

ヘリウムガス雰囲気中での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 および放電部でのガス温度・密度の推定

Self-organized luminous pattern formation in DC glow discharge in helium gas atmosphere and estimation of gas temperature and density in the 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】

液体を陽極に用いた大気圧直流グロー放電生成時に、液体陽極近傍に自己組織化した発光模様が観察されることが報告されている[1]。これまでに液体の導電率や電解質の種類を変えたときに模様が変わったという報告はあるものの[2]、この現象がプラズマ液体相互作用に特有なのか否かはよく分かっていない。模様は金属陽極でも確認され、また電極構造は異なるが低ガス圧環境・希ガス雰囲気での模様形成も報告されている[3]。これらのことを考慮すると、液体陽極放電における模様形成と同様の現象であることが予想される。大気圧空気中でHeガス流に沿う液体電極放電の実験系でも、模様形成に重要な条件は、液体の性質というよりも、ガス温度・密度であることを我々は報告した[4]。本研究では、Heガスのみを用いた場合でも低圧条件下では模様形成されることを期待し、チャンパー内でHeグロー放電を発生させて、模様形成および放電部でのガス温度・密度を調べた結果を報告する。

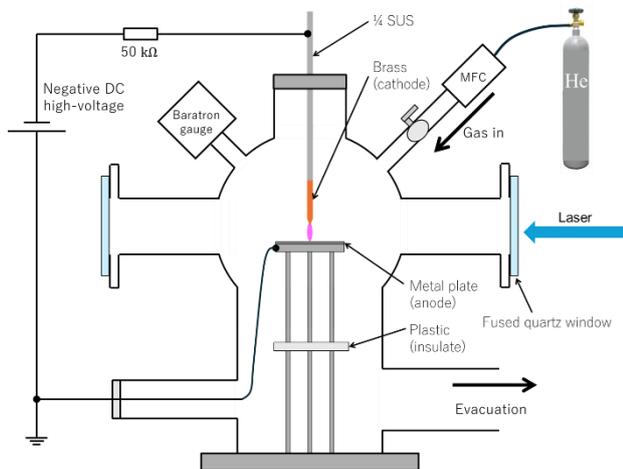


図1 放電生成装置および実験概略図

【実験方法】

実験装置の概略図を図1に示す。先端を尖らせた真鍮製の陰極と金属平板陽極の間に直流高電圧を印加し、チャンパー内に直流グロー放電を発生させた。チャンパー内は、ダイヤフラムポンプで数 Torr 以下の圧力まで排気した後、Heガスを導入してチャンパー内の圧力を設定した。チャンパー内の圧力(0.1~1.0 atm)、放電電流(1~80 mA)、電極間距離(1~10 mm)を変化させ、模様が形成されるかを調べた。レーザー光をプラズマに対して横方向から入射し、レーザー方向に対して垂直な方向から ICCD カメラを用いてレイリー散乱光強度を計測し、放電部におけるガス温度・密度分布を求めた。

【実験結果および考察】

図2には、本研究で観察された模様の例を示す。

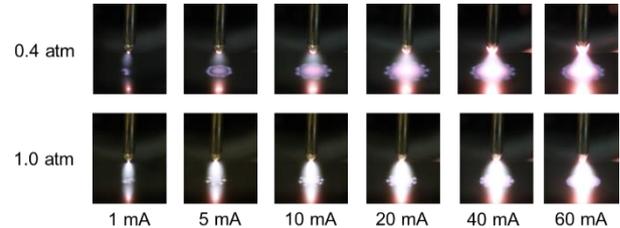


図2 電極間距離 10 mm として圧力および放電電流を変化させたときの模様の様子

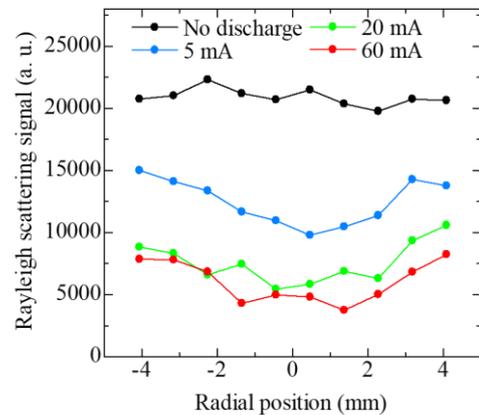


図3 陽極の3 mm 直上におけるレイリー散乱光強度分布(電極間距離 10 mm, 1 atm)

これまでに針-平板の電極構造を用いた希ガスグロー放電での模様形成の報告はなかったが、図2に示すように、今回初めて模様の観察に成功した。電極間距離が10 mm のときは、0.1~1.0 atm のすべての圧力で模様を観測できる条件を見つけることができ、模様の構造は圧力と放電電流に依存していた。開放空気中で He ガス流を用いた先行研究では模様ができなかった低電流 (<10 mA) でも、模様が観察された。模様は電極間の距離が長くなるほど形成されやすく、模様の径方向の大きさは、放電電流が大きい、または圧力が低いほど大きくなった。

図3には、圧力1 atm、電極間距離10 mmでの陽極から高さ3 mmの位置におけるレイリー散乱光強度分布を示す。放電電流の増加に伴い放電部での信号が低下し、分布も変化していた。この信号強度はガス密度に比例するため、圧力を一定と仮定すると、放電電流の増加に伴い模様が変わるとともに、ガス温度・密度およびその分布も変化していることが分かった。この結果から、開放空気中での放電と同様に、Heガスのみの放電でもガス温度・密度が模様形成に対して重要なパラメータであることを示していると考えられる。

参考文献

- [1] N. Shirai, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 23, 054010 (2014).
- [2] J. E. Foster, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 29, 034004 (2020).
- [3] K. Schoenbach, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 13, 177 (2004).
- [4] T. Miyazaki, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 33, 115007 (2024).