19a-S8-6

ECR 多価イオン源におけるマイクロ波の近接条件と新たな加熱機構

Accessibility of microwave propagation and new heating mechanism on ECRIS

阪大院工，°西岡田卓也，今井洋太，熊倉翔，長家知生，佐藤文信，加藤裕史，飯田敏行

Osaka Univ., T. Nishiokada, Y. Imai, S. Kumakura, T. Nagaya, F. Sato, Y. Kato and T. Iida

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

【はじめに】ECR イオン源は、半導体加工に欠かせないプラズマプロセスを始めとして、近年では重粒子線治療や宇宙推進など、多岐に渡る分野で応用されている。ECR イオン源では、共鳴領域の形状がプラズマパラメータや価数分布(Charge state distribution; CSD)に大きく影響を及ぼすことが知られており、我々も本学会等でこれに関する研究を報告した.[1] 我々は、共鳴領域の変化に対する Ar 多価イオンビームのふるまいを説明するものとして，ECR プラズマ中を伝搬するマイクロ波の近接条件の解析を基に、ECR に加えて新たな加熱機構である高域混成周波数共鳴(Upper hybrid resonance;UHR)の存在について言及した．ECR の領域が磁場強度のみで決定されるのに対し，UHR は磁場強度と電子密度でその領域が決定される共鳴である．本講演では我々の装置での実験結果とその解析を述べるとともに，他の施設で稼働している ECR 多価イオン源におけるマイクロ波の近接条件を考察し，UHR 加熱を積極的に行う手法について提案する．

【実験装置と方法】Fig.1 に我々のタンデム型 ECR イオン源の第 2 ステージ及びビームラインの概略を示す．第 2 ステージは，内径 160mm 長さ 1054mm の円筒型真空容器，8 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, 及び共鳴領域の制御を行う補助コイルにて構成される．真空容器の中心を原点とし，円筒の軸方向を z 軸ととる．マグネトロンより生成される 2.45GHz マイクロ波(最大 1.3kW)を，矩形導波管，同軸窓を通して Ti ロッドアンテナ(z=0.175mm)にて導入し，プラズマを生成する．生成したプラズマは，z=-0.175mm の上面ポートに位置し，y=0~50mm 可動なラングミュアプローブにて測定を行い，一般的な解析によって電子密度や電子温度を得る．さらに，3 つの電極 PE,E1,E2 とアインツェルレンズに電圧を印加することで加速と収束を行い，分析磁石にて質量分析を行ったビームを，ビームライン後端の FC_{end} にて計測することで，ビーム毎の電流値を得る．本研究では，補助コイル電流 I_C を-50~9A 変化させたときの，FC_{end} における Ar 多価イオンビーム電流の測定を行った．

【実験結果】Ar 多価イオンビーム電流の，補助コイル電流 I_C に対する依存性と，それに対応する代表的なマイクロ波近接性を Fig.2 に示す．最大値の 6 割程度にあたる I_A = I_B = 150A において，ビームを引出し，Ar^{8+}までのビームを得た．ECR 領域がミラーのボトム付近に存在するとき，ECR 効率は高くビーム電流は 1 つ目のピークを示す(a). そこから磁場を弱め ECR 領域が拡大するにつれて ECR 効率は低下し，ビーム電流は低下する．さらに磁場を弱めると，赤色で描かれたトーラス状の UHR 領域が発生し，それに伴ってビーム電流は再び増加し始める(b)．さらに磁場を弱めると，ECR 領域はアンテナまで達し，電子を加熱する R 波は伝搬することができず直ちに減少するため，再びビーム電流は減少し，2 つ目のピークを示す．本講演では，2.45GHz より高い周波数のマイクロ波を積極的に導入し，UHR の効果を検証する手法について，説明を行う予定である．

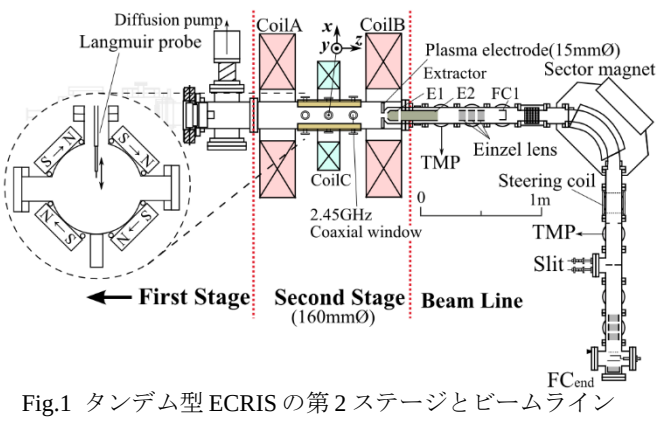

Fig.1 タンデム型 ECRIS の第 2 ステージとビームライン

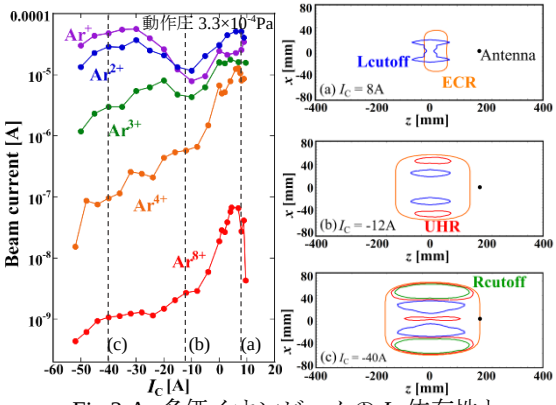

Fig.2:Ar 多価イオンビームの I_C 依存性と対応する近接条件

[1] 矢野 慧介，他 第 61 回応用物理学会春季学術講演会(2014)

© 2014 年　応用物理学会