ارزیابی مقایسه ای تاثیر ماده دی الکتریک در ساخت دستگاه های پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک سطحی SDBD

محمدمهدی آقاملایی، فریبرز تقی زاده کنازه، حسن مهدیان، علی حسن بیگی، کمال حاجی شریفی

پژوهشکده پلاسما، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

Abstract

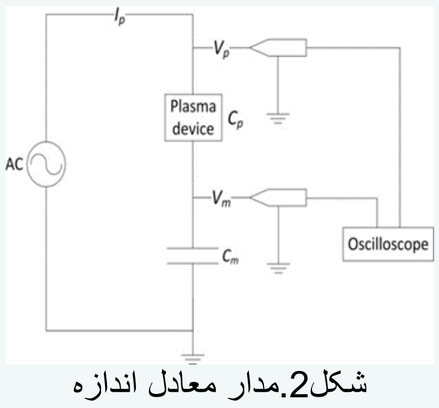
پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک سطحی سرد شامل دو الکترود رسانا که یک یا هر دو آن ها توسط ماده دی الکتریک پوشیده شده است. هیچ شکافی بین الکترودها و مانع دی الکتریک وجود ندارد بنابراین تخلیه الکتریکی بر روی سطح دی الکتریک و در امتداد مرز الکترود تولید می شود. مشخصه یابی تجربی تخلیه های سد دی الکتریک سطحی به عنوان تابعی از مواد دی الکتریک گزارش شده است. دی الکتریک های مختلف مانند پلیمرها، ورق های میکای مسکوویت و فلوگوپیت با ضخامت و شرایط ولتاژ و فرکانس یکسان مقایسه و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد ورق میکای فلوگوپیت دارای قدرت شکست الکتریکی بالا (25کیلوولت بر میلی متر) است. میکای مسکوویت، پلی وینیل کلراید، پلی اتیلن، پلی پروپیلن به ترتیب در جایگاه بعدی قرار دارند. از طرف دیگر مزیت مواد پلمیری انعطاف پذیر بودن و قابلیت شکل پذیری آن ها است. در نهایت دی الکتریک های میکا فلوگوپیت مات برای ساخت دستگاه های پلاسمای سطحی به عنوان روشی قابل اطمینان و تکرارپذیر معرفی می گردد.

Introduction

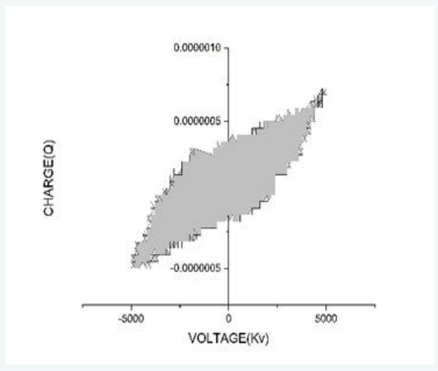
پلاسمای تخلیه سد دی الکتریک (DBD)یک سیستم تولید پلاسمای سرد است که شامل دو الکترود رسانا است که یکی یا هر دو الکترود توسط مواد دی الکتریک مانند پلیمر، شیشه، آلومینا و کوارتز پوشیده شده است [۱]. در دستگاه های پلاسمایی تخلیه سد دی الکتریک سطحی (SDBD)هیچ شکافی بین هیچ یک از الکترودها و سد دی الکتریک وجود ندارد. در نتیجه، تخلیه ها توزیع تقریباً دو بعدی را بر روی سطح مانع و در امتداد مرز الکترودی که در معرض گاز اطراف باقی می ماند، به دست می آورند [۲]. مزایای اصلی SDBDنسبت به سایر روش‌های تولید پلاسما، نیازمند توان کم، سفارشی‌سازی (طراحی و مقیاس‌پذیری)، عدم نیاز به جریان گاز، و از همه مهم‌تر توانایی تخلیه شبه کرونا برای کاربرد در بسیاری از زمینه‌های پلاسما است .تولید پلاسما و گونه‌های واکنش‌پذیر آن تا حد زیادی به نوع منبع و پارامترهای دستگاه پلاسما مانند ساختار ،جنس و هندسه الکترود و دی الکتریک، توان ورودی (ولتاژ و فرکانس)، نرخ جریان گاز در حال کار، ، دما، فاصله شکاف گاز و رطوبت هوا بستگی دارد[3,4,5]. اثرات پارامترهای مختلف طراحی SDBDبر تولید و غلظت پلاسما به خوبی تعریف نشده است. انواع و غلظت‌های مختلف گونه‌های تولید شده با پلاسما تأثیر مستقیمی بر پاسخ به تیمارهای پلاسمای سرد دارند. بنابراین SDBDباید بیشتر توسعه یابد تا توزیع یکنواخت پلاسما و گونه‌های فعال تولید شده را روی سطح هدف برای بهبود اثر توزیع یکنواخت بدون اثرات نامطلوب بر هدف ایجاد کند. مشخصه یابی تجربی تخلیه های سد دی الکتریک سطحی به عنوان تابعی از مواد دی الکتریک گزارش شده است. دی الکتریک های مختلف مانند پلیمرها، ورق های میکای مسکوویت و فلوگوپیت با ضخامت و شرایط ولتاژ و فرکانس یکسان مقایسه و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد ورق میکای فلوگوپیت دارای قدرت شکست الکتریکی بالا است.

