極短ギャップ放電における酸素原子の TALIF 分光計測と温度推定

Atomic oxygen measurement and temperature estimation in short-gapped discharge

首都大院 システムデザイン　○中川 雄介，川北 拓弥，内田 諭，栃久保 文嘉

Tokyo Metropolitan Univ.　Yusuke Nakagawa, Takuya Kawakita, Satoshi Uchida, Fumiyoshi Tochikubo

E-mail: yu-nkgw@tmu.ac.jp

1. はじめに

オゾナイザは、最も普及している大気圧プラズマ産業応用の一つである[1]。近年のオゾナイザでは極短ギャップ放電による高濃度・高効率オゾン発生が実現されている一方、純酸素中の放電を継続するとオゾン発生効率が漸減する「オゾンゼロ現象」が報告されている。オゾンゼロ現象に対し、回避策の実験的検討や発生機構に関する研究も進められているが[2,3]、詳細なメカニズムは解明されていない。本研究では、オゾンゼロ現象解明の足掛かりとして、オゾン生成反応において重要な酸素原子について、極短ギャップ放電における密度時間変化測定及び温度の推定を行った。

2. 実験方法

酸素原子密度の測定は、二光子励起レーザー誘起蛍光法(TALIF)[4]により行った。実験装置構成を図 1 に示す。チャンバ内に配置した一対の電極に対し、パルス高電圧を印可してプラズマを生成した。高電圧電極は φ20 mm の SUS 球、接地電極は外径 20 mm, 長さ 30 mm の SUS 円筒であり、チャンバ内には O_2 を 1 L/min で流通した。電極間ギャップ長は 0.5 mm とした。放電空間に比べて十分大きな曲率半径をもつ球対棒電極構造を採用することで、放電ギャップ間を準平等電界とすると共に、短ギャップ放電空間へのレーザー光集光を可能とした。YAG 励起色素レーザーの第二高調波発生(SHG)により波長 226 nm 光を発振し、プラズマで生成された酸素原子に対して照射した。集光位置(計測位置)は放電ギャップの中心部とした。TALIF 観測蛍光は 855 nm±20 nm のバンドパスフィルタを通し、光電子増倍管を用いて観測した。電圧印可とレーザー発振との間の時間間隔 τ を変化させることで、プラズマ発生後の酸素原子相対密度の時間変化を測定した。

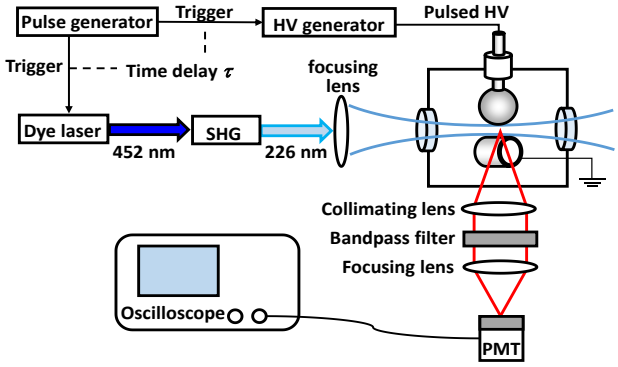

図 1.　酸素原子 TALIF 計測の実験系概略

3. 結果と考察

酸素原子相対密度の時間変化測定結果を図 2 に示す。図 2 より、放電で生成された酸素原子は放電後 50 μs までに急速に減少していることが分かる。酸素原子密度の減衰は主に

$$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M \qquad (1)$$

の反応によるものであるが、式(1)の反応速度はガス温度に大きく依存する。よって、酸素原子密度の減衰からガス温度を推定することが可能である。ガス温度をパラメータとして酸素原子の減衰に関する化学反応シミュレーションを行い、測定結果と比較した。ガス温度を 380, 480, 580 K として計算した酸素原子密度の減衰シミュレーション結果を図 2 内に併記した。シミュレーション結果と測定結果を比較したところ、放電場のガス温度はおよそ 480 K と推定できた。

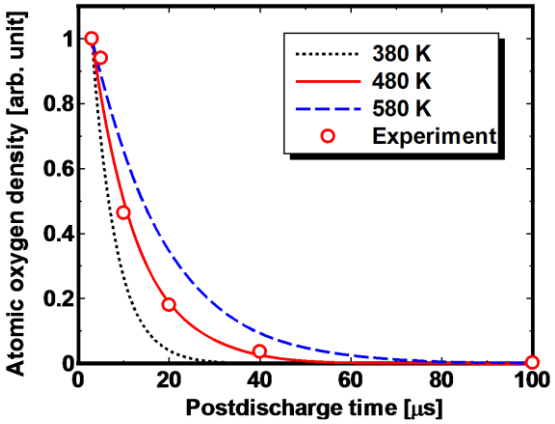

図 2.　酸素原子相対密度の時間変化測定結果

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17H06987 の助成を受けたものです。

参考文献

[1] B. Eliasson, et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **20**, 1421 (1987)
[2] M. Taguchi et al., *Eur. Phys. J. Appl. Phys.*, **55**, 13805 (2011)
[3] R.-C. Hsiao, et al., *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **43**, 665 (2015)
[4] W. K. Bischel, et al., *Chem. Phys. Lett.*, **82**, 85 (1981)

© 2018年 応用物理学会