

01pC03 水放電による火の玉生成実験

Experiments on ablation driven by laser-produced ions

坂和洋一, 杉山一慶^A, 田邊哲朗^A, モア リチャード^B
 阪大レーザー研, 九大総理工^A, ローレンツ パークレー研究所^B
 Y. Sakawa, K. Sugiyama^A, T. Tanabe^A, and R. More^B

ILE, Osaka University; Interdisciplinary School of Engineering Science, Kyushu University^A;
 Lawrence Berkeley National Laboratory^B
 sakawa-y@ile.osaka-u.ac.jp

火の玉の研究は 150 年以上にわたって続けられているが、その物理的機構はまだよく分かっていない。近年、Egorov 等は水蒸気の放電によって約 1 秒の寿命をもつ火の玉を生成し、 H_3O^+ と OH^- イオンの再結合が水分子によって妨げられて寿命が長くなると説明した [A. I. Egorov *et al.*, *Technical Physics* **47**, 1584 (2002)]。我々は同様の装置を用いて実験を行い、発光スペクトルの時間変化等を調べた。

図 1 (a) に実験装置の概略を示す。内径 18 cm のポリエチレン製水槽を、純水に $NaHCO_3$ を 7-20 mM 加えた導電性溶液で 10-15 cm の高さまで満たした。水中に沈めた銅製リング状電極を正極に、石英管で覆い水面の中央に設置した炭素棒電極（直径~1 cm, 長さ~5 cm）を負極にし、210 μF のコンデンサを 2 個または 3 個並列につなぎ、約 4.5 kV の電圧を加えて水面と炭素棒電極間で容量結合性放電を行なった。石英管の上面は炭素棒電極上面から約 2 mm、水面からは約 3 mm 上に設置した。炭素棒電極および電線は導電性溶液と絶縁した。スイッチを用いて回路を閉じると、水面と炭素棒電極間で放電が起こり、水面に発生したプラズマジェットが球形の火の玉状発光となり空中に浮遊した。

図 1 (b), (c) に高速カメラ (125 frame/s, $\Delta t = 8$ ms) を用いて計測した可視発光の時間発展の一部を示す。カメラに発光が記録された時間を $t = 0$ とした。炭素棒電極から発光が起こり、8 ms 後には水面全体が発光し、火の玉が成長していく。火の玉は約 180 ms で炭素棒電極から離れ、この放電では約 230 ms で消失した。 $NaHCO_3$ のみならず、 Na_2CO_3 , $NaNO_3$, Na_2SO_4 , Li_2CO_3 , Li_2NO_3 溶液を用いて実験を行ったが、きれいな球形の火の玉は $NaHCO_3$ のみで発生した。可視発光スペクトルの時間発展の一例を図 1 (d)-(f) に示す。水槽底面から約 4.5 cm の高さからの発光を集光レンズ・光ファイバーを介して分光器に導き、 $\Delta t \sim 58$ ms ほどのスペクトル計測を行った。放電初期 [図 1 (d)] には、Na, K, Li, Ca 原子に加え Ca イオンからの発光が観測され、Na 原子の共鳴線 (588.9, 589.5 nm; 励起エネルギー = 2.1 eV) が最も強く発光した。 $t = 58$ ms [図 1 (e)] では励起エネルギーの高いイオン・原子からの発光は消え、同定できていない分子様のスペクトルが現れた。この分子様発光は $t = 290$ ms には消え [図 1 (f)], $t = 406$ ms からは Na 原子共鳴線のみが発光した。

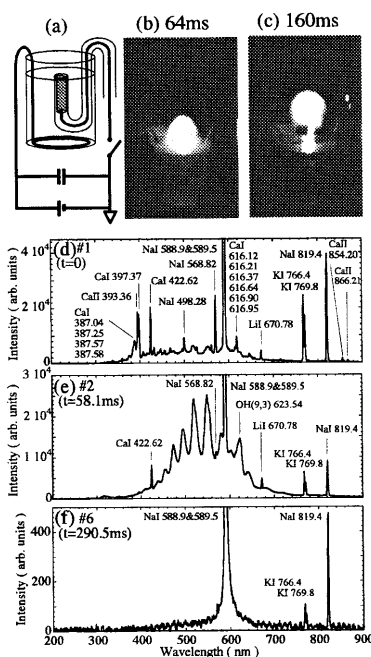


図 1 (a) 実験セットアップ, (b), (c) 火の玉の時間発展. (d)-(f) 水槽の底から 4.5 cm の水中で観測した可視発光スペクトル時間発展.

01pC04 Modification of the damping rate of the oscillations of a dust particle levitating in a plasma due to the delayed charging effect

¹大野哲靖, ²PUSTYLNİK, M., ²高村秀一

¹名大エコトピア, ²名大工,

¹OHNO Noriyasu, ²PUSTYLNİK, M., ²TAKAMURA Shuichi

¹EcoTopica Science Institute, Nagoya Univ., ² Graduate School of Engineering, Nagoya Univ.,

Dusty plasmas have recently attracted the attention of researchers as systems available for observation at the kinetic level and have been studied in many aspects, such as phase transitions, waves, response to different external influences and instabilities. As the charge accumulated on dust particles depends on the surrounding plasma parameters, it will be changing if a dust particle moves in the nonuniform plasma medium. However, due to the finite charging time actual charge on the dust particle should be different from the equilibrium value. This phenomenon is known as the 'delayed charging effect' (DCE). DCE has been proposed to cause the self-excited oscillations of the dust particles [1] and the self-excited transverse dust lattice waves observed at low neutral gas pressures [2].

DCE term of the damping rate is in strong dependence on plasma parameters and may be positive as well as negative, so that net damping rate may also acquire negative values. Therefore, direct measurements of the damping rate, performed in this work, are supposed to give much more information about DCE.

A levitating dust particle is illuminated with a He-Ne laser sheet and the scattered light is registered with an image-intensified CCD video camera. The frame rate of the video camera is set to 250 fps with exposure time of 2 ms. Spatial resolution of the imaging system is 13 μ

m/pixel. Position of a dust particle is determined in each frame and the obtained trajectory is analyzed (FIG. 1). In FIG.2, at pressures lower than 0.6 Pa, significant deviations of the damping rate from the values predicted by the Epstein formula are found in the experiment. The delayed charging effect is applied for the theoretical explanation of the experimental results. Qualitative agreement between the theoretical and experimental data is obtained[3].

[1] S. Nunomura *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **83**, 1979 (1999).

[2] T. Misawa *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **86**, 1970 (1999).

[3] M. Pustylnik *et al.*, to be appeared in *Phys. Rev. E*.

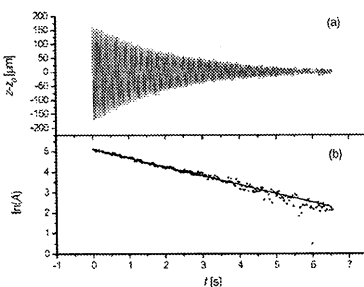


FIG. 1: Example of a trajectory (a) and extracted amplitudes (b) fitted with a linear curve (solid line). Damping factor $\beta = 0.43$ s⁻¹

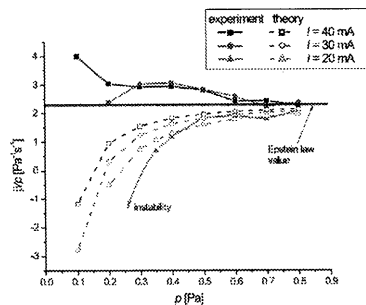


FIG. 2: Dependence of ratio β/p on pressure.