

大気圧直流グロー放電における自己組織化した発光模様の形成における酸素ガスの役割

The role of oxygen gas in self-organized luminous pattern formation in atmospheric-pressure DC glow discharge

北大工[○](D2)宮崎 俊明, 佐々木 浩一, 白井 直機

Hokkaido Univ., [○]T. Miyazaki, K. Sasaki and N. Shirai

E-mail: shun_me77@eis.hokudai.ac.jp

【はじめに】

大気圧直流グロー放電の陽極近傍で生じる自己組織化した発光模様の形成メカニズムは未解明であり、その理解には模様を伴うプラズマの特性を把握することが重要である。我々はこれまで、模様形成には O_2 ガスの存在が重要であることから負イオンの存在が鍵を握ると考えていた[1]。一方で、大気圧よりも中性粒子数密度が低い低圧プラズマでも模様形成されたという報告もある[2, 3]。そのため、大気圧プラズマでの模様形成時には温度上昇による粒子数密度の低下が生じている可能性があることを予想した。我々が実際に計測した結果、開放空気中での放電において模様のできる条件ではガス温度が高いことが確認され、そのことを前回の応用物理学会にて報告した。今回は放電周囲に O_2 および N_2 シーガス流した条件においてプラズマ中のガス温度を測定し、模様形成における O_2 ガスの役割について考察する。

【実験方法】

実験装置概略を図1に示す。電極構造は文献[1]と同様にして、直流グロー放電を発生させた。液体陽極には1%の塩化ナトリウム水溶液を使用した。Heガスおよびシーガス流量はそれぞれ300 sccmおよび1000 sccmで一定とした。陽極-陰極間の距離(4-10 mm)および電流(20-80 mA)を変化させたそれぞれの条件において、OHラジカルのレーザー誘起蛍光法(LIF)およびレイリー散乱を用いて気相部におけるガス温度分布を求めるとともに、液体陽極近傍での模様の変化を観察した。レーザー光はプラズマに対して横方向から入射し、LIF信号およびレイリー散乱信号はレーザー方向に対して垂直な方向からICCDカメラを用いて計測した。

【実験結果および考察】

図2にはHeガス流量、電極間距離、電流値をそれぞれ300 sccm, 10mm, 60mAとして、(a) O_2 シーガス、(b) N_2 シーガスを流した条件でのOHラジカル回転温度分布を示している。図2(c)は(a)および(b)と同じ条件において、レイリー散乱光強度から推定した液体陽極から2mm上部でのガス温度分布を示す(放電中心は10mmの位置)。模様形成は、(a)の条件では生じるが(b)の条件では生じなかった。大気圧下では回転温度と並進温度がおおよそ等しいため、図2(a)および(b)はガス温度分布を表している。模様が形成される(a)の条件では、放電部の温度が約3000 K程度まで高くなる傾向がみられ、これは模様の形成されない(b)の条件よりも高い温度であった。放電部での温度分布の勾配は、(a)での傾きの方が(b)よりも大きかった。そして、これらの傾向はレイリー散

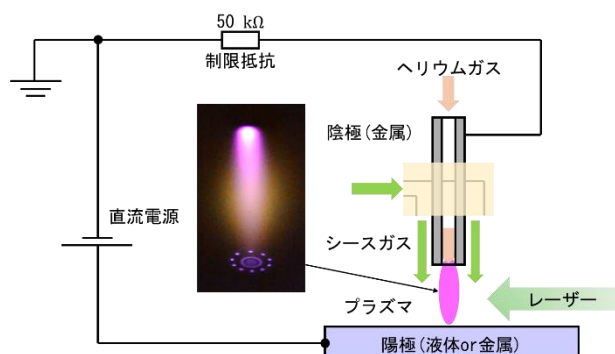


図1: 直流グロー放電生成装置および陽極での模様

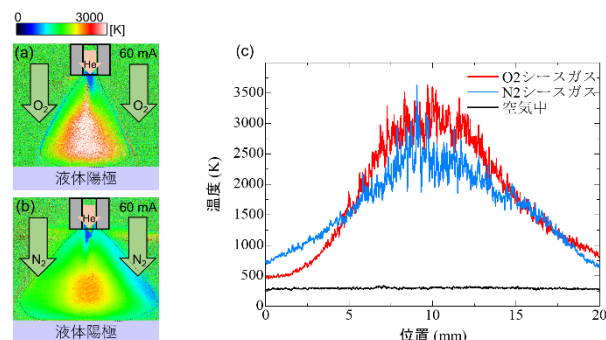


図2: OHラジカル回転温度分布:(a) O_2 シーガス、模様あり(b) N_2 シーガス、模様なし、および(c)レイリー散乱信号より算出した温度分布

乱を用いて算出した温度(c)の結果とよく一致していた。大気圧プラズマでは、純 N_2 ガスのプラズマよりも空気プラズマの方が高いガス温度になるという報告は他にもあり[4, 5]、今回の結果と合わせて考えると、模様形成を伴うプラズマにおける O_2 ガスの役割は、プラズマ中でのガス温度を高くすること、あるいは温度勾配を変化させることであると考えられる。そのため、大気圧プラズマにおいて模様形成される条件では、低圧プラズマと同程度(> 0.1気圧)にガス密度が低くなっていることが示唆されており、これは大気圧プラズマと低圧プラズマにおける模様形成のメカニズムが基本的には同様であることを示している可能性がある。講演では、密閉チャンバー中において放電を生成し、大気圧よりも圧力を低くした条件(0.1~1気圧)での模様形成を観察した結果も合わせて報告する。

参考文献

- [1] N. Shirai, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 23, 054010 (2014).
- [2] K. Schoenbach, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 13, 177 (2004)
- [3] S. Nasuno, Chaos 13, 1010-1013 (2003)
- [4] D. Staack, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 17, 025013 (2014)
- [5] K. Tomita, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 55 066101 (2016)