Archive of SID

مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، (JSIAU)
سال ۲۱ ، شماره ۷۹ ، بهار ۱۳۹۰

بررسی اثر کاتد و نوع گاز بر باریکه الکترونی حاصل از تخلیه الکتریکی گازها در فشار پایین

سیده حمیده مرتضوی*، امیر حسین ساری، محمود قرآن نویس
گروه فیزیک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
حمید رضا قمی
مرکز تحقیقات لیزر، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۰/۲۳ **تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۱۵**

چکیده

مقدمه: در یک چشمه الکترونی کاتد سرد باریکه الکترونی از روش تخلیه الکتریکی گازها تولید می شود. اساس کار بر گسیل الکترون از سطح کاتد فلزی، بر اثر اصابت یونها و اتمهای خنثای پر انرژی استوار است. عوامل مختلفی از جمله جنس و شکل هندسی سطح کاتد، نوع و فشار گازپلاسمایی در مشخصات باریکه الکترونی حاصل اثر بسزایی دارد.

هدف: بررسی اثر جنس و انحنای سطح کاتد، نوع و فشار گاز پلاسمایی در تشکیل باریکه الکترونی حاصل از تفنگ الکترونی کاتد سرد.

روش بررسی: مادر این تحقیق از گازهای هلیوم، هیدروژن و آرگون جهت تشکیل پلاسمااستفاده کردیم علاوه بر آن کاتدهای مختلفی از قبیل آلومینیوم، استنلس استیل، مس و برنج را مورد آزمایش قرار دادیم. برای بررسی اثر شکل سطح کاتد نیز کاتدهایی با شعاع انحناهای مختلف ۶۰-۸۰-۱۰۰ میلیمتر و تخت را مورد استفاده قرار دادیم. با انجام آزمایش و تشکیل باریکه در شرایط مختلف و با جمع آوری اطلاعاتی از جمله جریان باریکه، اختلاف پتانسیل میان کاتد – آند و نیز ولتاژ شکست در شرایط گوناگون، منحنی هایی چون منحنی مشخصه ولتاژ جریان، منحنی پاشن و غیرهرا رسم کرده و نتایج حاصل را گزارش کردیم.

نتایج: نتایج حاصل از آزمایش نشان دادند از میان گازهای مورد بررسی هلیوم و هیدروژن در مقایسه با گاز

*عهده‌دار مکاتبات: mortazavi19@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

آرگون، در شرایط کاملا مشابه، جریان باریکه ی بیشتری تولید می کنندو ازاین نظر برای تولید باریکه الکترونی مناسبترند،از لحاظ تئوری نیز از آنجا که ما در رژیم سدی[۱] (Obstructed discharge) که در آن فاصله کاتد آند از طول ناحیه ی کاتدی کمتر است، دو پدیده ی ه یونیزاسیون و تبادل بار جهت تولید و پایداری پلاسما همزمان اتفاق می افتند، از آنجایی که پدیده ی غالب، در رژیم سدی تبادل بار است و از آنجاییکه گازهای هلیوم و هیدروژن به دلیل شرایط فیزیکی ذراتشان از جمله بالا بودن انرژی یونش و کوچک و سبک بودن مولکولهایشان، در این پدیده بهتر عمل می کنند لذا همانطوریکه از نتایج هم دیده شد این دو گاز نسبت به گاز آرگون جهت تولید باریکه الکترونی، مناسبترند. اما از میان کاتدهای مختلف مورد بررسی در این آزمایش، از قبل می دانستیم آلومینیوم بدلیل دارا بودن دو خصوصیت یک کاتد مناسب یعنی میزان ضریب گسیل الکترون ثانویه ی بالا و نیز نرخ کندو پاش پایین نسبت به سایر کاتدها مناسبتر باشد آزمایشهای انجام گرفته نیز دقیقا این موضوع را تایید کردند بعد از آلومینیوم به ترتیب استنلس استیل، برنج و مس در رده های بعدی قرار گرفتند. الکترون ثانویه اش کم و کندو پاش بسیار بالایی دارد.

