

Ar プラズマ中の光捕捉微粒子への作用力の研究

Study of the force on the optical trapping particle in Ar plasma

九大シス情¹, 北大院工², 自然科学研究機構³, [○]鎌滝 晋礼¹, 奥永 冨京¹, 岩本 亮介¹,

富田 健太郎², Pan, Yiming² 山下 大輔¹, 板垣 奈穂¹, 古閑 一憲^{1,3}, 白谷 正治¹

Kyushu Univ.¹, Hokkaido Univ.², NINS³,

[○]Kunihiro Kamataki¹, Sakyo Okunaga¹, Ryosuke Iwamoto¹, Kentaro Tomita², Pan Yiming²,

Daisuke Yamashita¹, Naho Itagaki¹, Kazunori Koga^{1,2} 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、プラズマプロセス揺らぎの原因解明と制御が重要である. 本研究では、光ピンセット法[2]によりプラズマ中微粒子を捕捉・移動し、その微粒子挙動によりプラズマ中の電場計測を試みてきた. プラズマ中の光捕捉された微粒子には、重力 mg , 静電気力 qE 及びレーザーから受ける作用力 F_{ray} が作用する. 電場計測のためには、レーザーから受ける作用力 F_{ray} を正確に評価する必要がある. そこで本稿では、電場強度を校正するために、レーザーから受ける作用力 F_{ray} を評価した結果を報告する.

実験では上面に石英窓、底面にサファイア窓を有するプラズマ反応容器を落射型顕微鏡に設置した装置を用いた. 容器中央にパンチングメタル接地電極を配置し、内径 15mm, 外径 25mm 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、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 $10\mu\text{m}$ のアクリル微粒子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する. 図 1 に光線光学モデル[3]によるレーザーが微粒子(直径 $10\mu\text{m}$)に与える力 F_{ray_z} の計算結果を示す. 微粒子の z 位置がレーザー光の焦点よりも下にある時($z > 0 \mu\text{m}$)の F_{ray} は、 $z = 0 \mu\text{m}$ の時の $F_{ray}(=0.25 \text{ pN})$ よりも大きい. これは、微粒子をレーザー光の焦点の位置に戻そうする方向に力が働いていることを意味する. $z < 0 \mu\text{m}$ の位置においても $F_{ray} > 0$ であるが、 $mg > qE + F_{ray}$ となり微粒子はレーザー光の焦点の位置に戻る. 講演において、この作用力について詳細に説明する.

本研究は JSPS 科研費 20K00142 の助成を受けたものです.

[1] M. Shiratani, *et al.*, J. Phys. D **44** (2011)174038.

[2] A. Ashkin, Biophys. J. **61** (1992) 569.

[3] W. H. Wright, G. J. Sonek, Y. Tadir, and M. W. Bems, IEEE J.Quantum Electron. **26** (1990) 2148.

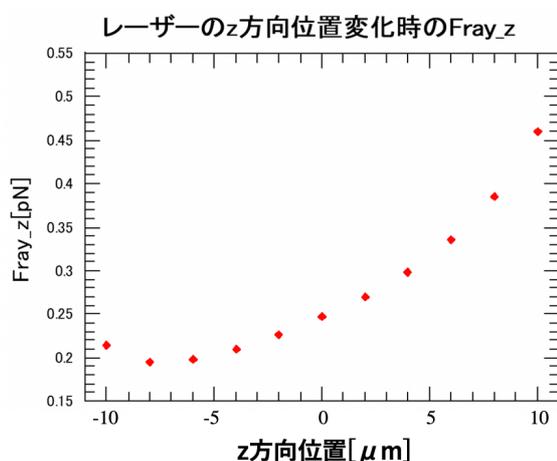


図 1 光線光学モデル[3]によるレーザーが微粒子(直径 $10\mu\text{m}$)に与える力 F_{ray_z} の計算結果