

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. $V_{\text{driver}} < 0\text{ V}$ 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 $\phi 0.7\text{ mm}$ から $\phi 1\text{ mm}$ 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.

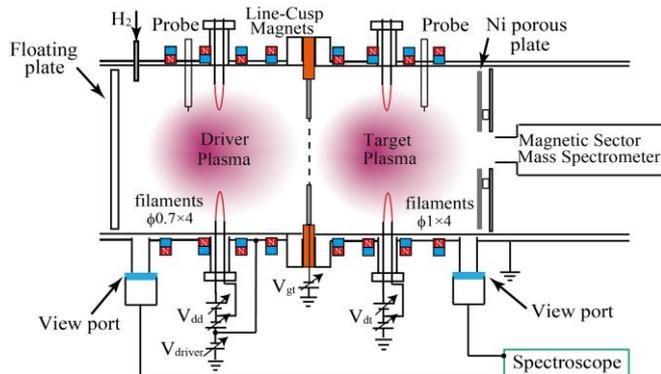


図 1: 実験装置図.

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.

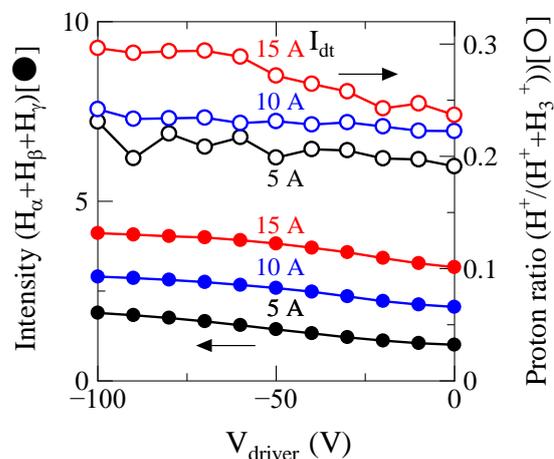


図 2: Balmer 系列発光強度とプロトン比のドライバー電子加速電圧依存性.