نتیجه گیری: نتایج نشان می دهند که از میان کاتدهای مورد بررسی آلومینیوم و مس به ترتیب دارای ماکزیمم و مینیمم جریان باریکه الکترونی می باشند و تقعر کاتد تاثیر مثبت دارد. تخلیه از منحنی پاشن تبعیت می کند و رژیم تخلیه الکتریکی در دستگاه مورد آزمایش در سمت چپ این منحنی قرار دارد. تخلیه الکتریکی گازهای هلیوم و هیدروژن به نسبت آرگون از پایداری بیشتری برای تولید باریکه الکترونی بر خوردار است.

واژه های کلیدی: باریکه الکترونی، تخلیه الکتریکی، کاتد، منحنی پاشن

مقدمه

باریکه های الکترونی که از چشمه های مختلفی چون گسیل میدانی، فوتو الکتریک، کاتد تهی، فیلمان داغ و کاتد سرد تولید می شوند در صنعت و تکنولوژی دارای کاربردهای فراوانی هستند. توسط چشمه الکترونی کاتد سرد با اعمال ولتاژ DC پیوسته بالایی می توان باریکه الکترونی قوی تولید کرد.[۲] اساس کار چشمه الکترونی کاتد سرد، بر گسیل الکترون از سطح کاتدی فلزی که بر اثر اصابت یونها و اتمهای خنثای پر انرژی شکل می گیرد، استوار است.[۳-۴] این فرآیند توسط پارامتری به نام ضریب گسیل الکترون ثانویه مشخص می گردد، از آنجا که جنس کاتد به طور مستقیم در این پارامتر نقش دارد با بکار بردن کاتدهای مختلف قصد داریم میزان این تأثیر را بیابیم، بر این اساس به تهیه نمودارهای ولتاژ – جریان، به ازای کاتد های مختلف خواهیم پرداخت. با بررسی های انجام شده فلزی برای استفاده بعنوان کاتد مناسب است که ضمن بالا بودن ضریب گسیل الکترون ثانویه اش، میزان کندو پاش آن نیز کم باشد. از سوی دیگر شکل هندسی سطح کاتد نیز در روند شکل گیری باریکه الکترونی مؤثر است. آزمایشهای مختلف حاکی از این مطلب هستند که کاتدهای با سطح مقعر در مقایسه با کاتدهای تخت در تولید باریکه ی الکترونی از بازده بالاتری بر خوردارند. هنگامی که کاتد مقعر است سطوح هم پتانسیل به شکل نیمه کروی می باشند از آنجا که راستای حرکت الکترونهای کنده شده از سطح کاتد، در راستای عمود بر سطوح هم

www.SID.ir

Archive of SID

پتانسیل است لذا الکترونها به شکل کانونی در اثر شکل میدان جمع می شوند و از پراکنده شدن و برخورد آنها به دیواره ها و اتلافشان جلوگیری می شود و ذرات بیشتری در تولید باریکه الکترونی شرکت خواهند کرد، که این امر در کاتدهای تخت رخ نمی دهد زیرا در آنها الکترونها اکثراً بر اثر شکل خطوط میدان الکتریکی به دیواره ها برخورد کرده و تلف می شوند از سوی دیگر شاید بتوان به این موضوع اشاره کرد که در کاتدهای تخت غالب برخوردها به شکل عمود به سطح انجام می گیرد و در این گونه برخوردها عمق نفوذ یونهابه سطح کاتد بالاتر از برخوردهای مایل است، لذا در این برخوردها شانس کنده شدن الکترون کمتر از حالتی است که برخورد یون به کاتد مایل باشد.

مواد و روشها

روش انجام آزمایش

چشمه الکترونی کاتد سرد از یک محفظه پیرکسی تشکیل یافته است در این محفظه تخلیه الکتریکی در فشار پایین رخ می دهد، کاتد به عنوان منبع الکترون است و از جنسهای مختلف به شکل تخت یا مقعر انتخاب شده و در قسمت فوقانی تیوب قرار می گیرد و آند که به آن الکترود میانی یا شناور نیز گفته می شود کمی پایین تر از کاتد به شکل مخروطی و از جنس استنلس استیل با روزنه ای در مرکز ثابت شده است در کنار آند مجرای ورود گاز تعبیه شده است که در سر راه آن به محفظه یک شیر سوزنی قرار دارد تا میزان ورود گاز به تیوب را از طریق آن کنترل کنیم، و در آخر مجرای اتصال پمپهای روتاری (مکانیکال) و توربو می باشد که به کمک آنها می توان به ترتیب فشار گاز را به 10^{-3} و 10^{-5} تور برسانیم. کاتد به ولتاژ بالای منفی و آند به همراه مجرای پمپ به زمین متصلند.

