Archive of SID

مقاله نامه هفتمین کنفرانس ملّی خلأ ایران
دانشگاه مازندران
۲۰و۲۱ آبان ۱۳۹۴

اثر بار فضایی بر روی کاتد گرمایونی

قلمبر دزفولی ، عبدالمحمد ، شمعونی، شکوفه*

گروه فیزیک دانشگاه شهید چمران،اهواز

چکیده

چشمهٔ الکترونی مهمترین بخش در تفنگ‌های الکترونی است و با توجه به نوع کاربرد چشمه، گسیل الکترون‌ها به روش‌های متفاوتی صورت می‌گیرد. یکی از این روش‌ها گسیل گرمایونی است.در این مقاله به بررسی چشمهٔ الکترونی به روش گرمایونی برای ماده تنگستن به عنوان کاتد می‌پردازیم. برای شبیه سازی این چشمه از کد محاسباتی EBSLITE(2.0) استفاده شده است. کاتد شبیه‌سازی شده کاتد گرمایونی تخت به شعاع ۰/۲ mm و طول۲ mm و عرض ۰/۵ mm است می‌باشد. هم‌چنین چگونگی ایجاد ابر الکترونی و اثر پتانسیل آند بر روی اثر بار فضایی ایجاد شده بررسی شده و نمودار جریان آند بر حسب پتانسیل مورد تحلیل قرار گرفته است.

Space charge effect on thermionic cathode

Ghalambor Dezfouli, Abdolmohammad, Shamouni, shekofe*

Physics Department, Shahid Chamran University, Ahwaz

Abstract

The most important part in an electron gun is its electron source. However, in terms of the type of source application, the emission of electrons occurs with different methods. One of these methods is called thermionic electron emission. In this paper, we have investigated a tungsten cathode electron source based on thermionic emission. The EBSLITE (2.0) computational code has been used to simulate this source. The simulated thermionic cathode has a radius of 0.2mm, length of 2mm, and width of 0.5mm. Also, the formation of electron cloud in the gun and the effect of anode potential on the space charge effect is investigated. Finally, the diagram of anode current versus potential has been analyzed.

مقدمه

یکی از ابیراهی‌های مؤثر در مراحل اولیهٔ سامانه‌های اپتیک ذرات باردار ابیراهی بار فضایی است. این ابیراهی از دافعه متقابل بین الکترون‌ها ایجاد شده و با افزایش چگالی جریان افزایش می‌یابد و نتیجهٔ آن تشکیل یک تصویر پراکنده می‌باشد.

از طرف دیگر بار فضایی در سامانه‌های با قدرت تفکیک بالا، مانند طیف‌سنج‌های الکترونی، جریان خروجی از کاتد گرمایونی را تحت تأثیر قرار داده و بر روی جریان قابل حصول از منبع ذرات باردار محدودیت اعمال می‌کند.

چشمه‌های تولید کنندهٔ ذرات باردار از ابزارهای لازم برای تولید پرتوهای ذرات باردار می‌باشند این چشمه‌ها بر اساس نوع تولید ذرات باردار به دو صورت چشمهٔ یونی و الکترونی تقسیم می‌شوند و پرتوهای خارج شده از چشمه‌ها به چندین عامل نظیر هندسهٔ الکترودها، فاصلهٔ بین الکترودها، ولتاژ اعمال‌شونده به الکترودها و اثر بار فضایی بستگی دارد[۱و۲و۳].

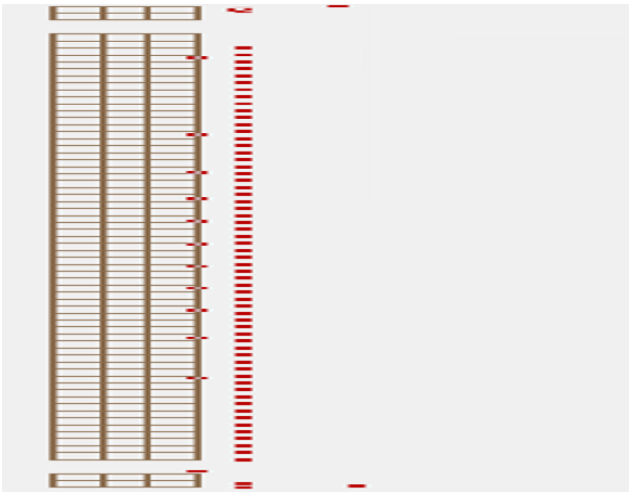
www.SID.ir

Archive of SID

در این تحقیق چشمه تولید الکترون به روش گرمایونی به عنوان کاتد بررسی می‌شود. کاتدی که شبیه سازی می‌شود از جنس تنگستن و به صورت ورقه‌ای به شعاع ۰/۲ mm و طول ۲ mm و عرض ۰/۵ mm می‌باشد. از این کاتد در طیف‌سنج‌های الکترونی به منظور تولید الکترون‌هایی با انرژی پایین استفاده می‌شود.

