

定常高密度ダイバータ模擬プラズマ生成に向けた
フラットループアンテナを用いた高周波プラズマ源の開発
Development of High Frequency Plasma Source with Flat Loop Antenna for
Steady State High Density Divertor Simulation Plasma Generation

瀬戸拓実¹、江角直道¹、近藤綾音¹、杉山吏作¹、蒲生宙樹¹、重松直希¹、
坂本瑞樹¹、平田真史¹、東郷訓¹、篠原俊二郎²、古川武留³
T. Seto¹, N. Ezumi¹, A. Kondo¹, T. Sugiyama¹, H. Gamo¹, N. Shigematsu¹,
M. Sakamoto¹, M. Hirata¹, S. Togo¹, S. Shinohara², T. Furukawa³

¹筑波大プラ研セ、²東京農工大、³神戸大
¹Univ. of Tsukuba, ²Tokyo Univ. of Agriculture and Technology, ³Kobe Univ.

1. はじめに

原型炉ダイバータの設計には、ダイバータプラズマ模擬実験による物理の詳細な理解が必要不可欠である。そのため原型炉ダイバータ級の定常高密度(10^{20} m^{-3} ~)、高温(100 eV~)のプラズマを強磁場下(~2 T)で生成できる実験装置の必要性が高まっている。[1]

ヘリコン波プラズマ源は数MHz、数kWの高周波(RF)でプラズマ生成でき、定常高密度プラズマの生成に有効な手法の一つである。これまでヘリコン波プラズマ源では、電磁波周方向モード数 $m=0, \pm 1$ において、真空容器の端面に絶縁窓を介して設置する形状のとき、高い放電効率の大口径プラズマ生成実績がある。[2]

本研究は、周方向モード数を制御できる2ターンのフラットループアンテナを用いた強磁場下での大口径定常高密度プラズマ源の開発を目的とした。これまでにフラットループアンテナによるプラズマ生成や、RF回路の健全性を確認する低電力放電試験を行った。

2. 実験方法

本研究では小型直線型プラズマ装置CTP (Compact Test Plasma device)を用いた。CTPは放電部と計測部で構成される。放電部では、13.56 MHzで最大出力500 WのRF電源、最大30kWで動作可能な整合回路、フラットループアンテナからなるRF回路系と真空容器を設計した。

計測部では、中央部に設置したラングミュアプローブ、可視領域分光器を用いて、電子の密度・温度等の径方向分布、プラズマ中心部の発光スペクトルを取得した。

3. 結果、考察

図1に、2ターンのフラットループアンテナによって生成されたアルゴンプラズマの様子を示す。図の左側が放電部で、中心で約0.1 Tの磁場コイル

に挟まれたポートが計測部である。図2にRF電源出力によるアルゴンプラズマの平均電子密度の変化を示す。電源出力の増加に伴う電子密度の上昇が観測された。低電力でも放電が可能であり、アンテナやRF回路の健全性が確認できた。今後は、最大出力30 kWのRF電源を用いて放電を行う予定である。

講演では、電子密度の径方向分布と発光スペクトル、水素プラズマの放電試験結果についても議論し、ヘリコン波による定常高密度プラズマ生成に向けた今後の課題についてまとめる。

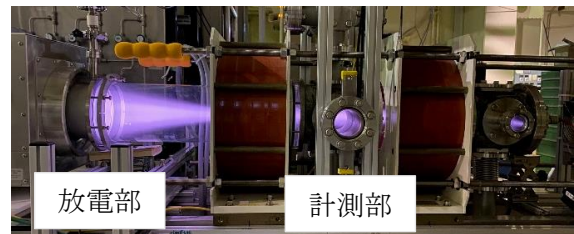


図1 低電力放電試験時の装置外観写真

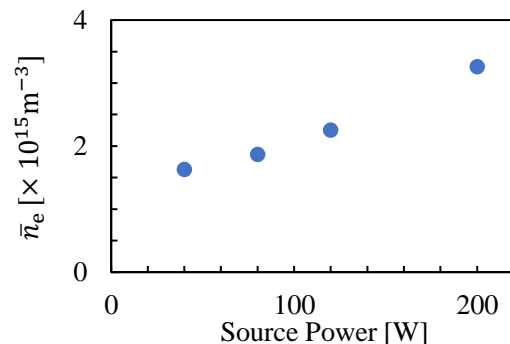


図2 計測部の径方向平均電子密度の入射電力特性

- [1] K. Okano, et al., Fusion Engineering and Design 136 (2018) 183.
[2] S. Shinohara, Advances in Physics: X (2018) VOL. 3, NO. 1, 1420424.