

大口径高周波水素負イオン源におけるプラズマ電位制御 Plasma potential control in a large diameter RF hydrogen negative ion source

鈴木朝陽, 柴代大志, 安藤 晃
Asahi SUZUKI, Taishi EITAI, and Akira ANDO
東北大院工
Dept. of Electrical Eng., Tohoku Univ.

核融合プラズマの加熱及び電流駆動方法として中性粒子ビーム入射システム(NBI)が開発され各種実験に利用されている。特にITER-NBIでは1時間の連続運転が求められるため、プラズマ生成にフィラメントを用いず、長時間運転可能な高周波負イオン源の研究開発が進められている。

我々はITER-NBI用イオン源で使用可能な大口径での高周波負イオン源の開発を目的として、最大出力30kWのFETインバータ型高周波電源を利用した実験研究を進めてきた。プラズマ生成部内径230mmの大口径高周波水素負イオン源を製作し、0.5MHz以下の比較的低い周波数の高周波によるプラズマ生成を行い動作特性について評価している。

NBI用負イオン源では負イオン生成領域における電子温度を低下させ、負イオンの生成効率向上や高温電子による負イオンの破壊抑制、電子の引き出しの抑制をするために、フィルター磁場をプラズマ電極近傍に生成している。イオン源内部では高周波プラズマ部での高い正空間電位に対しプラズマ電極に向け電位差が生じ、軸方向に発生する電場とフィルター磁場とが直交する。これにより、イオン源内を移動する粒子が $E \times B$ ドリフトを起こす。その結果イオン源内のプラズマの分布が不均一になり、引き出す負イオンビームの分布も不均一となることで装置への負荷の偏りやビーム発散への影響などが懸念される。[1]

本研究では、この大口径高周波水素負イオン源において内部のプラズマ電位の制御を試みることで、現在開発が進められているITER-NBIをはじめとした大型なイオン源において電場分布の制御によるプラズマ分布不均一の緩和が可能であるか調査した。

本研究において用いた大口径高周波水素負イオン源の概略図を図1に示す。プラズマ生成

部(Driver Region)は内径230mmのアルミナ製円筒管に10ターンのアンテナが巻かれており、アンテナに高周波($f \sim 400$ kHz, $P_{rf} < 30$ kW)を印加することによって高密度な水素プラズマを生成している。プラズマ密度はプラズマ生成部において 10^{18} m^{-3} 以上に達する。ビーム引き出しは3枚の電極間に高電圧を印加することによって行う。

本研究では、イオン源内部のプラズマ電位制御を行うために、イオン源本体と絶縁されたプラズマ生成部の天板部(高周波プラズマを生成するアルミナ製円筒管のバックプレート部)に、イオン源本体のチャンバーを基準電位としてバイアス電圧を印加した状態でプラズマを点火し、シングルプローブ計測によりイオン源内部のプラズマパラメータの分布を求めた。計測の結果、バイアス電圧印加時にプラズマ電位の変動を確認した。詳細については講演にて報告する。

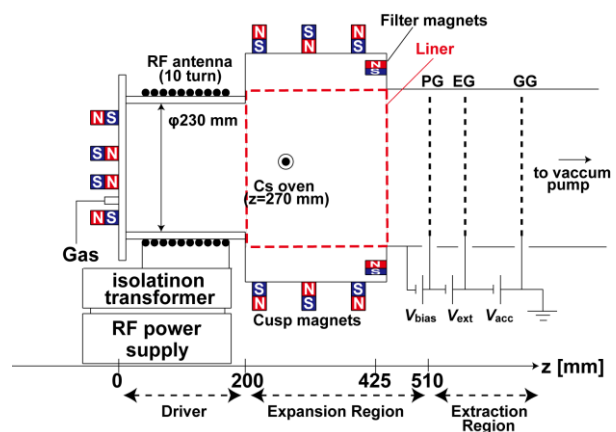


図1 大口径高周波水素負イオン源

参考文献

- [1] S Lishev et al., *Plasma Sources Sci. Technol.* **27** 125008 (2018).