تشکیل ابر الکترونی

هنگامی که کاتد به اندازه کافی گرم شود بر طبق قاعده تابش گرمایونی، الکترون تابش می‌کند. الکترون‌های تابشی، مسافت کوتاهی را از سطح کاتد طی می‌کنند و در مقابل کاتد تجمع می‌کنند، این ناحیهٔ تجمع الکترون‌ها را ناحیهٔ بار فضایی می‌نامند. اجتماع الکترون‌ها در مقابل کاتد یک پتانسیل مثبت در کاتد القا می‌کند که سبب می‌شود الکترون‌ها به سمت کاتد بازگردند. تمایل بار فضایی در محدود کردن تابش بیشتر الکترون‌ها از کاتد، اثر بار فضایی نام دارد. در شکل ۱ این ابر الکترونی نشان داده شده است.

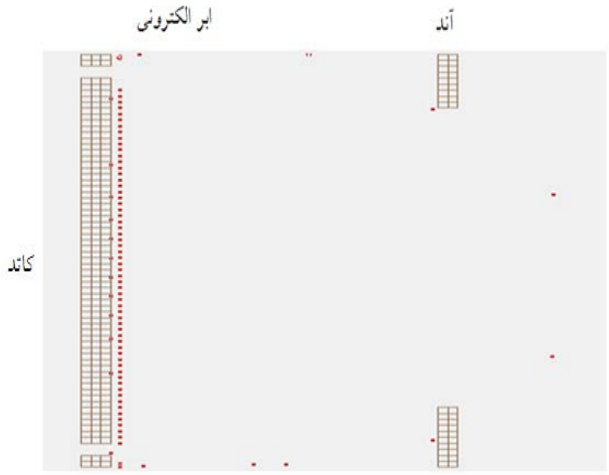


شکل ۱ تشکیل شدن ابر الکترونی در مقابل کاتد شبیه‌سازی شده کاتد در سمت چپ می‌باشد.

ناحیهٔ بار فضایی تابش الکترون‌ها را به تأخیر می‌اندازد بنابراین نیاز است به سرعت الکترون‌ها را از این ناحیه خارج کرد بعبارت دیگر برای پوشش اثر منفی بار فضایی، در فاصلهٔ چند میلی‌متری از کاتد، الکترود دیگری بنام آند قرار می‌دهیم مطابق آنچه در شکل ۲ نشان داده شده است. با قرار دادن آند یک دیود خطی که از دو الکترود تشکیل شده، ایجاد شده است، زمانی که به آند پتانسیل اعمال می‌شود الکترون های موجود در ناحیهٔ بار فضایی، به طرف آند جذب شده، و تشکیل جریان الکترونی می‌دهند، که در شکل ۳ نشان داده شده است مطابق این شکل ابر الکترونی از نزدیکی کاتد حذف شده است ولی اثر بار فضایی درون پرتو که متناظر با دافعهٔ ذرات است، در درون دیود مشاهده می‌شود. بعلت دافعه متقابل الکترونها بار فضایی سبب محدود شدن چگالی جریان کاتد می‌شود، در این ناحیه چگالی بار فضایی برابر است با:

$$J=4/9\ \epsilon_0\ (2e/M)^{1/2}V^{3/2}/a^2 \qquad (۱)$$

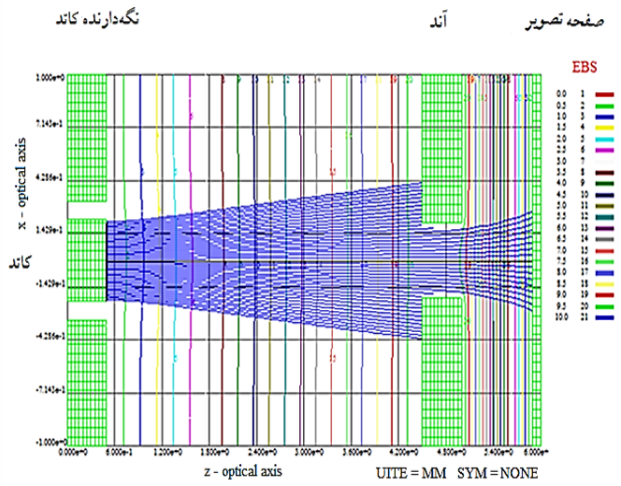
e ، M و ϵ_0 به ترتیب بار و جرم ذرات تابش شده و ضریب گذردهی خلأ هستند رابطه فوق، معادلهٔ چایلد لانگمویر نامیده می‌شود[۴و۵ و۶ و۷ و۸].



