

タンデム型プラズマ源を用いたプロトン比制御 Proton ratio control using a tandemly connected hydrogen plasma source

前田哲志, 永田真大, 大木康平, 紀幸志郎, 吉田雅史, 大原渡
S. Maeda, M. Nagata, K. Oki, K. Kino, M. Yoshida, W. Oohara

山口大
Yamaguchi Univ.

1. 研究目的

等質量の正負イオンから構成される、水素ペアイオンプラズマの実現を目指している。現状では分子状正イオンの存在割合が高く、プロトン比が低い問題がある。タンデム型水素プラズマ源を用いて、高速電子密度の増加などにより、プロトン比の向上を目指す。

2. 実験方法

熱陰極直流アーク放電により、水素ターゲットプラズマ（基準電位：0 V）と水素ドライバープラズマ（基準電位： V_{driver} ）を生成した[1]。また2つのプラズマ間は、 $V_{\text{gt}} = V_{\text{driver}}$ を印加した分離グリッドで仕切られている。 $V_{\text{driver}} < 0$ V にすると、ドライバープラズマ中の電子が加速されて、ターゲットプラズマへ入射される。また、ターゲットプラズマの高速電子密度を増加させるために、熱陰極タングステン線の直径を $\phi 0.7$ mm から $\phi 1$ mm に変更して、放電電流 I_{dt} を増加させた。可視光の波長帯が通過する Duran ビューポートを通して、プラズマ発光の分光分析を行った。ターゲットプラズマ終端電極の前方に設置した Ni 多孔体触媒を用いて、原子状水素ラジカル量の増加を図った。正イオン種分析は磁場偏向型質量分析器を用いて、プラズマパラメータはラングミュアプローブを用いて測定した。

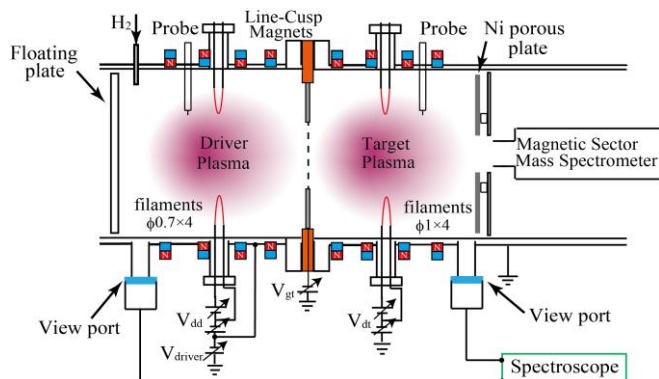


図 1：実験装置図。

3. 結果と考察

ターゲットプラズマにおける、Balmer 系列 H_α ($n=3 \rightarrow 2$), H_β ($n=4 \rightarrow 2$), H_γ ($n=5 \rightarrow 2$) の総発光強度 (●) とプロトン比 ($H^+/(H^+ + H_3^+)$) (○) の V_{driver} 依存性を、図 2 に示す。総発光強度は H^* 密度に比例する。 V_{driver} を負電圧にするほど、分離グリッドを通過・加速したドライバープラズマの電子によって、ターゲットプラズマで電子衝突による水素分子の解離が進み、 H^* 密度およびプロトン比が増加する。また、 I_{dt} の増加に伴って、 H^* 密度およびプロトン比が増加する。ドライバープラズマから加速入射される電子、フィラメント熱電子が加速された高速電子、それぞれによる H^* 密度およびプロトン比の増加へ寄与する割合を比較した。ドライバープラズマの放電電流 10 A に対して、ターゲットプラズマへ入射する加速電子電流は 4.2 A 程度であることが明らかになった。直径を大きくしたターゲットプラズマのタングステン線の本数を増加させて、 I_{dt} を 2 倍に増加させた。さらに、Ni 多孔体へ正イオンを加速衝突させて、解離吸着した水素原子 H を脱離させて、H 密度を増加によりプロトン比の向上に寄与するかを調べた。限られた放電電流で、プロトン比をどこまで高められるかについて議論する。

[1] AIP Advances, 9 (2019) 085303.

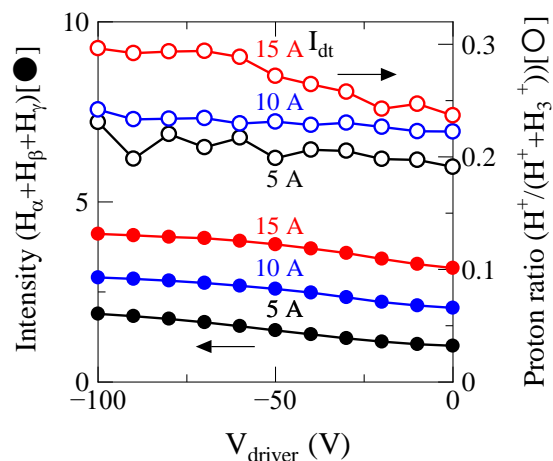


図 2：Balmer 系列発光強度とプロトン比のドライバー電子加速電圧依存性。