

電子サイクロトロン共鳴多価イオンにおける高域混成周波数共鳴加熱実験 Upper Hybrid Resonance Heating Experiments on ECR Multiply Charged Ion Source

阪大院工, °加藤裕史, 大森貴之, 奥村一起, 久保渉, 針崎修平

Osaka Univ., °Yushi Kato, Takayuki Omori, Kazuki Okumura, Wataru Kubo, and Shuhei Harisaki

E-mail: kato@eei.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】本研究グループではこれまで電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance: ECR)による様々なプラズマ源やイオンビーム源開発に取り組んできた. ECRIS における多価イオンビーム生成における実験的研究を推進する過程で ECR の効率化や電磁波伝搬の近接条件に対する考察を行った. その結果, ECRIS における新たな共鳴現象, すなわち高域混成周波数共鳴(Upper Hybrid Resonance: UHR)が発生している可能性があることが判明した.[1] そこで, 更なる多価イオンビームの高収量化に本現象を寄与させるために ECRIS で通常用いられている周波数よりかなり離れた高周波数のマイクロ波を重畳給電する実験を行った.

【実験方法】阪大タンデム型 ECRIS 第2ステージは電磁石によるミラー磁場に多極磁場を重畳している.[2] 第2ステージの ECR プラズマは, 大型ミラーコイル A, B と補助コイル C, および八極磁石で形成した磁場配位中へ 2.45GHz マイクロ波を Fig.1 の A-A' より導入することで ECR を発生させてプラズマを生成する. ECR ゾーンはミラーボトム付近に形成し, その形状はミラー磁場強度ごとにコイル C 電流 I_C で調整される.(Fig.1 下図) UHR 用 4~6GHz マイクロ波は B-B' より異常波モード(Extraordinary mode(X-mode))で導入する.

【実験結果】Fig.2 に ECRIS から引き出した Xe 多価イオン電流の価数電流分布を示す. 2.45GHz マイクロ波単独の場合を青色で, 第2周波数 5.6 GHz マイクロ波を重畳した場合を示している. 第2周波数を導入することで Xe^{q+} 電流は増大し, かつその増大率は価数 q が高いほど大きいことが判る. 同じ実験条件におけるラングミュアプローブによる電子エネルギー分布関数(Electron Energy Distribution Function: EEDF)の代表的な測定結果を Fig.3 に示す. 青点と赤点は同様に 2.45GHz 単独と 5.6GHz 重畳の場合を示している. 第2周波数を重畳した場合に明らかに EEDF の高エネルギー側の増大が確認出来, Xe^{q+} イオン電流の増大はこれに起因すると考えられる. また, EEDF の増大は軸上 $x=0\sim 20\text{mm}$ の中心付近よりより周辺部 $x=40\sim 50\text{mm}$ が顕著である. このことは UHR 領域が中心より, むしろ周辺部に形成されるという理論的な予想と合致しており, 第2周波数マイクロ波による UHR による加熱が起こっていると考えられる.[3]

本講演では本装置の移転・再構築後, 及び震災復旧後の再現実験と高マイクロ波パワー領域での実験結果等, これらの経緯, 実験結果と考察の詳細について報告する予定である.

【謝辞】かつて本グループに所属し, 本研究の基盤構築に寄与したすべての卒業生に感謝の意を表す. 特に, 本テーマに大きく寄与した矢野 慧介氏, 西岡田 卓也氏, 濱田 滉太氏, 浅地 豊久氏の諸氏に感謝する.

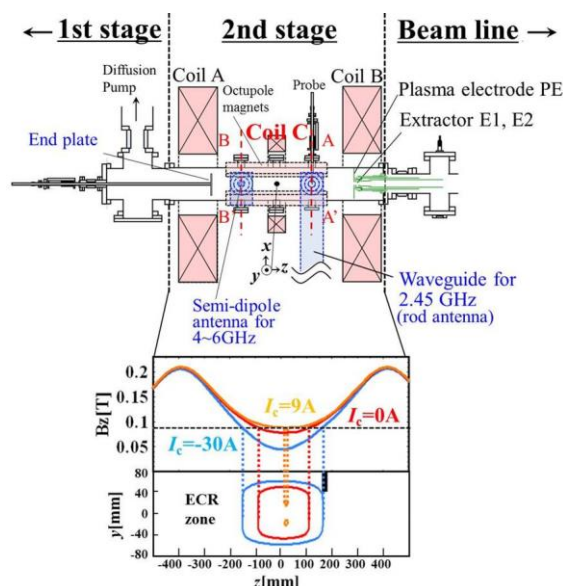


Fig. 1 ECRIS (阪大) 概略

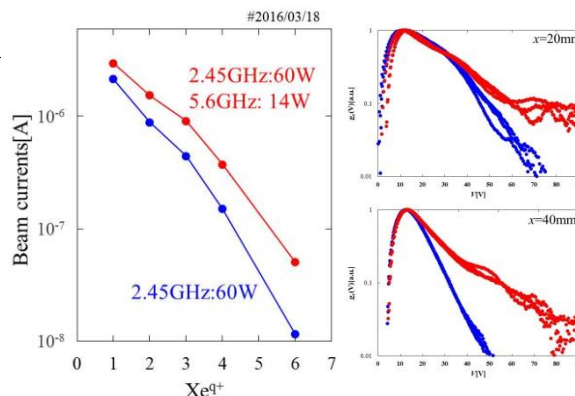


Fig. 2 代表的 Xe^{q+} 電流価数分布 Fig. 3 代表的 EEDF

[1]Yushi Kato, *et.al*, RSI **87**, 02A710-1-4(2016).

[2]Yushi Kato, *et.al*, RSI **87**, 02A711-1-3(2016).

[3]Yushi Kato, *et.al*, RSI **91**, (2020) in press.