بررسی کنیم. نتایج نشان می دهند که نوک مخروطی شکل از جنس تنگستن دارای بالاترین شدت و نوک تخت از جنس آلومینیم دارای کمترین شدت اشعه ایکس سخت بوده اند. این نتایج نشان می دهند که هندسه، جنس و ساختار الکترود آند می تواند بر شدت اشعه ایکس سخت گسیل شده از دستگاه پلاسمای کانونی اثرگذار باشد و منشاء گسیل این تابش پرانرژی را می توان به نوک الکترود آندی نسبت داد.

۲- چیدمان آزمایش ها

دستگاه پلاسمای کانونی امیرکبیر با ساختار مدر دارای خازنی با ظرفیت الکتریکی ۳۶µf و انرژی بیشینه ۴/۵kJ (در ولتاژ بیشینه ۱۶kV)، به جریان تخلیه بیشینه ۲۲۰kA در بازه زمانی حدود μs می رسد. آند دستگاه به قطر ۲/۷۸cm و طول ۱۴/۸cm بوده و کاتد ها نیز از شش میله به فاصله ۴/۴۷cm از محور دستگاه تشکیل شده اند. عایق بین الکترودها نیز از جنس پیرکس به طول ۵/۲cm و ضخامت ۳cm می باشد[۹]. در شکل(۱) چیدمان ابزار تجربی برای مطالعه ناهمسانگردی اشعه ایکس سخت نشان داده شده است. سیستم آشکارساز بر اساس مدل هرزیگر[۱۰] انتخاب شده و از آشکارساز سوسوزن پلاستیکی سریع برای ثبت سیگنال اشعه ایکس سخت استفاده کرده ایم. آشکارسازهای سوسوزن در فاصله یک متری از الکترود مرکزی دستگاه قرار داده شد و کالیبره شدند. سپس از آشکارساز اول به عنوان مرجع و از آشکارساز دوم برای اندازه گیری شدت اشعه ایکس در زوایای صفر، ۲۲/۵ ±، ۴۵ ±، ۶۷/۵ ± و ۹۰ ± نسبت به آشکارساز اول استفاده شده است. در هر نقطه زاویه ای، ۲۵شات زده شد و میانگین داده های تجربی مورد مطالعه قرار گرفت. نسبت سیگنال حاصل از آشکارساز متحرک به آشکارساز مرجع نیز برای هر شات بدست آمد و نتایج شدت ها به عدد یک نرمال شد[11] . خطوط خطا در شکل های نمودارهای تجربی معرف مقادیر بیشینه و کمینه شدت ها نسبت به مقادیر میانگین گیری شده هستند. سیگنال های پروب مغناطیسی، پیچه روگوفسکی و سوسوزن پلاستیکی توسط اسیلوسکوپ های حافظه دار سریع تکترونیکس ثبت و ذخیره می شوند. پروب مغناطیسی شامل سه دور حلقه به قطر ۳mm است و هنگامی که لایه جریان پلاسما از درون حلقه ها عبور می کند، افزایش ناگهانی در میدان سمتی حلقه از مقدار اولیه صفر به مقدار ثانویه ای که متناسب با جریان گذرنده و عکس فاصله شعاعی از آن است را شاهد هستیم. آزمایش برای نوک آند از جنس های آلومینیم، مس و تنگستن تخت انجام شده است. برای هر جنس، داده برداری برای ۲۵شات صورت گرفته است. تصویر دوربین روزنه سوزنی با استفاده از فیلترهای آلومینیم(μs μs) و نقره(α· μs) بر روی فیلم دندانپزشکی ثبت شده است. روزنه پوشیده شده با فیلتر آلومینیومی پنجره ای برای ورود اشعه



ایکس با انرژی در محدوده keV –۱/۲ فراهم می کند و فیلتر نقره نیز انرژی های اشعه ایکس در



شکل(۱): (a) دستگاه پلاسمای کانونی امیرکبیر و (b): چیدمان آزمایش

فشار بهینه آرگون در ولتاژ ۱۱/۵kV در آزمایشات برابر با ۹۵torr بدست آمد[۹]. برای اطمینان از داده های تجربی دقیق، چند شات قبل از ثبت داده های مورد تحلیل در این مطالعه زده شد. پس از حدود ده شات، گاز محفظه تخلیه شده و گاز جدید تزریق شد. نخست از آند از جنس مس بدون گذاشتن قطعه نوک آند استفاده شد. سپس از قطعه های از جنس مس، آلومینیم و تنگستن استفاده کردیم.

