

## 高周波印加による極端小口径プラズマ生成 Generation of Very Small – Diameter Plasma by Applying Radio Frequency Wave

山瀬智也, 桑原大介, 篠原俊二郎  
T. Yamase, D. Kuwahara, S. Shinohara

農工大工  
TUAT

電気推進法は化学推進法に比べ燃費に優れているが、従来の電気推進法ではアンテナが直接プラズマと接触し摩耗することで寿命が大きく制限されるという課題がある。そこで、本研究室では高周波を用いることでこの制限をなくし、かつ、磁場中で生成される高密度・高効率な高周波プラズマの一種であるヘリコンプラズマ源の提案・開発を行っている[1]。

本研究では人工衛星に搭載される姿勢制御用の小型電気推進機などで使用できる小型高密度プラズマ源開発を目指して、従来にない極端な小口径(石英管内径 3 mm)での高密度プラズマ生成実験を試みているが、再現性やプラズマ診断法の問題からデータが少ない[2]。そこで、本実験では最初に 3 mm 管での電子密度や軸方向イオン速度の周波数依存性 (12 ~ 435 MHz) を計測し、推進機として有用と思われるパラメータの周波数にターゲットを絞り、磁場依存性やガス流量依存性を測定した。

本実験では Fig. 1 に示す小ヘリコン装置 (Small Helicon Device : SHD) [3]を使用した。真空チャンバーに内径 3 mm の石英管を取り付け、自作の銅箔を 4 周巻き付けたループアンテナを設置した。このアンテナに高周波電力を印加して、石英管左側から導入した Ar ガスによるプラズマを生成する。

印加周波数によって用いる電源が異なるため、12 MHz 用電源 (最大 2.0 kW)、70, 150 MHz 用電源 (最大 1.0 kW)、435 MHz 用電源 (最大 230 W) の 3 種を用いた。従来の装置では小口径を設置すると石英管上流側圧力が高かった。そこで、低圧にするために石英管上流に取り付ける予備チャンバーおよびバイパスを製作した。また石英管内にプローブを挿入できないため、チャンバー内に拡散したプラズマを対象に電子密度、軸方向イオン速度の計測をマッププローブで行った。

Fig. 2 はバイパス製作前の予備実験で得られた周波数、上流側ガス圧力毎のプラズマ生成の最小電力の図である。励起周波数が高い程生成に必要な電力が低い事が分かる。Fig. 3 に周波数毎の印加電力と電子密度の結果を示す。RF 電力 1 kW で $\sim 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 程度の密度が得られた。実験の詳細な結果・考察については本発表で示す。

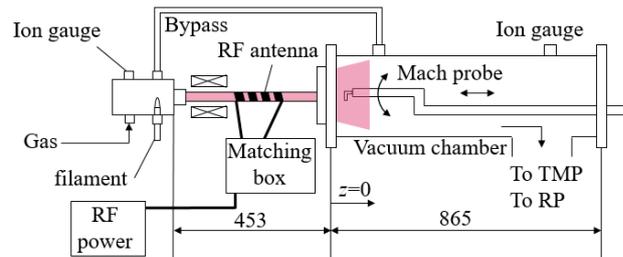


Fig. 1 Experimental setup of Small Helicon Device (SHD).

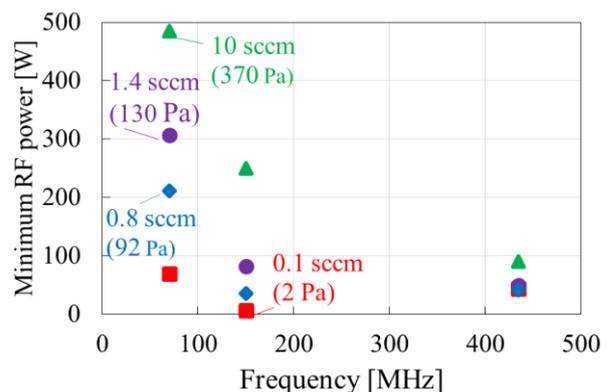


Fig. 2 Minimum RF power vs Frequency.

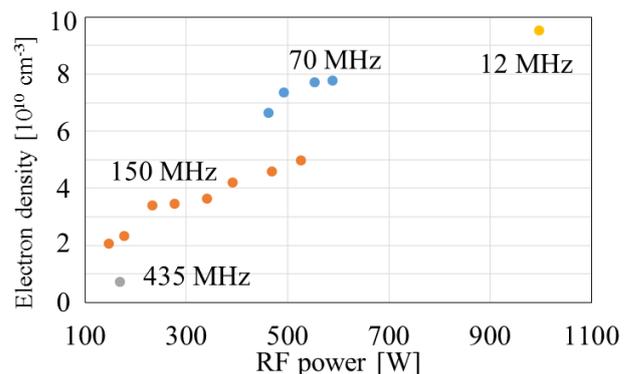


Fig. 3 Electron density vs RF power.

- [1] S. Shinohara *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci. **42** (2014) 1245-1254.
- [2] T. Nakagawa *et al.*, Plasma Fusion Res. **10** (2015) 3401037-1~4.
- [3] D. Kuwahara *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **84** (2013) 103502-1~4.