

光ピンセットによるプラズマ中捕捉微粒子の揺動スペクトル解析

Spectral Analysis of Fluctuation of a Fine Particle Trapped in Plasma with Optical Tweezers

九大シス情¹, 九大総理工², 自然科学研究機構³, [○]鎌滝 晋礼¹, (B4)奥永 冨京¹, (M1)岩本 亮介¹,

富田 健太郎², 山下 大輔¹, 板垣 奈穂¹, 古閑 一憲^{1,3}, 白谷 正治¹

Kyushu Univ.¹, NINS², [○]Kunihiro Kamataki¹, Sakyō Okunaga¹, Ryosuke Iwamoto¹, Kentaro Tomita¹,

Daisuke Yamashita¹, Naho Itagaki¹, Kazunori Koga^{1,3} and Masaharu Shiratani¹

E-mail: kamataki@plasma.ed.kyushu-u.ac.jp

IoT の普及などを背景に近年の半導体デバイスの高性能化のために、従来の微細化の進展が鈍化する一方で、3次元スケールと呼ばれる積層化が進められている。これらの製作工程を大きく占めるプラズマプロセスにおいて、プラズマ気相中のナノ粒子の制御が重要課題となっている。それらの課題解決のためには、プラズマ中の微粒子の運動を正確に理解する必要がある。プラズマ中の微粒子の新規評価法として、プラズマ中に導入した微粒子を光ピンセットにより捕捉し、その挙動を解析する方法がある[1, 2]。本研究では、このプラズマ中の微粒子の運動機構の解明とその制御を目的とし、微粒子の運動についての揺動解析を行った。

実験では上面に石英窓、底面にサファイア窓を設置したプラズマ反応容器を落射型顕微鏡に取り付けた装置を用いた。容器中央にパンチングメタル接地電極を配置し、内径 10mm, 外径 20mm のリング型電極を容器底面上に設置した。この容器内に Ar ガスを導入し、圧力 50Pa において電極間に 13.56MHz の高周波電圧を印加してプラズマを生成した。このプラズマに粒径 10 μ m のアクリル微粒子(PMMA)を容器内に導入すると、微粒子はプラズマ/シース境界付近に浮遊し、水平方向の等ポテンシャル面を移動する。

本実験では 1 個の微粒子のみをプラズマ中に導入し、光ピンセットにより捕捉した。この微粒子の挙動をサンプリングレート 1,000fps の高速度カメラで観察し、トラッキング解析により微粒子位置(水平方向)の時間変化を測定した。図 1 に x 軸方向と y 軸方向の変位の揺動に対するオートスペクトルを示す。x 軸方向、y 軸方向共に、光ピンセットにて捕捉されていても、微小にまた、同様に揺らいでいることがわかる。特に x 軸 y 軸の位置の揺動スペクトルにおいて 100Hz あたりでブロードなピークがあることがわかる。しかし、両軸の揺動の時間変化の相関係数は 0.1 以下と小さい。詳細は講演にて報告する。本研究は JSPS 科研費 19K03809 の助成を受けたものです。

[1] M. Soejima et al., Proc. IEEE-Nano (2016) 671.

[2] J. Schablinski, et al., Phys. Plasma **22** (2015) 043703.

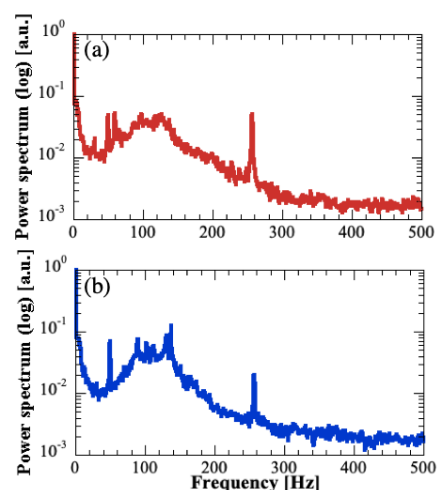


Fig. 1. Auto-spectrum of fluctuation of position of a fine particles at (a) x-axis and (b) y-axis.