

Ar プラズマ中で光捕捉された単一微粒子の運動解析

An analysis of kinetic motion of optically trapped single fine particle in Ar plasma

九州大学¹, ○(M1)大友 洋¹, (M2)森 研人¹, (M1)周 韜¹, 山下 大輔¹, 徐 鉉雄¹,

板垣 菜穂¹, 古閑 一憲¹, 白谷 正治¹,

Kyushu Univ.¹, °Hiroshi Ohtomo¹, Kento Mori¹, Ren Zhou¹, Daisuke Yamashita¹, Hyunwoong Seo¹,

Naho Itagaki¹, Kazunori Koga¹ and Masaharu Shiratani¹,

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

半導体デバイスの 3 次元実装技術に象徴される超高精度プラズマプロセスの実現のためには、プラズマとナノ材料界面との相互作用揺らぎの理解と制御が重要である[1]。筆者らはこの相互作用機構の解明を目指し、プラズマと材料界面との相互作用モデルとしてプラズマ中に導入した微粒子の挙動を観察している。最近、光ピンセット法を用いてプラズマ中の単一微粒子の移動を制限し、その場計測することが可能となった。ここでは、高速度カメラによって得られた微粒子挙動の解析によって得られた結果を報告する。

実験には上面に石英窓、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 25mm のリング型放電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 10Pa, 50Pa, 100Pa, 200Pa において、電極間に 13.56MHz, 324~348Vpp の高周波電圧を印加しプラズマを発生した。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。この微粒子に対し、波長 1064nm, 10mW の IR レーザーを反応容器下部から対物レンズを介して照射し微粒子を光捕捉した。光捕捉した微粒子の挙動をサンプリングレート 3000fps 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の時間変化を測定した。

光捕捉した微粒子は中性ガス分子やイオンとの衝突により、静止捕捉位置を中心に振動する。微粒子位置の時間変化に対して高速フーリエ変換(FFT)を行った結果を Fig.1 に示す。パワースペクトルに圧力依存性がほとんど見られないため、中性ガス粘性力がイオン抗力よりも小さいことが示唆される。この原因は、ガス粘性力がガス分子と微粒子の 1 対 1 衝突に起因するのに対し、イオン抗力は多数のイオンがクーロン力によって同時に微粒子に影響するためである。

[1] M. Shiratani, et al., Jpn. J. Appl. Phys. 53, 010201 (2014).

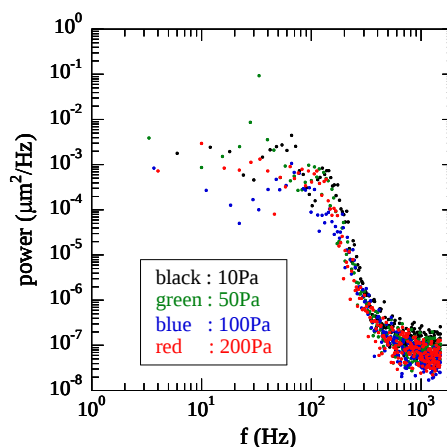


Fig. 1. FFT of time evolution of particle position (X component) during optical trapping at 10Pa, 50Pa, 100Pa, and 200Pa.