

光ピンセットによる捕捉微粒子を用いた Ar プラズマ中の電場強度分布及び電場揺動計測 (3)

Measurement of strengths and fluctuations of electric fields in Ar plasma using a fine particle trapped by optical tweezers (3)

九大シス情¹, 北大院工², 九大総理工³, 自然科学研究機構⁴, [○]鎌滝 晋礼¹, 佐藤 斗真¹,

富田 健太郎², Pan Yiming³ 山下 大輔¹, 山下 尚人¹, 奥村 賢直¹, 板垣 奈穂¹, 古閑 一憲^{1,4}, 白谷 正治¹

Kyushu Univ. ISEE.¹, Hokkaido Univ.², Kyushu Univ. IGSES.³, NINS⁴

[○]Kunihiro Kamataki¹, Toma Sato¹, Kentaro Tomita², Pan Yiming³, Daisuke Yamashita¹,

Naoto Yamashita¹, Takamasa Okumura¹, Naho Itagaki¹, Kazunori Koga^{1,4} and Masaharu Shiratani¹

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

多様なナノ構造形成や半導体デバイスの 3 次元集積化に伴い、プラズマプロセスの深い理解に基づいた超高精度ナノプロセスの創成が求められている[1]. このためには、プラズマプロセス中のマイクロ・ナノメートルオーダーの微小空間での電場空間分布の解明とその揺動成分の制御が重要である. プラズマ中のマイクロメートルオーダーの空間分解能を持つ電場及び電場揺動計測に関する研究はほとんどない. そこで、本研究では、光ピンセット法[2]により補足されたプラズマ中の微粒子をプローブとして、マイクロメートルオーダーの高い空間分解能を持つ電場強度及びその揺動成分の計測開発及び計測精度の向上について研究を行なっている.

実験では、反応容器内に Ar プラズマを生成し、プラズマ/シース境界領域にアクリル微粒子(粒径 20 μm)を浮遊

させ、光捕捉を行なっている. 電場強度を導出する際に、微粒子の帯電量 Q は重要な物理量である. 例えば、軸方向の力の釣り合いの式は $mg = QE_z + F_{\text{ray}}$ である. ここで、 E_z は軸方向の電場強度で、 F_{ray} は微粒子がレーザーから受ける力である. これまで、微粒子の帯電量は、イオン衝突を考慮した OML 理論[3]によって導出してきた. そこで、今回二つの微粒子の衝突現象を利用した帯電量の導出[4]を行なった. Fig.1 に(a)二つの微粒子の衝突時の写真と(b)微粒子間距離の時間変化を示す. 微粒子間距離は、衝突後に一定になっていることがわかる. エネルギー保存側より帯電量を導出すると、上記の OML 理論と同程度 $[-(2.0 \sim 2.8) \times 10^{-15} \text{ C}, Z \sim 1.5 \times 10^4]$ であることがわかった. 詳細は講演にて行う. 本研究は JSPS 科研費(20K00142)の助成を受けている. [1] M. Shiratani, *et al.*, *J. Phys. D* **44** (2011)174038. [2] A. Ashkin, *Biophys. J.* **61** (1992) 569. [3] S. A. Khrapak, *et al.*, *Phys. Rev. E* **72**(2005) 016406. [4] U. Konopka *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **79** (1997) 1269.

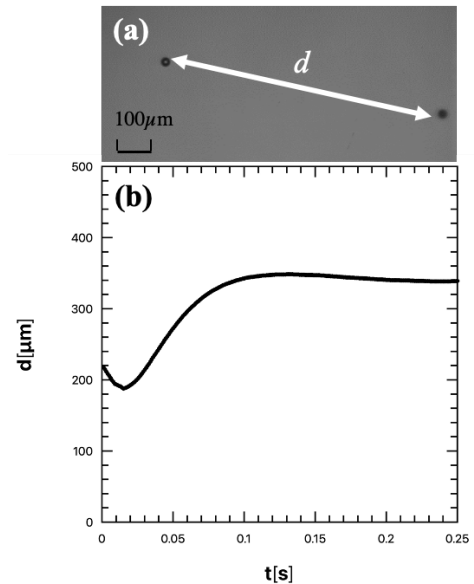


Fig.1 (1) image of collision among two fine particles that levitated in plasma/sheath region (2) time evolution of distance d among them.