Methods

دی الکتریک های مختلف مانند پلیمرهای پلی پروپیلن، پلی اتیلن،پلی وینیل کلراید، ورق های میکای مسکوویت و فلوگوپیت با ضخامت یک میلی متر و ثابت دی الکتریک های۲.۲۵،۲.۲۵، ۷،۳.۲، ۶ به ترتیب و همچنین شرایط ولتاژ و فرکانس یکسان(۱۰کیلو ولت-۵ کیلوهرتز) مقایسه و ارزیابی شدند. الکترودهای مسی با ضخامت ۵۰ میکرون در طرفین دی الکتریک ها برای روشن کردن پلاسما مورد استفاده قرار گرفت. همچنین، الکترود پایینی زیر یک لایه اضافی از مواد دی الکتریک چسب کپتون برای جلوگیری از تشکیل پلاسما بالقوه در طرف دیگر ژنراتور SDBD، اتصال به زمین و مدفون شده است. یک روش برای محاسبه اتلاف توان اتلافی یا مصرفی هر DBDاین است که بار، Q(t)، در برابر ولتاژ، V(t)، در یک سیکلوگرام شارژ-ولتاژ، یا نمودار Lissajousرسم شودکه مساحت آن انرژی تلف شده در هر سیکل است.توان مصرفی SDBDبه طور کلی به عنوان تابعی از خواص الکتریکی، هندسی و مواد گزارش می شود. اندازه گیری ولتاژ با استفاده از یک پروب ولتاژ بالا PINTEK HVP-39PRO به خروجی منبع تغذیه فیدارآزما متصل است، انجام شد. تمام اندازه گیری ها با استفاده از اسیلوسکوپ صورت گرفت و نمودارهای لیساژو آن ها رسم شد تا تاثیر دی الکتریک بر توان مصرفی پلاسماهای سطحی با دی الکتریک های پلیمری و میکایی اندازه گیری و مقایسه شوند.

