

# 大気圧電子ビーム溶接のためのプラズマウィンドウ 高性能化に関する研究

柳旺志<sup>1</sup>, 砂田悠太<sup>1</sup>, 八田一甫<sup>1</sup>, 炭野真郷<sup>1</sup>, 重定綾<sup>1</sup>, 黒崎健太郎<sup>1</sup>,  
田村直樹<sup>2</sup>, 奥野広樹<sup>3</sup>, 大野哲靖<sup>4</sup>, 山崎広太郎<sup>1</sup>, 難波慎一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>広島大学大学院, <sup>2</sup>核融合研, <sup>3</sup>理研仁科加速器科学センター, <sup>4</sup>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ため、さまざまな応用が検討されている。そのうちの 하나가、大気圧下での電子ビーム溶接である。プラズマウィンドウを介して大気中に電子ビームを取り出すことができれば、被溶接物サイズが大幅に緩和され、航空機や船舶など大型構造物にも電子ビーム溶接が適用可能となる。しかしながら、この大気圧電子ビーム溶接の実用化のためには、電子温度 1 eV、電子密度  $10^{17}\text{cm}^{-3}$  以上の超高密度定常アルゴンプラズマを生成し、放電部ガス圧力 100 kPa (大気圧)、膨張室ガス圧力  $1.3 \times 10^{-2}\text{Pa}$  の圧力勾配 (圧力比  $7.7 \times 10^6$ ) を実現するプラズマウィンドウが必要となる。

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 discharge) プラズマ源を改良し、大気圧電子ビーム溶接への応用とその実用化を視野に入れたチャンネル径 3 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 100 kPa と膨張部 107 Pa の圧力勾配を発生させるプラズマウィンドウの開発に成功したが、上記の目標には達していない。

本研究ではプラズマウィンドウのさらなる高性能化のため、電極間の絶縁破壊を防止する構造を有し、且つ、冷却性能も向上させた新たな中間電極・アノードを開発した。これにより、大放電電流でプラズマを発生させることができるため、大幅な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中間電極・アノードを有する装置の設計指針と概略について報告する。