۳- نتایج تجربی

در شکل(۲) سیگنال های نوعی جریان تخلیه (پس از عبور از فیلتر ۴/۸MHz)، سیگنال اشعه ایکس سخت، تصویرهای دوربین روزنه سوزنی و سیگنال پروب مغناطیسی نشان داده شده است. پیک سیگنال پروب مغناطیسی نشان دهنده زمان رسیدن لایه جریان پلاسما به این پروب می باشد. در نتیجه برای کاهش خطای تجربی می توانیم سیگنال هایی که در یک زمان به پروب می رسند را انتخاب کنیم. در شکل(۳) سه سیگنال نوعی مربوط به جنس های مختلف نوک آند ارائه شده است. در شکل(۴) نیز سیگنال های نوعی اشعه ایکس سخت حاصل از این سه جنس مختلف ارائه شده است. توزیع زاویه ای تجربی شدت اشعه ایکس سخت با استفاده از نوک الکترود آند از جنس های مختلف در این مطالعه در شکل(۵) خلاصه شده است.



4.5 5.0

Time(µs)



شکل(۵): ناهمسانگری زاویه ای شدت اشعه ایکس سخت در اطراف الکترود مرکزی سیستم برای حالت های (a): الکترود توخالی مسی و نوک آلومینیومی و (b): آند با نوک مسی و تنگستنی

٤- نتيجه گيري

طبق شکل(۴)، بیشترین شدت اشعه ایکس سخت در آند با نوک تنگستنی و کمترین شدت برای آند با نوک آلومینیومی ثبت شد. در نتیجه برای داشتن شدت بهینه بهتر است از آند با نوک تنگستن بجای مس که بیشتر متداول است، استفاده شود. همانطور که در شکل (۵) مشاهده می شود، شدت اشعه ایکس سخت در آند توخالی از جنس مس رفتار ناهمسانگرد شدیدتری دارد. با گذاشتن نوک آلومینیمی شدت اشعه ایکس سخت افزایش یافته و ناهمسانگردی بزرگی بین زوایای ۲۲/۵درجه و ۲۲/۵ – مشاهده شد. نوک مسی آند نیز رفتار ناهمسانگردی قابل توجهی را نشان می دهد . طبق شکل(۵) می بینیم که بیشترین ناهمسانگری در زوایای بین صفر و ۲۲/۵± درجه و همچنین در زوایای بین ۲۲/۵± و ۴۵ درجه مشاهده می شود. با گذاشتن نوک تنگستنی آند، شدت اشعه ایکس در اطراف الکترود مرکزی دستگاه، به سمت تقارن بیشتر تمایل داشت. سازوکار اصلی گسیل اشعه ایکس سخت از دستگاه



پلاسمای کانونی برخورد الکترون های غیر گرمایی و پرانرژی شتاب یافته در اثر فروپاشی ستون پینچ پلاسمای چگال با سطح الکترود مرکزی دستگاه می باشد[۱۲]. در این مقاله، مشاهده شد که نه تنها شدت اشعه ایکس، بلکه ناهمسانگردی تابش اشعه ایکس سخت نیز به جنس الکترود مرکزی وابسته است. همچنین مواد با عدد اتمی بالاتر نظیر تنگستن شدت متقارن تری از اشعه ایکس سخت را نتیجه می دهند که البته مطالعات بیشتری از جنبه های تجربی و نظری برای فهم دقیق ماهیت اشعه ایکس سخت لازم است که در برنامه های آتی انجام خواهد شد.

مراجع	0 – 0
J. W. Mather, <i>Methods of Experimental Physics</i> , P. 187(1971), 9B, Academic Press, New York	[١]
J. W.Mather, Formation of high density deuterium plasma focus, <i>Physics of Fluid</i> , 8, 2, 366-377, (1965)	[٢]
Mather J. W., Characteristic of the dense plasma focus discharge, <i>Physics of Fluid</i> , 11, 3, 611-618, (1968)	[٣]
Leopoldo Soto, New trends and future perspectives on plasma focus research, <i>Plasma Physics and Control Fusion</i> , 47,361-381(2005)	[۴]
J. O. Pouzo, et al, Applications of the Dense Plasma Focus to Nuclear Fusion and Plasma Astrophysics, <i>IEEE transactions on plasma science</i> , 31, 1237-	[۵]
Zakaullah, et al, Scope of plasma focus with argone as a soft X-ray source, IEEE Rrans. On Plasma Sci., 6,2089(2002)	[۶]
F. Castillo, et al, High contrast radiography using a small dense plasma focus, <i>Appl. Phys. Lett.</i> 92 , 051502 (2008)	[V]
J. O. Pouzo, et al, Applications of the Dense Plasma Focus to Nuclear Fusion and Plasma Astrophysics, IEEE transactions on plasma science, 31, 1237-	[٨]
M. Habibi, et al, Experimental Study of Current Discharge Behavior and Hard X- ray Anisotropy by APF Plasma Focus Device, <i>Journal of Fusion Energy</i> , vol.28	[٩]
G. Herziger, etal, Hard x-ray emission from the plasma focus, <i>Physics Letters</i> , V.69A, N.1, 1978	[1•]
Jalufka N. W., Lee J. H., Current sheet collapse in a plasma focus, <i>The physics of fluid</i> , 15, 11, 1954-1958, (1972)	[11]
M. Zakaullah et al, Low-Energy Plasma Focus as a Tailored X-Ray Source, <i>Journal of Fusion Energy</i> , 19, 2,143-157(2000)	[17]