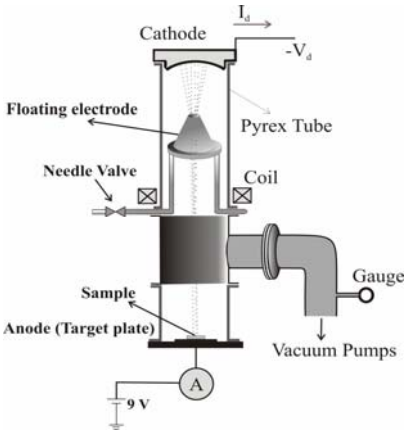
نحوه انجام آزمایش اینگونه است که ابتدا توسط پمپهای روتاری و توربو فشار گاز داخل محفظه را به 10^{-5} تور رسانده و آنگاه از طریق شیر سوزنی مقداری گاز وارد محفظه می کنیم، البته فشار نهایی محفظه برای گازهای مختلف متفاوت می باشد که نتایج نشان می دهد این فشار برای گاز هلیوم و هیدروژن در محدوده ی 10^{-2}تور و برای گاز آرگون 10^{-3}تور می باشد، پس از ورود گاز به محفظه لازم است بر اثر وجود اختلاف پتانسیل بالا بین کاتد و آند پلاسمایی شکل می گیرد که یونهای آن به کاتد جذب شده و با اصابت به سطح کاتد منجر به کنده شدن الکترون از کاتد می شوند این الکترونها در اختلاف پتانسیل میان کاتد – آند، شتابدار شده و از روزنه ی آند به شکل بیم الکترونی خارج می شوند. برای کانونی نمودن بیم از یک سیم پیچ با ۴۰۰دور سیم و جریان ۴ آمپر بر میلی متر مربع استفاده می کنیم به این ترتیب با تغییر ولتاژ اعمال شده به کاتد جریان بیم متناظر را یادداشت می کنیم که این اطلاعات ما را به منحنی ولتاژ – جریان می رساند. شماتیک چشمه کاتد سرد در شکل۱ آورده شده است.

