

## 円筒励起電極を用いた水素イオン性プラズマの密度変調 Density modulation in the hydrogen ionic plasma using cylindrical excitation electrode

岡田義久, 紀幸志郎, 河野喜範, 兼峯渉, 濱本康平, 吉田雅史, 大原渡  
Y. Okada, K. Kino, Y. Kono, S. Kanemine, K. Hamamoto, M. Yoshida, W. Oohara

山口大  
Yamaguchi Univ.

### 1. 研究目的

分子状正イオンを含む水素正負イオンから成る水素イオン性プラズマを生成して, 外部励起波動の伝搬特性を明らかにすることが目的である. 生成された水素イオン性プラズマが, 下流域で負イオン崩壊することが問題となっていた. ここで, 有磁場領域で負イオンをあらかじめ崩壊させて, 下流域で崩壊させないようにした. また, 円筒励起電極に電圧を印加することによって, 下流域で負イオン崩壊させないで密度変調を試みた.

### 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:  $V_{\text{driver}}$ ) を生成した[1].  $V_{\text{driver}}$  によって, 加速した正イオンを重畳させることができる. 電子偏向磁場を介してアルミニウム製プラズマグリッド (Al-PG,  $V_{\text{PG}}$  印加) へ水素プラズマを照射した(照射面  $z = -1.3$  cm, 図 1). Al-PG の下流側 ( $z = 0.4$  cm) に設置された制御グリッド(CG,  $V_{\text{CG}}$  印加)によって, Al-PG- CG 間に電場を印加できる. CG 付近にも偏向磁場が印加されている. さらに,  $z = 0.9 - 1.9$  cm に静電波励起用の円筒励起電極(EXC,  $V_{\text{EXC}}$  印加)が設置されている. プローブ正負飽和電流  $I_{p\pm}$  の電流比  $|I_p^-/I_{p+}|$  が 1 付近は水素イオン性プラズマであり, 大きくなるほど電子の存在割合が高くなる.

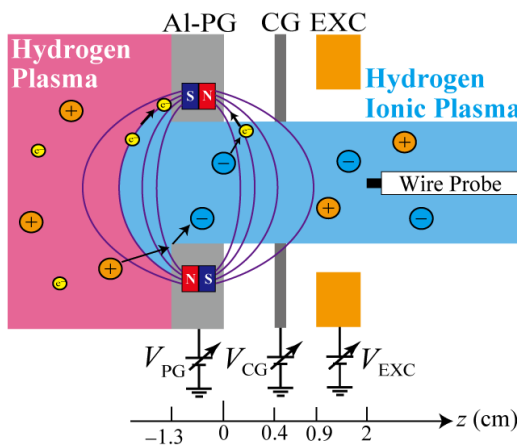


図 1: 水素イオン性プラズマ生成電極付近.

### 3. 研究結果

プラズマ密度 ( $I_{p+}$  に比例) ができるだけ高く, 水素イオン性プラズマが維持される電圧条件を検討した.  $V_{\text{PG}} = +2$  V,  $V_{\text{driver}} = 0$  V の場合に, EXC 出口付近 ( $z = 2$  cm) におけるプラズマ状態の  $V_{\text{EXC}}$  と  $V_{\text{CG}}$  の依存性を図 2 に示す.  $V_{\text{EXC}} = V_{\text{CG}}$  と  $V_{\text{CG}} = V_{\text{PG}}$  の条件を点線で示している. 水素イオン性プラズマが維持される条件は  $V_{\text{EXC}} > V_{\text{CG}}$ ,  $V_{\text{EXC}} < 25$  V,  $V_{\text{CG}} > +2$  V の範囲である. この電圧範囲で密度ができるだけ高くなる条件は,  $V_{\text{CG}} \sim 3$  V,  $5 < V_{\text{EXC}} < 15$  V であることが明らかになった. ここで,  $I_{p+}$  の平均値  $I_{p+0}$  と変化幅  $\tilde{I}_{p+}$  は  $\tilde{I}_{p+}/I_{p+0} \sim 0.11$  となり, 水素イオン性プラズマを維持したまま 10% 程度の密度変調ができることを示唆している. 高エネルギー正イオンが重畳された ( $V_{\text{driver}} > 0$  V) 場合には, 水素イオン性プラズマの維持電圧範囲が広がり,  $V_{\text{driver}} = 100$  V ではプラズマ密度が 1 桁増加することが明らかになった. CG に偏向磁石を埋め込んだ場合の水素イオン性プラズマの生成, および波動伝搬特性実験において, 励起特性には周波数依存性があったので, これについても議論する.

[1] AIP Advances, **9** (2019) 085303.  
[2] AIP Advances, **10** (2020) 095006.

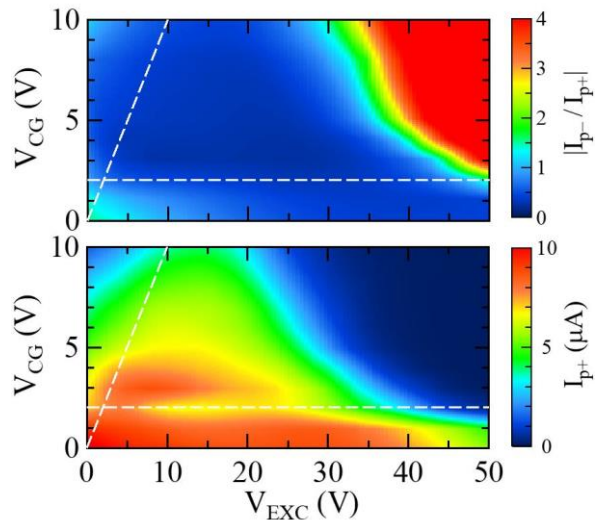


図 2: 密度の高い水素イオン性プラズマを維持するために必要な電圧条件.