

大口径高周波水素負イオン源における負イオン生成のCs添加効果 Effect of Cs addition in negative ion generation in a large diameter RF hydrogen negative ion source

鈴木朝陽, 藤平大輝, 高橋和貴, 安藤 晃

Asahi SUZUKI, Daiki FUJIHARA, Kazunori TAKAHASHI, 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 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での高周波負イオン源の開発を目的として, 最大出力 30 kW 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 230 mm の大口径高周波水素負イオン源を製作し, 0.5 MHz 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.

本研究では負イオン源内に Cs を添加した際の負イオン生成効率の上昇について調査するために, 装置温度を変化させて電極表面の Cs 層を変化させながら負イオンビーム電流の変化を観察し, 表面生成法による負イオン生成効率の最適化を図った.

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 230 mm 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. また, プラズマ拡散部(Expansion Region)内部には温度を制御できる金属製の箱型構造物であるライナーが設置されており, 装置内壁を加熱できる. 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. 水素負イオン(H^-)は水素正イオン(H^+)や水素原子(H^0)が, 仕事関数が低い金属表面において電子を受け取る表面生成法[1]によって生成される. 本装置においては, プラズマに最も近いプラズマ電極(PG)の表面に Cs 層を形成し, PG 表面の仕事関数を減少させることによって表面生成法による負イオン生成を増加させている. Cs 層の形成は少量の Cs 蒸気を Cs タンクからイオン源内に導入し, PG 表面に Cs を蒸着することによって行う. この時, PG や Cs タンクなどの温度を調整することによって PG 表面に堆積する Cs 層の厚さを変化させることができる.

本研究では, 引き出し電圧(V_{ext})を 2 kV, 加速電圧(V_{acc})を 16 kV として, PG の温度(T_{PG})と Cs タンク

の温度(T_{tank})を変化させながらビーム電流値を計測した. その結果, $T_{PG} = 200$ °C, $T_{tank} = 200$ °C 付近の温度帯において負イオンビーム電流値の増加が観測されたため, この温度帯におけるビーム引き出し実験を行った. その際の引き出しビーム電流密度(j_{ext})と加速イオンビーム電流密度(j_{acc})の時間発展と引き出しビーム電流中の電子と H^- の比(負イオン比)を図 2 に示す. 図 2 より, Cs を導入し PG 温度を制御することによって負イオンビーム電流値が増加したことが確認できる. 詳細については講演にて報告する.

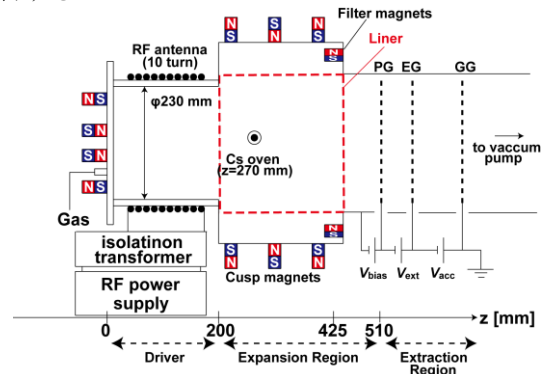


図 1 大口径高周波水素負イオン源

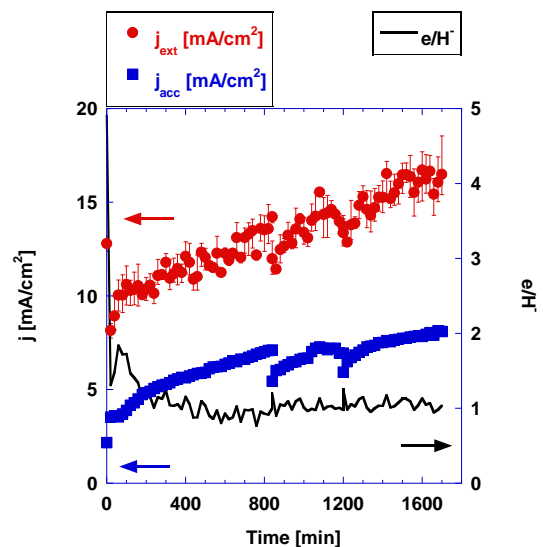


図 2 負イオンビーム電流値の時間発展

参考文献

[1] M. Bacal, *et al.*, Appl. Phys. Rev. 2, 021305 (2015).