

## 電子サイクロトロン共鳴イオン源における 低電圧イオンビーム引き出し特性と空間電位測定

Low-Voltage Extraction Characteristics of Ion Beams and Space Potential Measurements on ECRIS

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

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

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

【はじめに】我々は電子サイクロトロン共鳴イオン源(Electron cyclotron resonance ion source: ECRIS)を用いてイオンビーム生成を行っている。1台で幅広い質量価数比( $m/q$ )のイオンを生成できるユニバーサルな ECRIS の構築が望まれている。質量価数比の大きいイオン(例: 鉄内包フラーレン)については、低電圧でのビーム引き出しが必要となる[1]ため、本研究ではその特性について調査した。その過程で引き出し電圧と分析磁石の磁場強度の自乗の関係よりイオン源内のプラズマの空間電位を得ることができる。同時にラングミュアプローブを用いたプラズマ空間電位測定も行い、引き出されたイオンビームを用いた測定との比較を行った。

【実験方法】今回実験を行った ECRIS の概略(上面図)を Fig. 1 に示す。この ECRIS 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, および共鳴領域制御のための補助コイル C にて構成される。コイル A, B, C に流れる電流をそれぞれ  $I_A, I_B, I_C$  とする。真空容器の中心を原点として円筒の中心軸を  $z$  軸, 鉛直上方を  $y$  軸とする。2.45GHz のマイクロ波がマグネトロンから発生し,  $z=175\text{mm}$  の位置から同軸導波管窓を経てロッドアンテナで導入される。サポートガスは Ar や Xe を用いている。引き出されたイオンビームは分析磁石で質量電荷比( $m/q$ )により分離され, 質量価数分布(CSD)を取得できる。空間電位測定を行う際は, 引き出し電圧を変化させ, 特定のイオン種の対応する磁場の値  $B_{\perp}$  を取得する。引き出し電圧  $V_{PE}$  に対する  $B_{\perp}^2$  をプロットし, 最小二乗法フィッティングを行う。そのオフセットからプラズマの空間電位  $V_s$  を推定する。さらに, 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。

【実験結果】 $\text{Ar}^{q+}$  イオンの  $V_{PE}$  に対する  $B_{\perp}^2$  プロットと, その最小二乗法直線フィッティングを Fig. 2 に示す。フィッティング直線のオフセットから, それぞれの空間電位をイオン価数  $q$  を用いて  $V_s(q)$  とすると,  $V_s(1)=8.9\text{V}$ ,  $V_s(2)=14.7\text{V}$ ,  $V_s(3)=39.9\text{V}$ ,  $V_s(4)=46.2\text{V}$  であり, 価数の大きいイオンで空間電位の値が大きくなる傾向が見られた。引き出されたビームを用いる方法と, ラングミュアプローブを用いる方法の空間電位測定の結果, 2 つの測定法で得られたプラズマ空間電位に相関がみられた。さらに, Ar, Xe イオンビームについて,  $V_{PE}$  とビーム電流量の関係がチャイルド-ラングミュアの法則に従うことを確認した。本講演ではイオン種, ガス圧力やマイクロ波入射電力などのパラメータとの依存性についても併せて述べる。

[1] Y. Kato et al., IIT2018, IEEE Conf. Publ, pp.172-175. (2019)

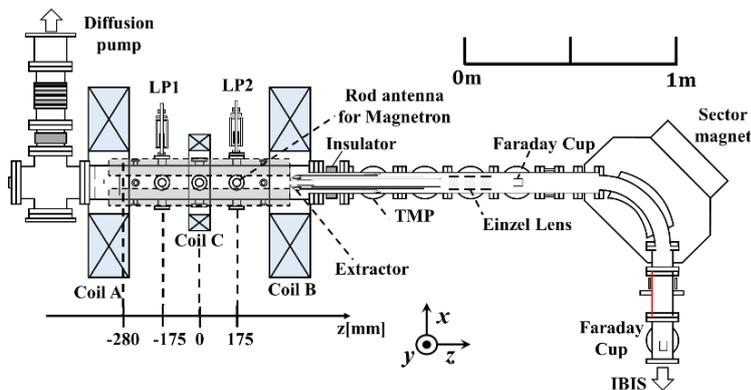


Fig. 1 実験装置上面図

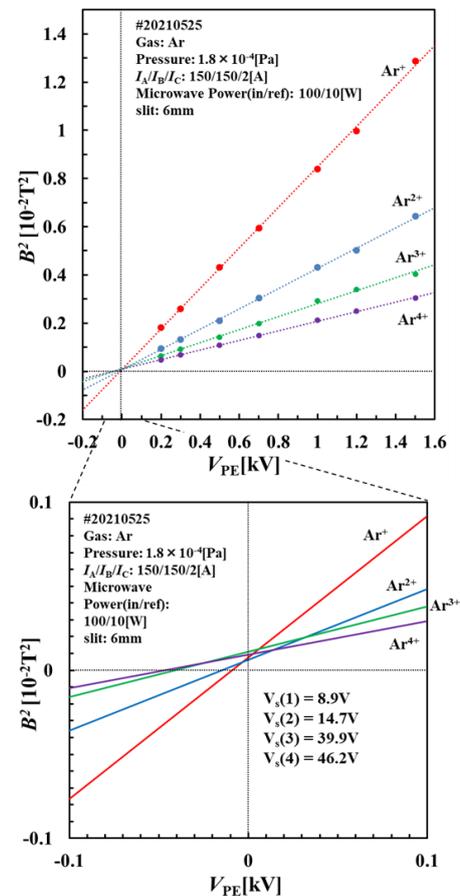


Fig. 2 引き出し電圧に対する磁場強度プロットと最小二乗法フィッティング