

カスケード型アーク放電によるプラズマウィンドウの開発 とその性能評価

山口拓海¹, 修行貴大¹, 福山浩平¹, Md. Anwarul ISLAM¹, 田村直樹²,
難波慎一¹

¹広島大学大学院工学研究科, ²核融合研

<https://www.plasmasciencelab.com/>

カスケード型アーク放電とは直流放電の陰極と陽極の間に電氣的に絶縁された浮遊中間電極を配した放電であり, 安定した大気圧熱プラズマを発生させることができる. また, プラズマによるガスの高温化に伴う圧力上昇と, 温度上昇による粘性効果によって, 差動排気系におけるチャンネル内のガス流れは凍結されることで, 低圧側に流れ込むガス流量を大幅に削減することができる.

このような特性をもつカスケードアーク放電は, 大気と真空を隔離する一方で, 荷電粒子や軟X線を透過しうるバーチャルな圧力隔壁として作用することができる. プラズマウィンドウと呼ばれるこの技術は実際に, Hershcovitchらが大気中での電子ビーム溶接に成功している[1]ことから, その有用性は確かめられている. しかしながら, その装置は実用段階に達しているとはいえず, それ以降実用化に向けた大きな動きは見られない.

そこで, 我々は定常高密度プラズマを発生させるために, カスケードアーク源のひとつであるTPD(Test plasma by Direct current)アークプラズマ源をベースとし, 電子ビーム溶接への応用を想定したチャンネル径3 mmの実用的な小型プラズマウィンドウの開発とその評価を行っている.

プラズマウィンドウ性能として最も重要とされるパラメータは放電部圧力と真空膨張部間の圧力差である. それぞれを絶対圧真空計で計測した結果, 放電部圧力が100 kPa, 膨張部圧力100 Paであり, 圧力比にして1000倍以上に達した.

また, プラズマの高温化はガス粘性に大きく影響することから, プラズマ中の電子密度と電子温度を可視分光スペクトルを解析して評価した. 電子密度の決定には線スペクトルのシュタルク広がり幅と電子密度との関係を, 電子温度はボルツマンプロット法を用いた. その結果, 電子密度が最大で $9.6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, 電子温度が0.7 eVであると推定できた.

[1] Hershcovitch *et al.*, Phys. Plasmas **12** 057102 (2005).