

## ホローカソード電極を用いた新しい高密度定常アークプラズマ源の開発 Development of high-density stationary arc plasma source using hollow cathode

山崎 広太郎<sup>1</sup>, 柳 旺志<sup>1</sup>, 砂田 悠太<sup>1</sup>, 八田 一甫<sup>1</sup>, 重定 綾<sup>1</sup>, 炭野 真郷<sup>1</sup>, 山口 拓海<sup>1</sup>,  
Md. Anwarul Islam<sup>1</sup>, 遠藤 琢磨<sup>1</sup>, 田村 直樹<sup>2</sup>, 奥野 広樹<sup>3</sup>, 難波 慎一<sup>1</sup>  
K. Yamasaki<sup>1</sup>, O. Yanagi<sup>1</sup>, Y. Sunada<sup>1</sup>, K. Hatta<sup>1</sup>, R. Shigesada<sup>1</sup>, M. Sumino<sup>1</sup>, T. Yamaguchi<sup>1</sup>,  
Md. Anwarul Islam<sup>1</sup>, T. Endo<sup>1</sup>, N. Tamura<sup>2</sup>, H. Okuno<sup>3</sup> and S. Namba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>広島大学, <sup>2</sup>核融合科学研究所, <sup>3</sup>理化学研究所  
<sup>1</sup>Hiroshima Univ., <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>RIKEN

高密度プラズマ源は様々な用途で用いられている。ダイバータ模擬負荷実験では実証炉で予想される高い粒子フルエンスを現実的な時間で再現する必要があることから $10^{15}$  cm<sup>-3</sup>程度の高密度プラズマ源が用いられている [1]。また、プラズマ応用技術の一つであるプラズマウィンドウでは、高密度プラズマを用いて放電路内を通過するガスを加熱し粘性を高めることで大気圧(100 kPa)と真空(1-100 Pa)を隔てる圧力勾配を形成する [2]。ダイバータ模擬負荷実験の高効率化やプラズマウィンドウの高性能化を実現するためには、従来以上の高密度プラズマ ( $10^{16}$  cm<sup>-3</sup>程度) を長時間維持できる装置が必要である。

上記の研究ではカスケードアーク放電が用いられてきた。カスケードアーク放電はアノードとカソードおよびそれらの間に配置した中間電極を用いて行う直流放電である。カスケードアーク放電を行うことで電極中央の穴(チャンネル)の中に $10^{15}$  cm<sup>-3</sup>程度の高密度プラズマを生成できる。しかし従来陰極に用いてきた針状電極は表面積が小さく放電に伴う高熱負荷により激しく損耗するため、陰極の寿命で運転時間が制限されている [3]。その他の高密度プラズマ生成方法としてホローカソード放電が挙げられる。ホローカソード放電では円筒形の陰極内部の広い領域にわたって高密度プラズマを形成できる [4]。そこで本研究ではホローカソードをカスケードアーク放電装置に用いることで、従来以上の高密度プラズマの生成と陰極の高熱負荷耐性の実現を目指した。

本装置はアノード、中間電極、ホローカソードで構成されている(図1参照)。アノードおよび中間電極は厚み25 mmのステンレス製の円盤状の電極であり、プラズマに接する電極中心部には内径3 mmの穴が空いたモリブデンを用いている。カソードには円筒形の熱電子放出材

(LaB<sub>6</sub>)を用いている。円筒形にすることで生じるホローカソード効果とLaB<sub>6</sub>から供給される熱電子により高密度プラズマを生成する。また、動作ガスであるアルゴンの電離度を高めるためにガスフィード出口をLaB<sub>6</sub>電極中に配置している。Ar I 430 nmスペクトルのシュタルク広がりを用いた密度計測から、本装置のアノード部で $1.5 \times 10^{16}$  cm<sup>-3</sup>程度の電子密度を達成していることが確認できた。またプラズマウィンドウとしての性能評価も行ったところ、圧力差がガス流量や放電電流に依らずHagen-Poiseuilleの式に従うことが判明した。本発表では開発したプラズマ源の構造やプラズマウィンドウとしての性能に関する詳細について紹介する。

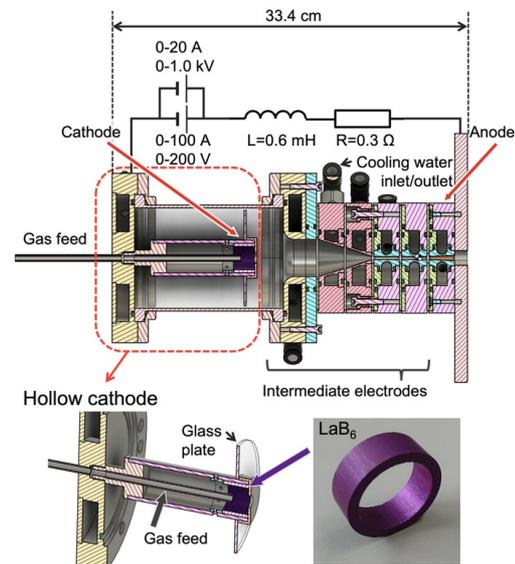


図 1 高密度定常アークプラズマ装置の概略図

### 参考文献

- [1] J. Rapp, *Fus. Sci. and Tech.* **72** (2017).
- [2] A. Hershcovitch, *J. Appl. Phys.* **78** (1995).
- [3] A. L. Lajoie, *Doctoral thesis, Michigan State University* (2020).
- [4] J. L. Delcroix and A. R. Trindade, *Advances in Electronics and Electron Physics* **35**, 87 (1974).