

01pC33P

プラズマ中の微粒子雲に生じる振動現象に関する研究

Oscillation of dust particles excited in a plasma

強 智博, 池上 貴一, 粕谷 俊郎, 和田 元

同志社大工

Tomohiro KOWA, Takakazu Ikegami, Toshiro Kasuya, Motoi Wada

Graduate School of Engineering, Doshisha University

1. はじめに

外部から擾乱を加えることにより、ダストプラズマに励起される波には、ダスト音波やダスト表面波等があるが、特にクーロン結晶中での波動現象が注目を集めている。クーロン力を駆動力として伝播する波だと考えられているダスト格子波は、これまでに縦、横及びせん断モードが理論と実験の両面で確認されている。本研究では、このダスト格子波との関連性に注目して、微粒子雲に交流の電界を加えることにより生じる振動現象に関して実験を行っている。

2. 実験概要

この実験で用いる装置および測定系の概略図を Fig.1 に示す。グロー放電により Ar プラズマを生成し、電極上部から粒子を自由落下させると、その過程で負電荷を獲得する。浮遊電極表面にはイオンシースが形成されており、微粒子はクーロン力と重力が釣り合う浮遊電極上部で浮遊する。この実験装置ではカソード及び浮遊電極により、すり鉢状のポテンシャル構造が形成され、微粒子はこのようなポテンシャルに捕獲される。

本実験では、このすり鉢状の静電ポテンシャルの下部に、先端部以外は絶縁管で覆ったバイアス電極を設け、交流電圧を印加することにより静電揺動を与える。それにより、すり鉢状の微粒子雲に振動を励起することが可能になる。交流電圧の周波数を変化させることにより、微粒子雲に励起した振動が伝播する様子を観測する。微粒子として用いたグラフィイトには自発的な発光がないので、レーザー光を微粒子雲に照射し、その散乱光を CCD カメラで観測する。得られたデータは PC に取り込んで画像処理を行った。

3. 実験結果および考察

バイアス電極に印加する正弦波電圧の振幅を一定に保ち、周波数を 221 Hz から 501 Hz まで変化させると、微粒子雲の中に時間的に変化する縞模様が確認できた。縞の明るい部分は、微粒子密度が高い部分であるため、微粒子雲中に粗密波が伝播していると考えられる。

Fig.2 にこの波動の分散関係を示す。これより、微粒子の振動周波数が大きくなれば、粗密波の波長は短くなることからわかる。ダスト格子波の縦モードの分散関係は、角周波数と波数が Fig.2 と同様な比例関係となることから報告されているので、この微粒子雲に生じる波動とダスト格子波の物理的特性を比較検討して、その詳細を報告する。

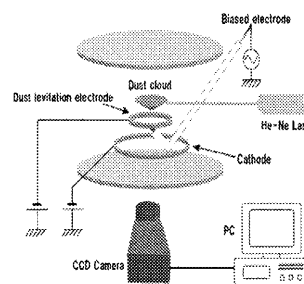


Fig.1 Schematic of the experimental system.

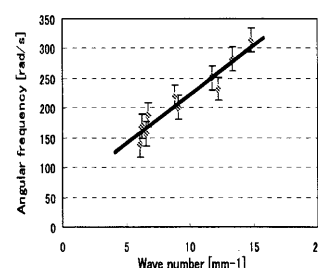


Fig.2 The dispersion relation.

