

# 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形成の外部電場による制御

## Control of self-organized luminous pattern formation in atmospheric-pressure DC glow discharge using external electric field

北大工 〇(M2)宮崎 俊明, 白井 直機, 佐々木 浩一

Hokkaido Univ., 〇T. Miyazaki, N. Shirai and K. Sasaki

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観察され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る。一般的に、自己組織化模様は「反応拡散系」と言う2変数連立偏微分方程式を用いて再現でき、そこでは反応および拡散（輸送）によって密度が増減する2つの生成因子が必要となる[1]。プラズマでの模様形成には、水蒸気や酸素ガスなどの負性ガスの存在が重要である[2]。そこで我々は、生成因子・反応プロセスおよび拡散（輸送）プロセスとして、負イオン密度と電子密度の増減および径方向電場による輸送が重要であると予想している。本講演では、放電の周囲に酸素シーガス流した条件において、He ガス流量の増加および外部電場の有無に対する模様変化を調べた結果に加えて、それぞれの条件においてレーザー光脱離法を用いて負イオン相対密度を計測した結果を報告する。

### 【実験方法】

実験装置の概略を図1に示す。電極構造は文献[2]と同様にして、直流グロー放電を発生させた。陽極には金属および1%NaCl水溶液を使用した。外部電場を与える金属のリング電極は陽極の直上付近に設置しており、径方向に電場が発生するように1kVの電圧を印加した。陽極-陰極間の距離は12mmと一定にし、放電の周囲に酸素シーガスを流した。電流(20-60mA)およびHeガス流量(150-350ccm)を変化させたそれぞれの条件において、外部電場を与えた際の模様形成の様子を観察し、加えてレーザー光脱離法(文献[3]と同様の手法)を用いての負イオン相対密度の計測を行った。

### 【実験結果および考察】

図2には電流30mAにおいて模様が変化の様子を示す。Heガス流量の増加に伴い気相部のプラズマの発光が弱くなり模様も変化した。模様の形成されるHeガス流量150~300ccmでは外部電場によって模様が変わったのに対して、310ccm以上では模様が形成されず外部電場による変化も起こらなかった。また、酸素シーガスが無い条件では外部電場に対して模様は変化せず、リング電極の電圧の極性を変えた場合は大きな変化がなかった。図3にはHeガス流量に対する負イオン相対密度を示す。プラズマ中の負イオン密度はHeガス流量の増加に伴って増加しており、模様の形成されないHeガス流量300ccm以降で特に大きく増加していた。以上の結果

は負イオン密度の比率が高すぎると模様が形成されないことを示している。また、Heガス流量により生成因子の1つと予想される負イオン密度を変化させることができ、ある条件では電場による電子や負イオンの径方向の外側への拡散（輸送）を強めて模様を変化させることができると分かった。以上より、負イオン密度の比率および拡散（輸送）プロセスを制御することにより意図的に形成される模様を制御できる可能性がある。

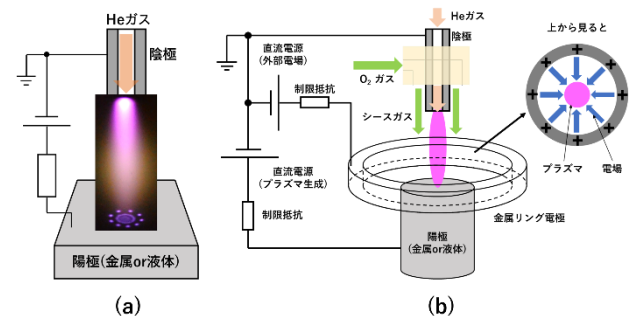


図1：(a)自己組織化模様を伴う直流グロー放電生成装置および (b)外部電場発生装置

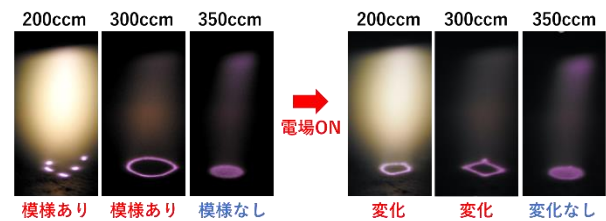


図2：各He流量において外部電場を与えた際の模様変化の様子(周囲に酸素シーガスあり)

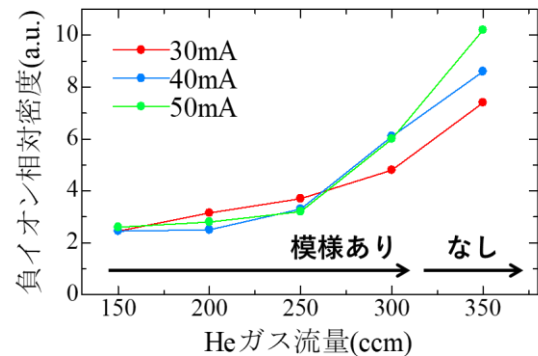


図3：He流量に対する負イオン相対密度

### 参考文献

- [1] A. Turing, Philosophical Transactions of the Royal Society (1952).
- [2] N. Shirai, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 23, 054010 (2014).
- [3] K. Sasaki, *et al.*, Plasma Sources Sci. Technol. 29, 085012 (2020).