

ECR イオン源における電磁波伝搬の近接条件推定およびマイクロ波給電最適化実験

Measurements of Plasma Parameters for Estimating Accessibility Conditions of Microwaves and Optimizing Microwave Launching on ECRIS

阪大院工¹, 阪大工², °久保渉¹, 阿南雅大², 針崎修平¹, 大和田一誠¹, 佐藤滉一¹, 津田知輝¹, 加藤裕史¹

Osaka Univ., °W. Kubo, M. Anan, S. Harisaki, I. Owada, K. Sato, K. Tsuda, and Y. Kato

E-mail: w.kubo@nf.eie.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】我々は電子サイクロトロン多価共鳴イオン源(Electron Cyclotron Resonance Multicharged Ion Source: ECRIS)の多価イオンビーム生成の高効率化を目指し, ECR プラズマ中でのマイクロ波の伝搬特性を踏まえた新たな加熱機構を検討してきた[1]. ECR 領域を挟んだそれぞれ上流下流の位置でプラズマパラメータを測定し, 給電側におけるより効率的な ECR 加熱が示唆された[2]. 本研究では ECR 最適化を目指し, マイクロ波伝送系最適化を行う. より詳細なマイクロ波の近接条件の推定のために, 様々な動作条件下におけるプラズマパラメータの分布測定も行う.

【実験方法】ECR イオン源の概略を Fig. 1(a)に示す. この ECR イオン源は直径 160mm, 長さ 1054mm の円筒型真空容器, 八極磁場を形成する 4 つの永久磁石, 2 つの大型ミラーコイル A, B, および共鳴領域の制御を行う補助コイル C にて構成され, それぞれの電流を I_A , I_B , I_C と定義する. I_C により, ECR 領域の大きさを制御できる. 真空容器の中心を原点とした直角座標系を定義する. プラズマパラメータ測定の場合, 2.45GHz のマイクロ波はロッドアンテナ(下流部: $z=175\text{mm}$)で導入でき, プレートチューナー($z=440\sim 490\text{mm}$)で最適化される. ラングミュアプローブ LP1($z=-175\text{mm}$)と LP2($z=175\text{mm}$)で ECR 領域の上流と下流部のパラメータを測定できる. また, 本研究ではミラー上流側 z 軸上に沿って挿入された LP3(Fig. 1(b))によるパラメータ測定も行う. その可動可能範囲は $z=-451\sim 51\text{mm}$ であり, ミラー磁場のピークから共鳴領域までの測定ができる.

【実験結果】代表的な電子密度(n_e)分布の測定結果($z=-400\sim -200\text{mm}$)を Fig. 2(a)に示す. また, その測定範囲に対応する z 軸上もミラー磁場強度の分布を Fig. 2(b)に示す. 両方の図において, 赤, 緑, 紫, および青のプロットはそれぞれ $I_C=10, 0, -10, -20\text{A}$ を示し, その順に共鳴領域が外側に広がる. n_e は, $z=-300\sim -250\text{mm}$ 付近から共鳴領域に向け急激に立ち上がる傾向が見られ, 共鳴領域が広いほどその傾向は顕著であった. この時, $x=50\text{mm}$ に挿入した LP2 で独立にイオン飽和電流値を測定し, LP3 挿入のプラズマへの影響をモニターしている. 本講演では, 様々な動作条件下での軸径方向のパラメータ分布を報告する. 現在, 実機を模擬した系で様々なアンテナにより導入したマイクロ波電界測定とそれに基づいたアンテナの最適化を行っている. 本講演では最適化実験結果とその適用における 2 系統のマイクロ波導入に基づく”Dual-ECR 加熱”の実験も報告予定である.

[1]濱田滉太,他,第 66 回応用物理学会春季学術講演会(2018)

[2] 久保渉,他,第 68 回応用物理学会秋季学術講演会(2020)

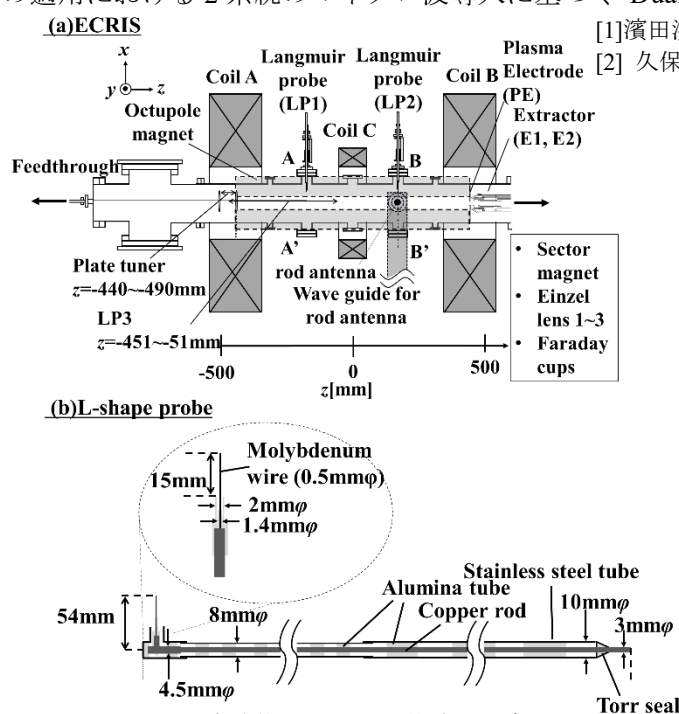


Fig. 1 実験装置図(a)と L 型プローブ LP3(b)

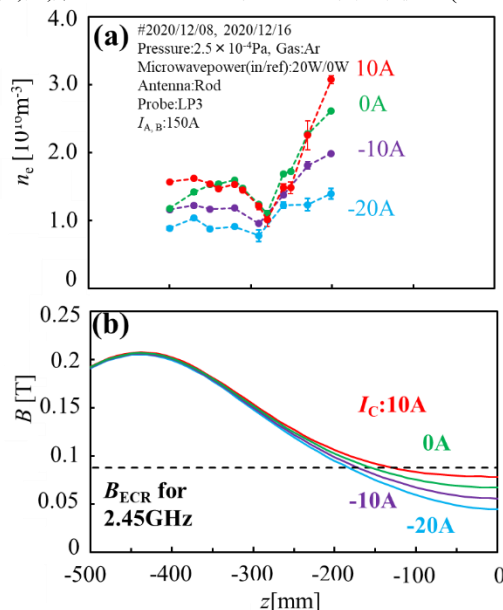


Fig. 2 n_e の z 方向分布(a)と磁場強度分布(b)