01pC34P

直流グロー放電陽光柱プラズマ内のダスト粒子 (Ⅲ)

Dust Particles in Positive Column Plasmas of a DC Glow Discharge (Ⅲ)

生沼 学, 藤田文行, 金子純一, 古坂道弘

北大院工

OINUMA Gaku, FUJITA Fumiyuki, KANEKO Junichi, and FURUSAKA Michihiro

Graduate School of Engineering, Hokkaido University

これまでに行われたダストプラズマに関する実験研究の多くは、容量結合型 rf プラズマの駆動電極シース部で浮遊する微粒子を対象としていた。本研究ではアルゴン直流グロー放電プラズマ内に微粒子を導入し、その挙動を観測している。直流グロー放電中の微粒子は、プラズマバルク部に発生する定在縞の局所電場により上向きの力を受けて浮遊する。定在縞の状態はガス圧や放電電流などの放電パラメータに依存するため、浮遊する微粒子の挙動もそれと共に変化する。そのため rf プラズマとは異なった粒子挙動や配列が観測される。

本研究で用いる放電管は内径 3cm、長さ 60cm の縦置き型であり、粒子の観察を容易にするためガラス製とした [1]。放電管上部から直径 10 μm の Polymethyl Metacrylate (PMMA) 球を導入し、その挙動をレーザー光とビデオカメラで観測した。得られたビデオデータから画像解析の手法を用いて各粒子の座標を決定し、配列の規則性や粒子の運動を評価した。さらにダブルプローブ法によってプラズマの電子温度と密度の計測を行った。

昨年度までの研究から、直流グロー放電中の微粒子は定在縞の発光部で浮遊しダストプラズマ結晶を形成することが確認された [2]。今回は実験の再現性を確認すると共に、粒子振動、配列の放電パラメータに対する依存性を詳細に評価した。本実験体系においては、アルゴンガス圧を 0.4 Torr 以下にすると定在縞が発生した。さらにガス圧 0.15 ~ 0.3 Torr、放電電流 1.5 ~ 5.0 mA の条件で微粒子が定在縞発光部の中心付近で浮遊しダスト雲を形成した。一度浮遊した微粒子は放電条件に大きな変化がなければ少なくとも数時間落下することはなかった。微粒子の配列や振動の様子は放電パラメータに強く依存し、0.2 Torr、2.0 mA 程度のときに粒子振動が小さくなり、最も良い規則性で配列した (図 1)。このとき微粒子は垂直方向には等間隔で 1 列に連なる配列を、水平方向には多角形型の配列を取った。ガス圧、放電電流がそれぞれ 0.2 Torr、2.0 mA から外れると個々の粒子振動が活発となり、配列の規則性が崩れることが分かった (図 2)。また条件によっては図 3 に示すように、ダスト雲が上下 2 段に分離する現象が見られた。これは、粒子に作用する重力と釣り合う強度の電場が、定在縞発光部のピークをはさみ上下 2 箇所が存在するためと考えられる。

[1] 魚山和哉、他、プラズマ核融合学会第 19 回年會予稿集 p. 132 (2002)

[2] 生沼学、他、プラズマ核融合学会第 21 回年會予稿集 p. 193 (2004)

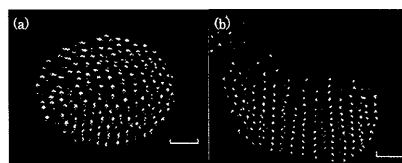


図 1 0.18 Torr, 2.13 mA での微粒子の様子。(a) 水平断面、(b) 垂直断面。図中のスケールは 1 mm に対応。

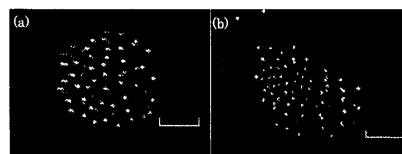


図 2 0.22 Torr, 2.78 mA での微粒子の様子。(a) 水平断面、(b) 垂直断面。図中のスケールは 1 mm に対応。

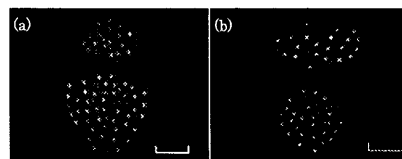


図 3 上下 2 段に分かれて浮遊するダスト粒子 (垂直断面) (a) 0.28 Torr, 2.03 mA, (b) 0.22 Torr, 2.36 mA。図中のスケールは 1 mm に対応。