

透視型外部電極を持つ磁化同軸プラズマガンによるプラズモイド生成

Plasmoid Formation Using a Magnetized Coaxial Plasma Gun with a Transparent External Electrode

○伊藤冬美¹, 須田陽太¹, 齋藤友里², 菊池龍之介², 小林大地³, 浅井朋彦³

*Kazumi Ito¹, Hinata Suda¹, Yuri Saito², Ryunosuke Kikuchi², Daichi Kobayashi³, Tomohiko Asai³

Abstract: A plasmoid, generated using a magnetized coaxial plasma gun (MCPG), forms a helical structure due to the Lorentz force acting between the discharge current and the bias magnetic field. In this study, an MCPG consisting of a punched-out external electrode and a rod internal electrode, was developed. This design allows for the direct observation of plasmoid formation and acceleration between electrodes from an external perspective using a high-speed camera.

1. 背景・目的

スフェロマックの生成や磁化プラズモイド入射による核融合炉心プラズマへの燃料供給等の目的で、磁化同軸プラズマガン (Magnetized Coaxial Plasma Gun: MCPG)^[1] が用いられ、性能向上を目指した研究開発が進められている^[2]。MCPG は一般的に、円筒状の内部電極と、それと同軸に配置された円筒状の外部電極、内部電極の内部もしくは外部電極の外部に設置されるバイアス磁場コイルの三要素から構成される。

電極間に生成されたプラズマを介して流れる放電電流とそれが作る磁場との間に発生する自己ローレンツ力でプラズマが軸方向に加速・射出され、さらにバイアス磁場と放電電流の間にはたらくローレンツ力により方位角方向に力を受けることで螺旋状の構造が形成されると考えられている^[3]。しかし、円筒状の金属で製作された電極間で生じるプラズマの生成・加速過程は直接観測できないことから、生成・加速過程の詳細は不明である。

本研究では、外部電極に打ち抜き加工を施し、外部から電極間を直接観測できる MCPG を開発、プラズモイドの生成・加速過程を高速度カメラで直接観測する。

2. 実験装置

本実験で用いた MCPG によるプラズモイド射出時の撮影結果の一部を Fig.1 に示す。内部電極は、外径が 27.2 mm の円筒状で先端が閉じており、内部にソレノイド状のバイアス磁場コイルを挿入することができる。外部電極は、外径 60.5 mm の円筒で、電極間の可視性を得るため直径 6 mm の穴を 600 個打ち抜いた構造に

なっており、透視率は約 44% である。これらの電極は電氣的に絶縁され、透明石英製の真空容器内に設置されている。また、放電に用いるヘリウムガスはテフロンチューブを用い、外部電極に開けられた任意の穴から電極間に導入される。また、バイアス磁場コイルについても軸方向に設置位置が調整できる。

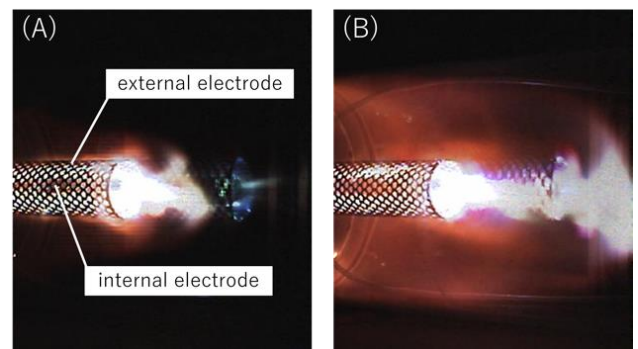


Figure 1. Plasmoids captured by a high-speed camera (A: 252 μ s, B: 258 μ s after the start of the discharge)

3. 実験

計測は高速度カメラ (ナックイメージテクノロジー社, ULTRACam HS-106E) を用いて行う。360×410 ピクセルのカラー画像を最高 1,250,000 コマ/秒で 120 枚連続撮影が可能である。これを用いて、MCPG でのプラズモイドの生成・加速の様子や、ガス導入位置、バイアス磁場の強度や方向への依存性を観測する。

Fig.1 から分かるように、プラズマが電極間で生成されて発光し、螺旋を描きながら軸方向に加速されていく様子が観測された。

参考文献

- [1] H. Alfvén et al., “Experiments with plasma rings” J.Nucl. Energy, Part C 1, 116 (1960).
- [2] T. Asai et al., “Compact toroid injection fueling in a large field-reversed configuration,” Nucl. Fusion 57, 076018, (2017).
- [3] W. C. Turner et al., “Production of field - reversed plasma with a magnetized coaxial plasma gun” J. Appl. Phys. 52, 175 (1981).