

電子サイクロトロン共鳴多価イオン源における多極磁場等の改良と多価イオンビームの経験的高収量化の効果

Improving Multipole Magnets/Conductance and Effects of Empirical Methods for Increasing Yield of Multicharged Ion Beams on ECRIS

阪大院工, °針崎修平, 久保渉, 大和田一誠, 佐藤滉一, 津田知輝, 加藤裕史

Osaka Univ., °Shuhei Harisaki, Wataru Kubo, Issei Owada, Koichi Sato, Kazuki Tsuda, Yushi Kato

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

【はじめに】本研究グループではより効率的な電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance: ECR)プラズマ生成の実現のため, 真空チャンバー内の多極磁場および主排気系(Diffusion Pump: DP)のコンダクタンスに焦点を当てた改良を行った[1]. また, 多価イオンビームの収量増加を目的として, 軽 Z ガスミキシングとパルス変調マイクロ波を用いたプラズマ生成実験を行った. これらの ECR イオン源(Electron Cyclotron Resonance Ion Source: ECRIS)の改良と, 多価イオンビームの高収量化に関する実験結果の報告を行う.

【実験方法】Fig.1 に改良後の ECRIS を示す. チャンバーの中心を原点とし, 中心軸方向を z 軸ととる. 磁場の形成はミラーコイルおよび八極磁石により行われる. 主な改良点は 3 つある. まず, プラズマの閉じ込めを強化するため, 八極磁石の長さを従来より 350mm 延長した. また, 排気系のコンダクタンスを改善するため, チャンバーと DP をつなぐ接続管の内径を 97mm から 148.5mm に変更した. さらに, 引き出し部の径を大きくし, 電極間距離を広げたことで絶縁性が向上し, 安定した長期実験が可能となった[2]. これらの改良点は Fig.1 中に赤く示してある. プラズマ生成時はチャンバー内に Ar ガスを導入し, ミラー磁場で閉じ込めを行う. ミキシング時は軽 Z ガスとして He を導入した. 2.45GHz のマイクロ波はサイドポート上面(z=175mm)のロッドアンテナで y 軸に沿う方向から, 連続(Continuous Wave: CW)モードおよびパルスモードでの導入が可能である. He の混合比を調整後, パルス周期を数十 μsec ~数百 μsec , デューティ比を 25%~75%の間でそれぞれ変化させ, 多価イオンビーム生成に最適な条件を探った. 10kV で引き出したビームを分析磁石によって質量/価数(m/q)電荷分離を行い, ファラデーカップで捕集することで価数分布(Charge State Distribution: CSD)を取得した. さらに, 価数分離後にワイヤープローブとマルチスリットによってエミッタンス測定も行った. 生成されたプラズマの電子密度 n_e および電子温度 T_e は $z=-175\text{mm}$ および $z=300\text{mm}$ に挿入されたラングミュアプローブによって計測が可能である.

【実験結果】排気系のコンダクタンスを改善したことにより, チャンバー内の動作圧力が低下した. これにより, 引き出されたビームの純度が向上するという結果を得た. また, プラズマの電子密度, 電子温度がともに向上していることを確認した[1]. その結果を Fig.2 に示す. 青いプロットが改良前のデータ, 赤いプロットが改良後のデータである. さらに, ガスミキシングおよびパルス変調マイクロ波の導入により, Ar^{6+} の収量の増加を確認した. 今回の結果を踏まえ, 今後は ECR 用の周波数帯域と異なる R-wave の導入により, 軽 Z ガスミキシング時にさらに効率的な多価イオンビーム生成を目指した実験を行う予定である.

[1]Shuhei Harisaki, *et. al*, Rev. Sci. Instrum. **91**, 013308(2020) [2]Kazuki Okumura, *et.al*, Rev. Sci. Instrum. **91**, 023311(2020)

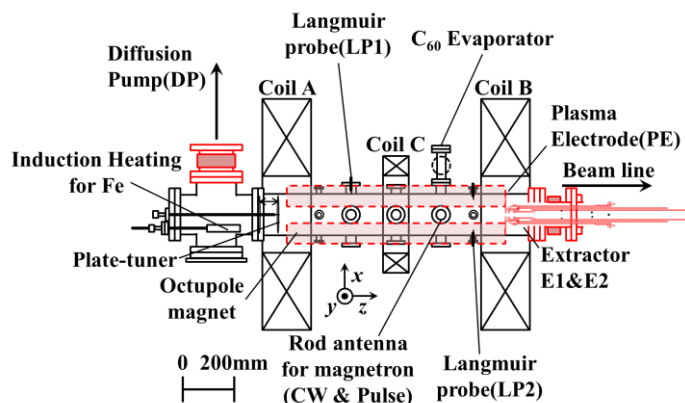


Fig1. 改良後の ECRIS

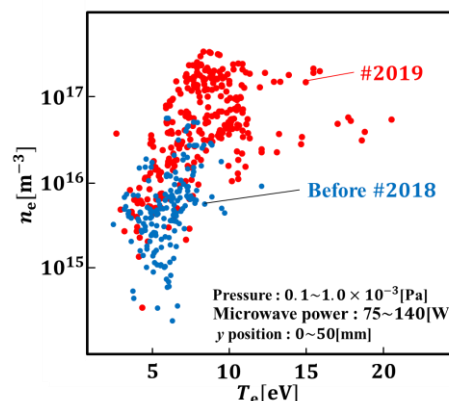


Fig2. 装置改良前後のプラズマパラメータ比較