

19a-S8-1

ECR加熱プラズマにおける二重周波数による多価イオン生成の理解のための計算機シミュレーション手法

Computer-simulation approach for understanding of the Production of Highly Charged Ions with Two Frequencies in Electron Cyclotron Resonance Heating

放医研¹, 阪大工², ATOMKI³°北川 敦志¹, 村松 正幸¹, 加藤 裕史², Sandor Biri³, Richard Racz³NIRS¹, Osaka Univ², ATOMKI³°Atsushi Kitagawa¹, Masayuki Murmatsu¹, Yushi Kato², Sandor Biri³, Richard Racz³

E-mail: kitagawa@nirs.go.jp

【はじめに】価数とビーム強度のバランスが良くメンテナンス性に優れた多価イオン源である電子サイクロトロン共鳴 (ECR) イオン源において、ECR プラズマの加熱に用いる周波数として複数の周波数を同時に導入すると、多価イオンのビーム強度を増加させることが経験的に知られている。我々は、周波数の差が数百 MHz と比較的近い領域において周波数を最適化し、希望する制御を行うことに成功した。しかし、どのような機構がビーム強度の増加という現象に結びついているのかは今もって理解が進んでいない。そのため、計算機シミュレーションの手法により、近接する複数の周波数が電子加熱に及ぼす影響を検討した。

【手法】放医研の重粒子線がん治療装置 HIMAC の 18GHzNIRS-HEC イオン源[1]の 3次元磁場構造の下で、周波数 18.0GHz 固定のクライストロン管マイクロ波アンプと周波数可変範囲 17.10-18.55GHz 進行波管マイクロ波アンプとの二種のマイクロ波を独立した R 波と仮定し、一定数の電子の電子サイクロトロン共鳴加熱とプラズマ閉じ込め磁場からの漏れを単一粒子モデルにより計算することにより電子のエネルギー分布を求めた。この計算を、第 2 周波数をパラメータとして変化させることで、実験により得られたビーム強度の周波数依存性の傾向と比較した。ただし、今回の計算にプラズマポテンシャル等の集団運動の効果は考慮しなかった。

【結果】実験により得られたビーム強度は 1%未満の周波数変動に対しても強い依存性を示すが、シミュレーション計算の結果得られたエネルギー分布における周波数依存性はより小さかった。本現象の理解には、単純な R 波以外のマイクロ波の吸収過程、もしくは、実機の中でのプラズマの不安定性とプラズマポテンシャルの変動の考慮が必要であることが示唆された。より複雑な現象への本シミュレーションの拡張につき議論する。

[1] A. Kitagawa *et al.*, Rev.Sci.Instrum. **73**, 604 (2002).