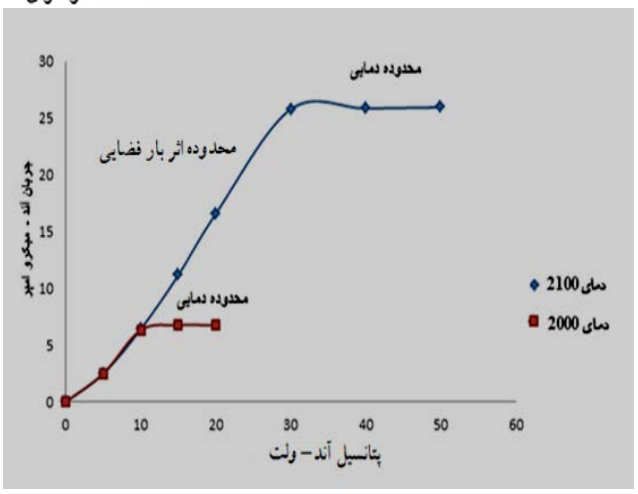
شکل۲ کاتد و ابر الکترونی در نزدیکی سطح کاتد و آند شبیه‌سازی شده

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳ جریان ایجاد شده بین کاتد تخت و آند



نمودار۱ محدودهٔ دمایی در دیود در دو دمای ۲۰۰۰و ۲۱۰۰ درجه کلوین و پتانسیل‌های متغیر

اثر پتانسیل بر روی دیود

همان‌طور که در قسمت قبل گفته شد وقتی کاتد گرم می‌شود بار فضایی ایجاد می‌شود. هنگامی‌که بین کاتد و آند اختلاف پتانسیل اعمال شود، الکترون‌ها از کاتد به سمت آند حرکت می‌کنند و جریان تولید می‌کنند. اگر پتانسیل اعمال شده میان دیود به حدی باشد که باعث شود تمام الکترون‌ها از سمت کاتد به سمت آند تابیده شوند، بار فضایی باقی‌مانده پیرامون کاتد از بین می‌رود. مطابق نمودار۱، در دمای ۲۰۰۰ کلوین، بالاتر از مقدار ۱۰ولت افزایش در پتانسیل جریان ثابتی را نشان می‌دهد، در پایین‌تر از۱۰ولت جریان درون دیود توسط بار فضایی محدود می‌شود که این ناحیه محدودهٔ اثر بار فضایی نام دارد. بالاتر از ۱۰ ولت اثر بار فضایی هیچ تأثیری بر روی جریان درون دیود ندارد، در این ناحیه جریان توسط تعداد الکترون‌های حاصل از گرم شدن کاتد، تعیین می‌شود یا به بیان دیگر تنها راه افزایش جریان آند، افزایش دمای کاتد است. با افزایش دمای کاتد به ۲۱۰۰ کلوین، مقدار نهایی جریان هم تغییر کرده و زیادتر می‌شود. به این ناحیه، محدودهٔ دمایی می‌گویند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله چشمهٔ الکترونی از جنس تنگستن را شبیه‌سازی کردیم. علت ایجاد ابر الکترونی بررسی شد و مشاهده شد با افزایش پتانسیل تا ۳۰ ولت در دمای ثابت جریان افزایش می یابد و با افزایش جریان اثر بار فضایی از بین می‌رود. همچنین در پتانسیل بالاتر از ۳۰ ولت جریان ثابت باقی می‌ماند.

مرجع‌ها

[1] John H. Moore. *"BUILDING SCIENTIFIC APPARATUS"*. New York,(2009).
[2] Miklos Szilagyi.*"ELECTRON AND ION OPTICS"* New York,(1988).
[3] K. G. Kostov and J. J. Barroso." Space-charge-limited current in cylindrical diodes with finite-length emitter" *Phys. Plasmas*, **9**, 1039-1042 (2002).
[4] Han S. Uhm, Eun H. Choi, and Myung C. Choi "A study of diode perveance for high-power relativistic electron beams '' *Physics of Plasmas* ,**9**, 2850-2853 (2002) .
[5] M. M. Abdelrahman, N. I. Basal, S. G. Zakhary "Analytical and simulation studies for diode and triode ion beam extraction systems '' *CPC(HEP & NP)*, **36**, 344-349 (2012).
[6] Rafael Torres- Cordoba and Edgar Martínez- Garcia, "Space Charge Emission In Cylindrical Diode," *Physics Of Plasmas*, **21**, 023107-023107-5, (2014)

www.SID.ir

Archive of SID

[7] K. G. Kostov, "Space-charge-limited current in cylindrical diodes with finite-length emitter," *Physics Of Plasmas*, **9**, 1039-1042, (2002).

[8] M. M. Abdelrahman, "Analytical and simulation studies for diode and triode ion beam extraction systems," *CPC*, **36**, 344-349, (2012).

www.SID.ir