نتایج و بحث

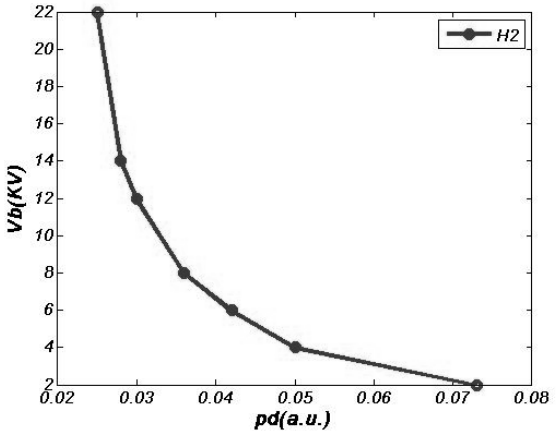
www.SID.ir

Archive of SID

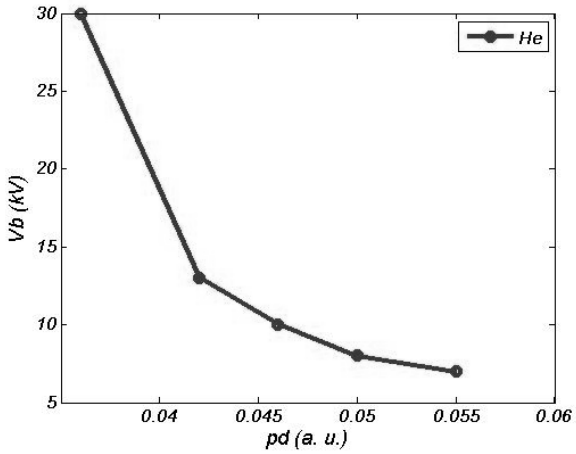
با آزمایشهای انجام شده پس از ترسیم منحنی ولتاژ شکست بر حسب حاصلضرب فشار در فاصله کاتد-آند مشاهده کردیم که تمام گازها از منحنی پاشن تبعیت می کنند و رژیم تخلیه الکتریکی در دستگاه مورد آزمایش در سمت چپ منحنی پاشن قرار دارد (نمودارهای ۳-۱).



شکل۱- نمایش طرح واره تفنگ الکترونی



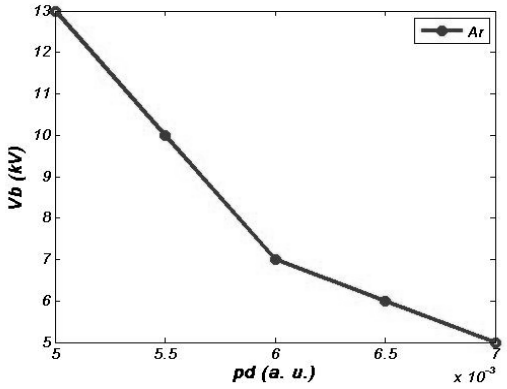
نمودار ۱- منحنی پاشن حاصل از گاز هیدروژن



نمودار۲ - منحنی پاشن حاصل از گازهلیوم

www.SID.ir

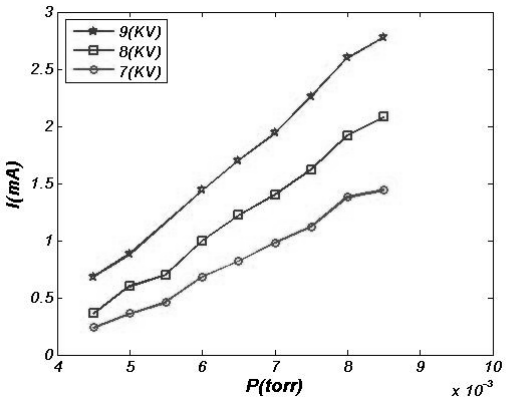
Archive of SID



نمودار ۳- منحنی پاشن حاصل از گاز آرگون

تخلیه الکتریکی گازهای هلیوم و هیدروژن به نسبت آرگون از پایداری بیشتری بر خوردار است علاوه بر آن این دو گاز در فشار گاز حدود ده برابر کمتر از آرگون دچار شکست الکتریکی می شوند، از آنجایی که اتمهای گاز آرگون نسبت به دو گاز دیگر بزرگتر و سنگین تر است کندو پاش بیشتری را در سطح کاتد ایجاد می کند که این برای ما مطلوب نیست. با رسم نمودار جریان بیم بر حسب فشار گاز درون محفظه خلاء در می یابیم که جریان بیم الکترونی، تابع فشار گاز است همانطوریکه در نمودار ۴ مشاهده می شود با افزایش فشار گاز البته در محدوده ی مجاز، جریان بیم الکترونی نیز افزایش می یابد و نیز به ازای یک فشار گاز معین، با افزایش ولتاژ، جریان بیم نیز افزایش خواهد یافت. در نمودار۵ منحنی های ولتاژ جریان در فشارهای گاز عامل مختلف رسم شده اند. این نمودارها نشان می دهند با افزایش فشار گاز جریان باریکه الکترونی نیز افزایش می یابد. برای بررسی اثر شکل سطح کاتد بر بیم الکترونی از کاتدهایی با شعاع انحناهای مختلف ۶۰-۸۰-۱۰۰ میلیمتر و تخت استفاده کردیم که کاتدهای مقعر در مقایسه با کاتد تخت در شرایط کاملاً مشابه به مراتب بیم الکترونی بالاتری تولید می کنند (نمودار ۶).

