Development of the measuring system for ion acoustic wave in the plasma

プラズマ中のイオン音波測定システムの開発

Atsushi NISHINO and Akira TONEGAWA,

Department of Physics, Society of Science, Tokai University, 1117 Kitakaname,
Hiratsuka, Kanagawa, 259-12 Japan

TEL:81-463-58-1211(EXT.3684) FAX:81-463-58-1218

Kazuo TAKAYAMA

Institute of Research & Development, Tokai University, 1117 Kitakaname, Hiratsuka,
Kanagawa, 259-12 Japan

TEL:81-0463-58-1211(Ext5300)

(Accepted for publication 16 November 1995)

We developed the measuring system for the ion acoustic wave in the plasma. The phase velocity of the ion acoustic wave is obtained by phase delay between the excitation signals and the received signals in the glow discharge with parallel electrodes.

Keywords : plasma, ion acoustic wave, HPVee, computer system,

I. INTRODUCTION

プラズマ中における波動の特性を調べる上で重要なことは、どのような時間的変動が、空間的にどう伝搬していくかということである。本研究の目的は、プラズマ中の波動をコンピュータにより測定するシステムを開発することである。ここでは特に、磁場のない静電プラズマ波の例としてイオン音波に着目した。イオン音波はイオンの振動が重要になる低周波の縦波であり、比較的容易に波を励起させることができる。実験ではグロー放電のプラズマ中にイオン音波を励起させ、その位相差を測定し、分散関係式によって求めた速度と

比較した。

II. THEORY AND EXPERIMENTAL SETUP

イオン音波はクーロン力と電子の熱運動によって振動が伝わる。つまり、電場を媒介として音波が起きるということで、質量の大きなイオンの運動が関係しているため低周波の振動である。また、この振動を考える上で重要な式を以下に示す。

- ・磁場のないときのイオン流体の方程式
- ・イオンの密度の摂動 (Boltzmann 方程式)
- ・イオンの連続の方程式 (線形化)

FIG.1. Ion acoustic wave measures system.

以上の3つの式より分散関係式を求めると、

$$\frac{\omega}{k} = \left(\frac{k_B T_e + \gamma_i k_B T_i}{M} \right)^{1/2} \equiv v_s$$

T_e =電子温度、 T_i =イオン温度、 M =イオン質量、 ω =角周波数、 k =伝搬定数、 k_B =ボルツマン定数となり、これがイオン音波の分散関形式である。また、グロー放電など T_e が T_i より非常に大きいときは、音波の伝播速度は次のようになる。

$$v_s = \sqrt{k_B T_e / M}$$

測定するプラズマの条件は、Ar（アルゴン）を用いて0.2Torrにし、放電電流0.1A、放電電圧419Vとした。測定の方法は Fig.1 に示すように、励起用グリットに、10kHzのSinカーブを送り、励起用グリットと受信用プローブの間隔を変化させ、励起波と受信波の位相のずれとグリット間隔との関係を調べ、グラフを作成し、その傾きからイオン音波の速度を求めた。

III. FLOW CHART (HP Vee)

この実験で重要なのは、コンピュータによる測定システムの開発である。これは、コンピュータ上で実験装置のオブジェクトを配置し、それらを結ぶことにより、簡単に測定ができるということや、コンピュータ上の実験装置の数値等を変更することによって、リモート操作できるということが利点となる。

HP Vee プログラムの流れは Fig.2 に示すように、オブジェクト Frequency に測定周波数を入力しオブジェクト Timebase にオシロスコプのタイムベースを書き込む。コマンド Start でプログラムが実行されファンクションジェネレーターからSinカーブが出る。そして、オシロスコプに波形を表示し、Data をセーブする。

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

励起波 10kHz で、グリットとプローブの間隔を20mmから90mmまで10mm間隔で変更し、位相差を測定した。その結果のグラフを Figure 3, Fig.4 に示す。Figure 4の直線の傾きから、イオン音波速度が与えられる。傾きからのイオン音波速度は

FIG. 2. HP Vee program.

FIG. 3. Oscilloscope showing the excitation signals and the received signal in Argon. d is the distance between the grids.

FIG. 4. Phase delay of the ion waves as a function of the separation between the grids in the argon plasma.

$v_s = 3.7425(\text{mm} / \mu\text{s}) = 3.7425 \times 10^3(\text{m} / \text{s})$ となり、分散関係式によるイオン音波の速度は $v_s = 2.5012 \times 10^3(\text{m} / \text{s})$ となった。

V. CONCLUSION

測定結果より、システム作動を確認する事ができた。ここで、コンピュータ (HP Vee) による測定の利点は、測定時間が短縮されるため放電管によるプラズマ実験など、測定条件を長い時間維持することが困難な時、より多くのデータを得ることが可能になる。また、オシロスコプ上に表示された波形などを簡単に保存できるため、測定後の処理が容易になった。装置のオブジェクトをマウスによりコンピュータ上に配置し、結ぶことによって誰にでも簡単に測定ができるようになる。

REFERENCES

¹A. Y. Wong, R. W. Motely and N. D'Angelo Phys. Rev. 133, A 436 (1964)

'95 SAS Intelligent Symposium