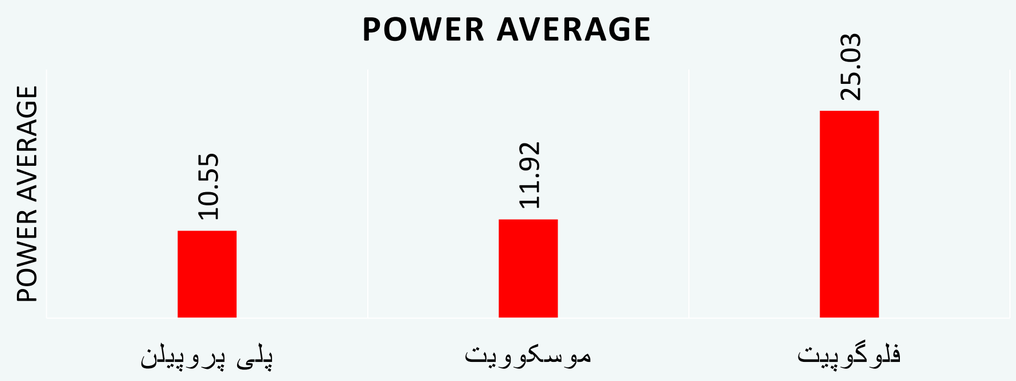


شکل2.مدار معادل اندازه گیری توان مصرفی



شکل1.نمودار لیساژو

Results



میانگین‌های به دست آمده نشان دادند که دی الکتریک های از جنس میکا فلوگوپیت به طور متوسط بالاترین توان مصرفی را دارند (۲۵.۰۳ وات بر میلی متر)، در حالی که دی الکتریک های موسکوویت و پلی پروپیلن به ترتیب میانگین‌های۱۱.۹۲ و۱۰.۵۵ وات بر میلی متر را نشان دادند(پلیمرهای پلی اتیلن و پلی وینیل کلراید به دلیل شباهت با پلی پروپیلن دارای توان مصرفی نزدیک با این پلیمر هستند). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از توزیع میدان الکتریکی متفاوتی باشد که هر دی الکتریک تحمل میکند. در دی الکتریک های میکا، میدان الکتریکی ممکن است بیشتر به صورت یکنواخت توزیع شود و این امر سبب می‌شود که انرژی بیشتری به گاز وارد شود و بنابراین پلاسمای بیشتری تولید کند .ضریب همبستگی پیرسون، که به منظور ارزیابی رابطه بین جنس دی الکتریک و توان خروجی محاسبه شده است، مقدار ۰.۷۵۷ را نشان می‌دهد، با مقدار p تقریبا برابر با ۰.۰۱۸ که این نشان می‌دهد یک رابطه مثبت قوی بین دی الکتریک و توان خروجی وجود دارد. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که دی الکتریک های با ضریب دی الکتریک بالاتر (مانند فلوگوپیت و موسکوویت) می‌توانند به دلیل توزیع بهینه‌تر میدان‌های الکتریکی و تعاملات پلاسمایی، توان بیشتری تولید کنند.نتایج نشان داد ورق میکای فلوگوپیت دارای قدرت شکست الکتریکی بالا (۲۵کیلوولت بر میلی متر) است. میکای مسکوویت، پلی وینیل کلراید، پلی اتیلن، پلی پروپیلن به ترتیب در جایگاه بعدی قرار دارند. از طرف دیگر مزیت مواد پلمیری انعطاف پذیر بودن و قابلیت شکل پذیری آن ها است. در نهایت دی الکتریک های میکا فلوگوپیت مات برای ساخت دستگاه های پلاسمای سطحی به عنوان روشی قابل اطمینان و تکرارپذیر معرفی می گردد.

References

[1]. Kogelschatz, U. Dielectric-Barrier Discharges: Their History, Discharge Physics, and Industrial Applications. *Plasma Chemistry and Plasma Processing* **23**, 1–46 (2003). https://doi.org/10.1023/A:1022470901385

[2]. Kim J, Kim S-j, Lee Y-N, Kim I-T, Cho G. Discharge Characteristics and Plasma Erosion of Various Dielectric Materials in the Dielectric Barrier Discharges. *Applied Sciences*. 2018; 8(8):1294. https://doi.org/10.3390/app8081294

[3]. Benard N, Moreau E. Role of the electric waveform supplying a dielectric barrier discharge plasma actuator. Applied Physics Letters. 2012 May 7;100(19).

[4]. Thu Minh Nguyen, Neha Kaushik, Tung Thanh Nguyen, Eun Ha Choi, Linh Nhat Nguyen, Nagendra Kumar Kaushik, The outlook of flexible DBD-plasma devices: Applications in food science and wound care solutions, Materials Today Electronics, Volume 7, 2024, 100087, ISSN 2772-9494, https://doi.org/10.1016/j.mtelec.2023.100087.

[5]. Portugal, S., Roy, S. & Lin, J. Functional relationship between material property, applied frequency and ozone generation for surface dielectric barrier discharges in atmospheric air. *Sci Rep* **7**, 6388 (2017). https://doi.org/10.1038/s41598-017-06038-w