

ヘリコン波を用いたプラズマ中の電子のエネルギー分布関数の制御による  
放電制御の高効率化

**Making highly efficient discharge by  
controlling electron energy distribution function in plasma using helicon wave**

徳永賢悟, 池山徹, 福田武司  
K. Tokunaga, T. Ikeyama, T. Fukuda  
大阪大学工学研究科  
Grad. Sch. of Eng., Osaka Univ.

1. 背景と目的

超伝導核融合装置の放電制御向上を目的とした高周波-プラズマ相互作用の解明は重要な課題となっている。我々は、低パワーでの着火が可能なヘリコン波条件の高周波放電に対し、電子の高エネルギー成分に注目した研究を進めている。電子の高エネルギー成分に関しては、ヘリオトロンJ等でその存在を示唆する実験結果が得られている。<sup>[1]</sup>我々はヘリコン波による電流駆動の影響が考えており、物理計測の容易な超小型トカマク装置(大半径/小半径=6 cm/2 cm、中心磁場=300 G)に対して、周波数13.56MHzでのアンテナ設計、プラズマ生成および電子エネルギー分布関数の計測を行い、駆動電流と電子エネルギー分布関数の比較を行っている。

2. 高周波補正を行ったラングミュアプローブ計測と電子エネルギー分布関数の導出

13.56 MHzの高周波で生成・加熱されるプラズマの空間電位は振動するため、ラングミュアプローブ計測に影響を与えることから、図1に示す回路を用いて、空間電位の振動の補正を行った<sup>[2]</sup>。プローブに空間電位の変動を追従させるため、補正用プローブを用いて、コンデンサを入れて測定用プローブと並列接続している。プローブ電圧源への高周波侵入を防ぐために、LPFを入れている。さらに、測定系に生じるコモンモードノイズの低下のため、コモンチャークコイルを接続している。

ラングミュアプローブによって測定した電流-電圧特性から、電流を電圧で2階微分して電子エネルギー分布関数を求める、druyvesteyn法<sup>[3]</sup>を用いた。プローブ表面積 $A_p$ 、電子質量 $m_e$ 、電荷 $e$ 、電子電流 $I_e$ 、空間電位に対するプローブ電位 $V$ を用いると、電子エネルギー分布関数 $F(W)$ は以下のように表される。

$$F(W) = \frac{4}{e^2 A_p} \frac{\sqrt{m_e V}}{2e} \frac{d^2 I_e}{dV^2}$$

ノイズを抑えるため、得られた電流-電圧特性を多項式近似し、得られた多項式を2階微分して電子エネルギー分布関数を求める。

本研究では、異なるモード数の励起アンテナを用いてヘリコンプラズマを生成・加熱し、駆動電流の計測、電子エネルギー分布関数の計測を行っている。講演では、駆動電流と電子エネルギー分布関数の相関について詳細な報告を行う。

参考文献

- [1] K. Nagasaki, S. Kobayashi, S. Yamamoto, T. Mizuuchi, H. Okada, T. Minami, K. Hanatani, Y. Nakamura, S. Konoshima, S. Ohshima, K. Mukai, H. Y. Lee, L. Zang, K. Toshi, K. Sakamoto, K. Toi, T. Estrada and F. Sano, "Startup of NBI Plasmas Assisted by 2.45 GHz Microwaves in Heliotron J", 18th Int. Stellarator/Heliotron Workshop & 10th Asia Pacific Plasma Theory Conference
- [2] I.D.Sudit and F.F.Chen, Plasma Sources Sci. Technol.3(1994)
- [3] M.J. Druyvesteyn, Z. Phys. 64 781 (1930)

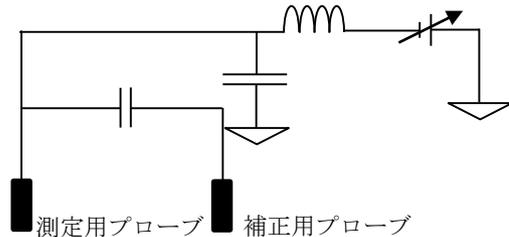


図1 高周波補正を行ったラングミュアプローブの回路図