

## 水素イオン性プラズマにおける静電波の分散関係 Dispersion relation of electrostatic waves in hydrogen ionic plasma

平岡勇人, 藤井柾志, 江川正樹, 渡井雅巳, 吉田雅史, 大原渡  
Y. Hiraoka, M. Fujii, M. Egawa, M. Watai, M. Yoshida, W. Oohara

山口大院創成  
Yamaguchi Univ.

### 1. 研究目的

等質量の正負荷電粒子から成る水素ペアイオンプラズマの実現を目指しているが、現状では分子状正イオンを含む水素イオン性プラズマは実現できた[1]。静電波を励起させて、その分散関係から、逆にプラズマの状態を推定できるようにすることを目的としている。

### 2. 実験方法

熱陰極直流アーク放電により、2つの領域に水素プラズマを生成した(図1)。ドライバープラズマ壁に直流電圧 $V_{\text{driver}} (> 0 \text{ V})$ を印加すると、 $eV_{\text{driver}}$ (eV)程度に加速された正イオンがターゲットプラズマへ入射する。この正イオンビームとターゲットプラズマの低エネルギー正イオンをアルミニウム製のプラズマグリッド(Al-PG)へ照射して( $z = -2 \text{ cm}$ )、孔内表面生成法により負イオンを生成している。直流電圧 $V_{\text{CG}}$ が印加された制御グリッド(CG)は、生成された負イオンを下流域へと引出加速させる役割がある。 $z = 2.7 \text{ cm}$ に、内直径7.4 cm、長さ5 cmの励起円筒電極には、正弦波電圧 $V_{\text{exc}}$ を印加して、静電波を励起している。ディスクプローブによって正イオン密度揺動を測定し、ロックインアンプ等を利用して分散関係を導出した。

### 3. 実験結果

励起正弦波電圧に対する受信波の位相の遅れ

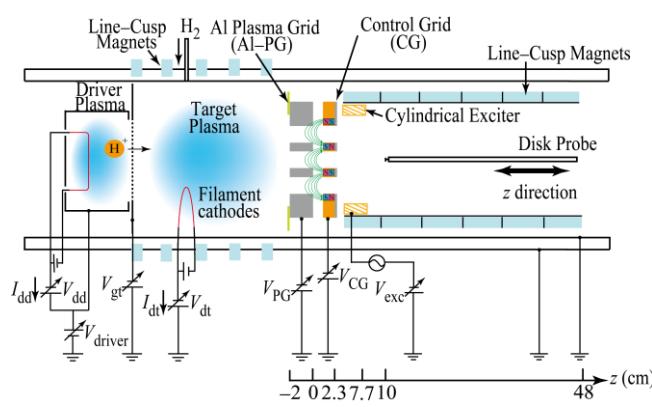


図 1 : 実験装置図。

れを $z = 10 \text{ cm}, 11 \text{ cm}$ において測定した( $\phi_{10}, \phi_{11}$ )。2地点の位相差( $\phi_{10} - \phi_{11}$ )より、波数を導出している。 $z = 10 \text{ cm}$ で測定した $V_{\text{CG}}$ 依存性、直流電圧 $V_{\text{exc}}$ 依存性より、 $V_{\text{CG}} = V_{\text{driver}}$ かつ $V_{\text{exc}} = +25 \text{ V} \sim +55 \text{ V}$ でイオン性プラズマを維持しつつ、静電波を励起することができた。引出加速、正イオンビームが無い場合の $V_{\text{CG}} = V_{\text{driver}} = 0 \text{ V}$ 、またはそれらが有る場合の $V_{\text{CG}} = V_{\text{driver}} = +100 \text{ V}$ における分差関係を調べた(図2)。 $V_{\text{CG}} = V_{\text{driver}} = 0 \text{ V}$ では、位相速度と群速度は正であり、イオン音波に似た分散関係である。これに対し、 $V_{\text{CG}} = V_{\text{driver}} = +100 \text{ V}$ の場合、位相速度や群速度が負値になる周波数帯が現れた。正イオンビームが重畳されると、波数が減少して、 $k/2\pi < 0$ となる周波数帯が現れる( $V_{\text{CG}} = V_{\text{driver}} = +100 \text{ V}$ の場合は40 kHz近傍)。波数が最も負値になる周波数帯は、ビームエネルギーに依存するというよりも、ビーム電流に依存している傾向がある。位相速度が負値になる逆進行波は、物理的に理解し難い。正イオンビームが重畳することによって、計測システムに何か問題が生じるのか、それとも逆進行波になる物理的な理由があるのか、現時点では明らかになっていない。

[1] W. Oohara, N. Anegawa, M. Egawa, K. Kawata, and T. Kamikawa, Phys. Plasmas **23** (2016) 083518.

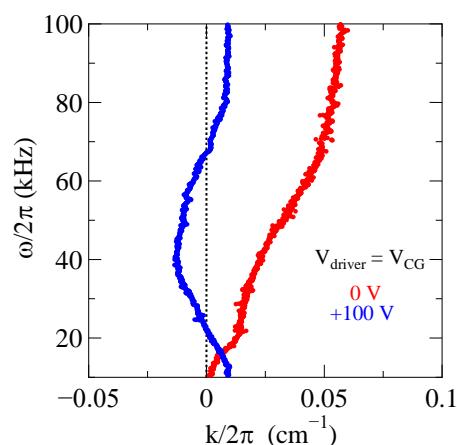


図 2 : 軸方向伝搬波の分散関係。