

特別企画-3

高周波電磁場のプラズマへの応用

Application of Radio Frequency Electromagnetic Fields on Plasmas

庄司多津男
名大院工
TATSUO Shoji
Nagoya Univ.

1, はじめに

MHz 帯の高周波は様々な工業的プラズマ応用分野や核融合実験などで主にプラズマの生成および加熱手段としてよく使われ、解説も多くあるが、ここではこれらと異なる応用として、高周波を用いたプラズマやガスの制御を取り上げる。講演では核融合燃焼反応から生じるヘリウムの高効率排気への高周波の応用を解説し、直線装置および TEXTOR トカマクでおこなった原理実証実験を紹介する。

2, 高周波のポンデラモーティブ力によるヘリウムの選択排気 [1]

磁場中で電荷 q_j 質量 m_j のイオンが受ける磁場垂直方向の高周波電場 $E_{\perp}$ から受けるポンデラモーティブポテンシャル Ψ_{rf} はイオンサイクロトロン周波数を $\omega_{Cj}/2\pi$ とすると $\Psi_{rf} = q_j^2 E_{\perp}^2 / 4(\omega^2 - \omega_{Cj}^2)$ と表わされる。この方法は核融合閉じ込め装置のリミター背後に設けた中性化板でプラズマ流を中性化し、ガスとして排気するポンプリミターと呼ばれるものに高周波を利用するものである(高周波は中性化板の前面に印加する)。ヘリウムの一価、アルファ粒子、およびトリチウムイオンのイオンサイクロトロン周波数を各々 $\omega_{He^+}/2\pi$, $\omega_{He^{2+}}/2\pi$, $\omega_{T^+}/2\pi$ とすると、周波数を $\omega \geq \omega_{T^+}$ となるように選ぶと T^+ に対して $\Psi_{rf} > 0$ で大きく、これを反射し燃料であるトリチウムは排気されない。一方灰となったアルファ粒子 He^{2+} に対しては $\Psi_{rf} < 0$ のため高周波の影響を受けず、中性化板でガスとなり排気される。しかし中性化板の前面にはプラズマが侵入しているため、このガスのかなりの部分は再電離し低温の He^+ となり高周波のない通常のポンプリミターではこれら He^+ は閉じ込め領域に磁場に沿って逆流してしまう。ところが $\omega_{T^+} \geq \omega_{He^+}$ のため低温の He^+ に対しては $\Psi_{rf} > 0$ で十分大きくなるようにしておけばこの逆流も追い返され、選択的にアルファ粒子が排気されることになる。

これらの原理を実証するものとして電子ビームを利用して直線装置で行なった実験および TEXTOR トカマクのポンプリミターのスクープ内に高周波電場を印加して行なった実験 [2] を講演で紹介する。

参考文献

- [1] T. Shoji, et.al., J. Nucl. Materi., **220-222**, 483 (1995)
- [2] G. Mank, K. H. Finken, T. Shoji and Y. Sakawa, Czechoslovak Journal of physics **49**, 299 (1999)