

高周波水素負イオン源のプラズマ高密度化と 空間電位制御によるExBドリフト抑制

High plasma density operation and suppression of ExB drift by space potential control in a negative hydrogen ion source

榮代大志, 鈴木朝陽, 安藤晃

Taishi EITAI, Asahi SUZUKI, and Akira ANDO

東北大院工

Dept. of Electrical Engineering, Tohoku Univ.

1. 概要

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 1MeV の中性粒子ビームを利用するため長時間運転可能な高周波重水素負イオン源の開発研究が進められている. 我々は ITER-NBI 用イオン源で使用可能な大口径(230mm)生成部を用い, 0.5 MHz 以下の比較的低い周波数で, 最大出力 30 kW の FET インバータ型高周波電源を利用した高周波負イオン源の実験研究を進めてきた.

従来のフィラメントアーク式負イオン源に比べ, 高周波負イオン源ではプラズマ生成部における空間電位が上昇しやすく, 電位勾配による電場と, フィルタ磁場が直交することによる粒子の $E \times B$ ドリフトが生じ, イオン源内プラズマの密度分布の均一性が悪化することが報告されている.

本研究では高周波プラズマ内のプラズマ電位を制御するため, プラズマ生成部の端部(バックプレート)の電位を制御し, 生成部の空間電位低減やフィルタ磁場の領域における電場の低減を図っている. さらにこの際のプラズマパラメータの計測やビーム引き出し実験を行い電場制御の効果を評価した.

またこれまで負イオンビーム電流値を増加させることを目的として, プラズマ生成部絶縁管の口径を内径 230 mm から 150 mm へ変更し, 生成部体積当たりの高周波放電電力密度を増加させた際のプラズマ特性について, および Cs 添加時の負イオンビーム引き出し特性について評価した. 生成部のイオン源口径による負イオン量の変化と, 引出電圧を増加させたときの水素負イオンビーム電流密度について報告を行う.

2. 実験装置と実験結果

図 1 に使用した高周波水素負イオン源の概略図を示す. プラズマ生成部は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 ($f \sim 500$ kHz, $P_{rf} < 30$ kW) を印加し高密度

水素プラズマを生成している. ビーム引き出しは 3 枚構成の引出加速電極間に高電圧を印加することによって行っている.

高周波プラズマ内の空間電位分布を制御するため, 拡散容器に対して生成部後方のバックプレート(BP)部に電圧印加を行うことにより空間電位制御実験を行った. BP 電位を変化させると, 図 2 に示すように拡散容器内電場も変化し, $E \times B$ ドリフトの抑制が行える可能性があることが示された. また, ビーム引き出し実験では, BP 電位低下により負イオン比の減少を確認した.

一方, 生成部における高周波電力密度を上げることでプラズマ密度の増加を確認したが, 負イオンビーム電流密度の顕著な増加は見られなかった. このことからビーム引出電圧を増やしビーム電流密度の増加を図っている.

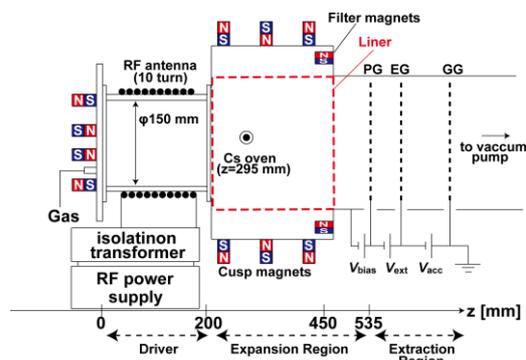


図 1 高周波水素負イオン源概略図

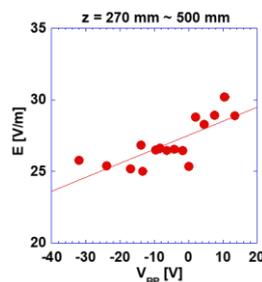


図 2 BP 印加電圧に対する拡散容器内での電場強度の変化