

高周波水素負イオン源における電子エネルギー分布計測と駆動周波数の効果
Measurement of electron energy distribution function and effect of driving frequency in RF negative hydrogen ion source

高山頌, 佐々木佑晃, 小室淳史, 高橋和貴, 安藤晃
 Sho Takayama, Yuko Sasaki, Atsushi Komuro, Kazunori Takahashi and Akira Ando

東北大院工
 Department of Electrical Engineering, Tohoku University

磁場閉じ込め型核融合における加熱法として中性粒子ビーム入射加熱装置(NBI)の開発が求められている。国際熱核融合実験炉(ITER)では3600 sの長時間運転が計画されているが、従来研究されてきたアーク式イオン源は容器内部に電極を用いてプラズマを点火するため、電極の損耗や不純物の混入等が問題となっている。これらの課題を克服するため、高周波(RF)プラズマ源を用いた高周波水素負イオン源の開発と高性能化が求められている。[1]

水素負イオンの大量生成には、プラズマグリッド近傍のプラズマ高密度化と低温化を同時に達成する必要があり、高周波による電子加熱・電離プロセスと磁気フィルタによる電子冷却過程の理解・制御が必須課題となっている。特に、外部磁場が存在する場合には波動励起により加熱領域がアンテナから離れた領域で起こり得る。そこで今回、EEDFの空間分布の計測を実施したので報告する。

図1に本研究で用いた実験装置の概略図を示す。内径70 mmのAl₂O₃のセラミック管外部に4ターンのループアンテナを設置し、整合回路を介して周波数8 MHz, 最大電力4 kWの高周波電力を投入し、プラズマを生成した。ソレノイドコイルによって生成部に軸方向の一樣磁場(最大20 mT程度)を印加可能であり、これによって密度が10倍程度増加する。拡散部には、中心で7 mTの横磁場を有する磁気フィルタを設置している。生成部バックプレートからRF補償プローブを挿入し、アナログ微分法を用いてI-V特性曲線を二回微分することによってEEDFの測定を行った。[2]

図2に測定したEEDFのz方向分布を示す。EEDF(f(ε))はEEDF(F(ε))に関連する値としてよく用いられており次式で与えられる。

$$f(\epsilon) = \frac{F(\epsilon)}{\sqrt{\epsilon}} \quad (1)$$

フィルタ磁場の効果によって下流に行くに従って電子温度が減少していく様子がわかるが、フィルタ磁石手前のz=207, 217 mmにおいて電子温度

の上昇が見られる。下流に境界が存在する際には定在ヘリコン波が励起されることがヘリコンスタの実験で観測されており[3], 現在波動構造の計測を開始し、磁気フィルタがある際の波動伝搬との関連性についても検討中である。

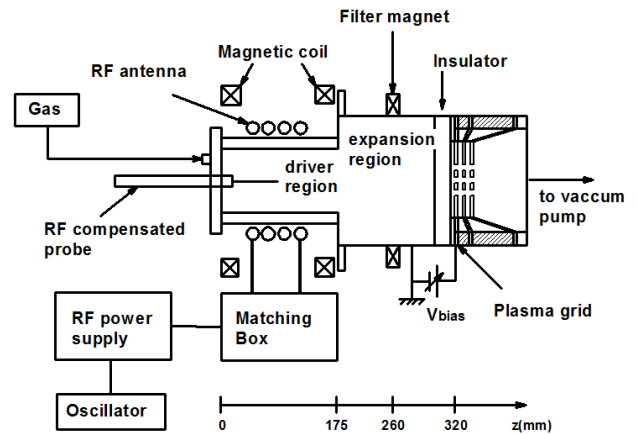


図1:高周波水素負イオン源概略図

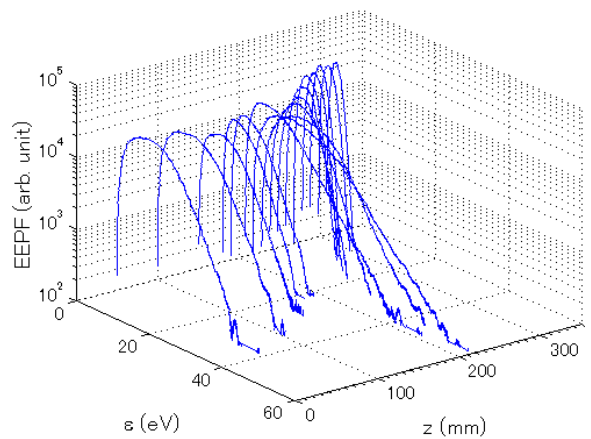


図2:EEDF 軸方向分布(4 kW, 1.0 Pa, 14mT)

[1] A. Ando, *et al.*, Rev. Sci. Instrum., **83** 02B122 (2012).
 [2] K. Takahashi, *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys., **43** 162001 (2010) and references therein.
 [3] K. Takahashi *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol., **23** 064005 (2014).