

単一ヘリカルアンテナ型電気推進エンジンにおける二種イオン混成共鳴加熱の適用に関する研究

Study on application of ion-ion hybrid resonance heating in electric propulsion engine using a single helical antenna

阿部雅人¹、山本莉子¹、中本聡¹、竹野裕正¹

ABE Masato¹, YAMAMOTO Riko¹, NAKAMOTO Satoshi¹, TAKENO Hiromasa¹

(1)神戸大

(1)Kobe Univ.

1. 研究背景

近年の宇宙探査の長距離・長時間化に伴って、電気推進エンジンの研究が盛んに行われている。その中にVASIMRがあり、これは磁気ノズルからプラズマを噴出する形式で、プラズマ生成部とイオン加熱部とを独立させて推力と比推力を個別制御できる特徴がある[1]。生成・加熱部それぞれにアンテナと高周波電源が必要で、装置が大型になってしまう。

著者等は、ヘリカルアンテナの双方向励起特性を利用して、一組のアンテナと電源のみでプラズマの生成と加熱の同時制御を行い、VASIMRの特徴を維持しつつ小型化する方法を提案した[2]。しかし、生成/加熱それぞれの波の励起に適した磁場条件は一般に異なる。そこで、生成に適した波から加熱に適した波にモード変換する二種イオン混成共鳴[3]を利用する手法を提案する。

この手法を実現するための第一歩として、本研究では混合ガスのプラズマ生成の特性について調べることを目的とし、模擬実験装置で行った実験結果を報告する。

2. 実験装置

使用した模擬実験装置図をFig. 1に示す。

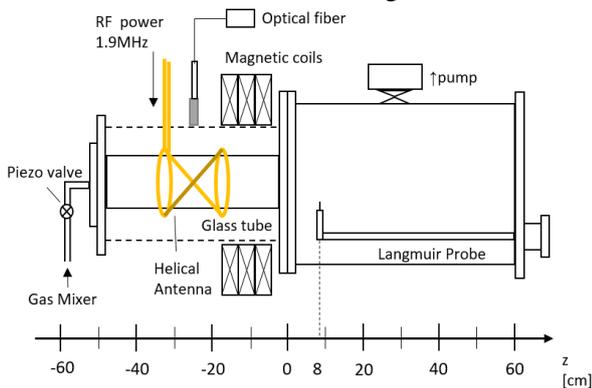


Fig. 1 模擬実験装置図

本装置は直径10cm、長さ50cmのガラス管をプラズマ生成・加熱部、直径35cm、長さ60cmの金属容器を磁気ノズル部として構成されている。背景真空度は 2.0×10^{-6} Torrで、上流端からピエゾバルブでパルス的にガスを供給する。ガスは水素とアルゴンを用い、ガスミキサで予め混合して供給

する。ガスの圧力比を混合率の指標とする。

ガラス管下流端に設置されたコイルで磁場および磁気ノズルを形成している。プラズマ生成部のヘリカルアンテナに1.9MHzの高周波電力を単パルスで印加してプラズマを生成する。磁場コイルの電流を調節して、1.9MHzでの水素イオンのサイクロトロン共鳴点および二種イオン混成共鳴点の有無を制御できる。プラズマは下流部に設置された静電プローブで測定する。ガラス管外部に設置した光ファイバを通じてプラズマの発光を観測し、線強度からイオン組成比を推定する。

3. 実験結果

ガスのパルス供給では、高周波の印加時刻でプラズマ生成が変化する。ピエゾバルブを閉じた時から高周波の印加を開始するまでの時間をRFディレイとする。Fig. 2は水素とアルゴンの圧力比が1:7でRFディレイを変化させたときの、プローブのイオン飽和電流の時間変化を示したものである。図から、RFディレイが大きくなるとイオン飽和電流が増大し、またRF印加中の信号の変化が小さくなっていることがわかる。

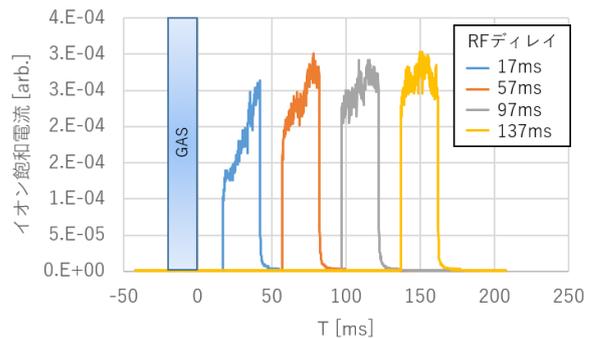


Fig. 2 測定波形のRFディレイによる変化

講演では、発光計測の結果とともに、ガスの混合比を変化させたときのプラズマ生成の変化などについても報告する。

参考文献

- [1] F. R. Chang Diaz, Trans. Fusion Sci. Tech. 43 (2003) 3.
- [2] Y. Hayashi, et al., Trans. Fusion Sci. Tech. 63 (2013) 389.
- [3] Y. Yasaka, et al., Phys. Fluids B 4 (1992) 1486.