

プラズマウィンドウのための傍熱型 LaB₆ ホローカソードの開発

炭野真郷¹, Md Anwarul ISLAM¹, 重定綾¹, 八田一甫¹, 山口拓海¹,
田村直樹², 奥野広樹³, 大野哲靖⁴, 高木誠⁴, 山崎広太郎¹, 難波慎一¹

¹広島大学大学院, ²核融合研, ³理研仁科加速器科学センター, ⁴名古屋大学大学院

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

大気圧アーク放電によって生成されるプラズマ中のガスの高温化とそれに伴う粘性の増大により、放電路内のガスの流れが大幅に抑制される。この効果により真空容器と大気間に大きな圧力勾配を発生させ、真空を隔離するバーチャルな壁を“プラズマウィンドウ”という。プラズマウィンドウは、ガラスや金属などの物理的な障壁で隔てる場合と異なり、高速電子やイオンは透過できる性質をもつ。本研究では、理化学研究所で稼働している重イオン加速器の多価イオン化部であるヘリウムガスストリッパの多段差動排気の一部をプラズマウィンドウに代替することを試みている。この装置での差動排気の実用化のためには、電子温度 5 eV, 電子密度 10^{15} cm^{-3} 以上の定常高密度ヘリウムプラズマを生成し、放電部ガス圧力 7 kPa, 膨張室ガス圧力 1~5 Pa の圧力差を実現するプラズマウィンドウが必要となる。また、今後のウランビーム大強度化に向けてビーム口径大型化が検討されているため、穴径が 8~30 mm の大口径プラズマウィンドウが要求されることになる（現在 6 mm 径）。

我々は定常高温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一つである TPD (Test Plasma by Direct current) プラズマ源を改良し、重イオン加速器のガスストリッパ用差動排気への応用を視野に入れたチャンネル径 8 mm のプラズマウィンドウの開発とその性能評価を行っている。現在までに、放電部 1.3 kPa と膨張部 5.9 Pa の圧力勾配を発生させるプラズマウィンドウを実現したが、上記に記した目標値には達していない。

本研究では熱陰極として、宇宙機の電気推進に用いられる傍熱型ホローカソードを採用し、より安定で長時間運転可能なカスケードアーク源の開発を行った。ホローカソード効果により従来よりも陰極内部での高効率電離、ガスの高温化とそれに伴うガス粘性の増加により、圧力障壁性能の向上が期待できる。

本発表では、これまでのプラズマウィンドウで得られた特性評価と今回新たに開発した傍熱型 LaB₆ 熱陰極を有する装置の設計指針と概略について報告する。