

Arプラズマ中微粒子の衝突解析による相互作用の評価
**An evaluation of interactions between fine particles using collision analysis
 in Ar plasma**

大友洋, 千村智, 周韌, 山下大輔, 鎌滝晋礼,
 板垣奈穂, 古閑一憲, 白谷正治

Hiroshi Ohtomo, Tomo Chimura, Ren Zhou, Daisuke Yamashita, Kunihiro Kamataki,
 Naho Itagaki, Kazunori Koga, and Masaharu Shiratani

九州大学
 Kyushu University

昨今急速に普及が進んでいるIoTの基盤である半導体の高性能化には、プラズマプロセスに基づいた高精度ナノ加工技術が不可欠である。しかしながら、要求される加工寸法がナノスケールにまで及んだ結果、プラズマと材料界面の相互作用やプラズマ自体の時間・空間的揺らぎの影響が顕在化しており、高感度でプラズマ揺らぎを評価する方法が求められている[1]。我々はプラズマ中に浮遊する微粒子に着目し、プラズマ揺らぎの測定に用いる方法について研究している[2]。ここでは、プラズマ中に浮遊した数個の微粒子の挙動から、プラズマと微粒子との相互作用を評価した結果について報告する。

実験では、底面にサファイア窓を設置した円筒形真空容器を使用した。装置中央に接地電極としてパンチングメタルを固定し、容器底面に設置した内径15mm、外径25mmのリング型放電電極に周波数13.56MHz、270~300Vppの高周波電圧を印加してプラズマを生成した。ガスはArを用いて25, 50, 75, 100, 150, 200Paの各圧力で容器内に封入した。直径10 μ mのPMMA微粒子を外部から装置内に導入し、プラズマ/シース境界付近に浮遊するそれらの挙動や微粒子間に働く相互作用の様子を、容器下方から高速度カメラで観察した。今回の実験では、微粒子を3個のみプラズマ内に導入することに成功した。

圧力25Paにおける3個の微粒子位置と軌跡をFig.1.に示す。図中にparticle-0で示した微粒子の運動が他の2個と比較して激しく、大きく円を描きながら運動しており、その過程で他の微粒子(particle-1,particle-2)とクーロン相互作用により繰り返し衝突している様子が捉えられた。微粒子が受けるポテンシャルエネルギーは次式(1)で表される。

$$U_{i,0} = \frac{Q_{pi}Q_{p0}}{4\pi\epsilon_0 d_{i,0}} \exp\left(-\frac{d_{i,0}}{\lambda_d}\right) \quad (1)$$

ここで Q_{pi} は微粒子の帯電量、 $d_{i,0}$ はparticle-0との距離、 λ_d はデバイ長である。観測開始から1sまでのparticle-2の運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの時間変化をFig.2.に示す。運動エネルギーとポテンシャルエネルギーのピーク位置は約10msの差があり、微粒子間のポテンシャルの揺動によるポテンシャルの伝搬時間を表している可能性がある。詳細は講演にて。

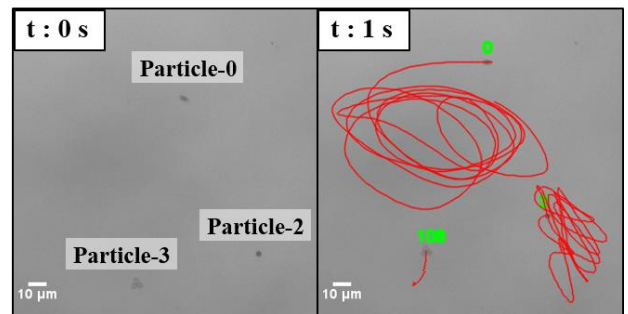


Fig. 1. The trajectories of three particle in laboratory plasma.

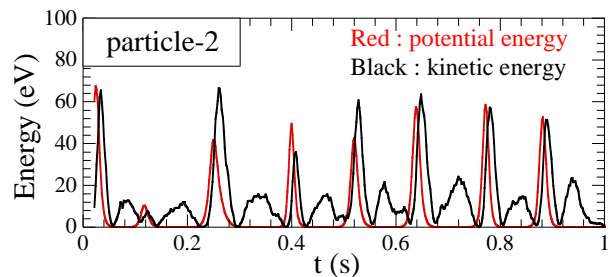


Fig. 2. Kinetic and potential energy of the particle-2

謝辞

本研究はJSPS科研費JP15J05441の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] M. Shiratani et al., Materials Science Forum, (2017) 879, 1772.
 [2] M. Soejima, et al., Proc. IEEE-Nano (2016) 671.