フェムト秒レーザー誘起液中プラズマ生成に伴う水和電子の生成、消滅挙動

Dynamics of solvated electrons with femtosecond laser-induced plasma generation in liquid

東大院新領域 [1]，産総研オペランド OIL [2]，学振特別研究員 [3] ○榊原 教貴 [1,2,3]，伊藤 剛仁 [1]，寺嶋 和夫 [1,2]，伯田 幸也 [2]，三浦 永祐 [2]

The Univ. of Tokyo [1], AIST-UTokyo OPELANDO-OIL [2], JSPS Research Fellow [3], ○Noritaka Sakakibara [1,2,3], Tsuyohito Ito [1], Kazuo Terashima [1,2], Yukiya Hakuta [2], Eisuke Miura [2]

E-mail: n.sakakibara@plasma.k.u-tokyo.ac.jp

【背景・目的】近年、液相を介したプラズマプロセスが材料合成・表面処理から農業、医療に至る幅広い分野で大きく注目を集めている。プラズマと接した液相ではプラズマにより水和電子や H ラジカル、OH ラジカル等をはじめとする多種の活性種が生成され特異的な液相反応が進行する[1]。しかしながら、反応場の複雑さゆえに反応活性種の挙動計測は困難を極め、特にプラズマ誘起液相反応場に大きく関与すると考えられる水和電子に関しての報告例は数少ない[2]。本研究では、プラズマ反応場での水和電子の生成、消滅挙動の解明を目的に、ポンプ—プローブ計測システムを構築し[3]、フェムト秒レーザーで誘起された液中プラズマ反応場における水和電子挙動の時空間分解計測を行った。

【実験方法】チャープパルス増幅により出力されたフェムト秒レーザーパルスをプラズマ生成用のポンプ光、及び時間分解計測用のプローブ光として用いた。超短パルス光を用いることで、高密度なプラズマ生成および高い時間分解能が可能となる。Fig. 1(A)に示すようにポンプ光（800 nm, 50 fs, 5 mJ）を集光することで液中プラズマを生成し、水和電子の吸収ピーク波長に近い 800 nm のプローブ光（50fs, < 0.1 mJ）をポンプ光と垂直な方向から入射させることで、シャドウグラフ像および透過率の経時変化を取得した。同時に、レーザー干渉法により自由電子の密度を推算した。

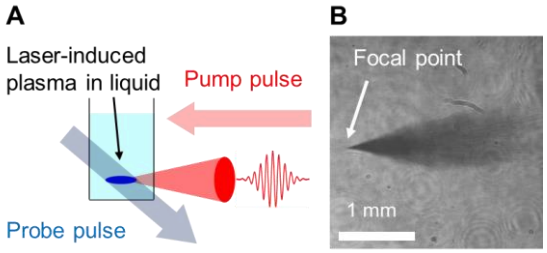


Fig. 1 (A) Experimental setup (B) Shadowgraph image of laser-induced plasma [3, 4]

【結果】Fig. 1(B)のシャドウグラフ像に示すような液中生成プラズマに対し、純水中においては数 100 ps から 1 ns に至る比較的急峻な水和電子の消滅と数 ns 以上に渡る緩やかな水和電子の消滅が観測された。一方で、電子捕捉剤である 0.4 M の NO_3^-の添加により水和電子の寿命は 90 ps 程度へと著しく低下した。純水中における水和電子の本挙動において、親カチオンとのクーロン力によるジェミネート再結合[5]および周囲の水分子を介した水和電子の自己再結合反応（$2e_{aq}^- + 2H_2O \rightarrow H_2 + 2OH^-$）に加え、ピコ～ナノ秒スケールでのプラズマ生成に伴う自由電子のさらなる水和の影響が示唆された。本発表では、以上の水和電子の生成、消滅挙動について詳細に報告する。

References [1] P. J. Bruggeman *et al., Plasma Sources Sci. Technol.* **25** (2016) 053002. [2] P. Rumbach *et al., Nat. Commun.* **6** (2015) 7248. [3] N. Sakakibara *et al.,* the 80th JSAP autumn meeting, Sapporo, Sep.18–21, 2019, 20a-B11-8. [4] N. Sakakibara *et al.,* to be submitted. [5] H. Liu *et al., J. Phys. Chem.* **93** (1989) 27–28.

© 2020年 応用物理学会