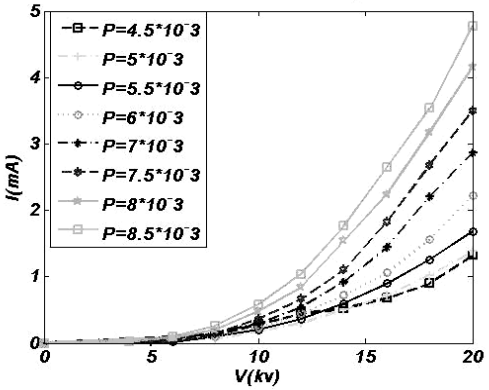
از آنجایی که یکی از اهداف ما بررسی اثر جنس و شکل سطح کاتد بر بیم الکترونی است از چهار جنس مختلف آلومینیوم – استیل- مس و برنج در دو شکل مقعر و تخت استفاده کردیم.



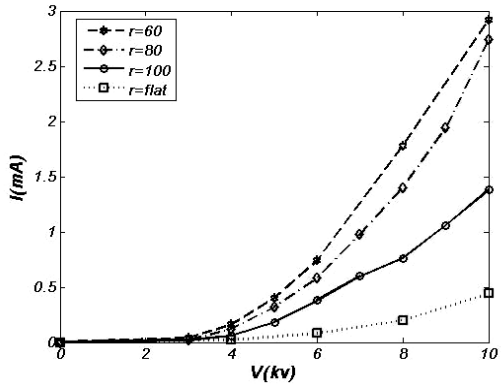
نمودار ٤- منحنی جریان بیم الکترونی بر حسب فشار گاز درون محفظه منحنی ولتاژ – جریان گاز آرگون

www.SID.ir

Archive of SID



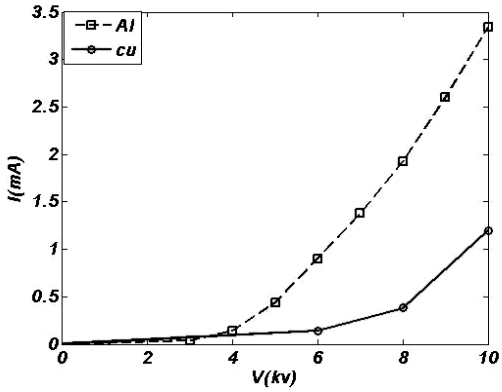
نمودار ٥- نمودارهای ولتاژ جریان در فشارهای مختلف



نمودار ٦- منحنی ولتاژ جریان به ازای کاتدهایی با شعاع انحنای مختلف

نتیجه گیری

نتایج نشان می دهند که از میان کاتدهای مورد بررسی آلومینیوم و مس به ترتیب دارای ماکزیمم و مینیمم جریان بیم الکترونی می باشند، همانطور که در بالا اشاره شد آلومینیوم دارای دو خصوصیت یک کاتد مناسب می باشد هم میزان ضریب گسیل الکترون ثانویه ی آن بالاست هم نرخ کندو پاش آن پایین می باشد بر خلاف آن مس ضریب گسیل الکترون ثانویه اش کم و کندو پاش بسیار بالایی دارد لذا آلومینیوم در میان جنسهای مورد آزمایش از همه مناسب تر می باشد و مس کاتد مناسبی نیست دو کاتد دیگر نیز حد واسط دو کاتد مذکور می باشند این مطلب در نمودار ٧ قابل مشاهده است.



نمودار ٧- منحنی های ولتاژ جریان برای کاتدهایی از جنس آلومینیوم و مس

References:

1. Roth, J.R., *Industrial Plasma Engineering Principles* 1, Knoxville Tennessee, USA (1994).
2. Sari, A.H., Ghoranneviss, M., Hora, H., Osman, F., Hopfl, R., Hantehzadeh, M.R., and Bolouki, N., *J. Plasma Fusion Res. SERIES*, **6**, 735 (2004).
3. Donko, Z., Rozsa, K., Tobin, R.C., and Peard, K.A., *Phys. Rev.* E, **49**, 3283 (1994).
4. Fukao M., Masazumi I., Yoshio O., and Hironobu M., *Vacuum*, **59**, 358 (2000).

www.SID.ir