

大気中 He ガス流のガス加熱を考慮した大気圧直流グロー放電の数値解析

Simulation of DC Glow Discharge along He flow in Atmospheric Air with Gas Heating Effect

首都大院理工¹ ○(M1) 北野 絢一¹, 中川 雄介¹, 内田 諭¹, 朽久保 文嘉¹

Tokyo Metropolitan Univ.¹, ○Kenichi Kitano¹, Yusuke Nakagawa¹, Satoshi Uchida¹, Fumiyoshi Tochikubo¹

E-mail: kitano-kenichi@ed.tmu.ac.jp

1. はじめに

大気圧直流グロー放電は大気圧非平衡プラズマの一形態である。特に、He ガスなどの希ガス流を用いることで、希ガス流に沿って安定した直流グロー放電が得られる[1]。大気圧直流グロー放電では、LF プラズマジェットや誘電体バリア放電などのパルス放電と比べてエネルギー密度が高く、ガスが加熱されやすい。また、陰極降下領域ではイオン風を発生しやすい。本研究は、ガスの流体解析とプラズマ解析を連成することにより、ガス加熱に伴う熱的作用の考慮など、より実態に近い放電特性を解析・検討する。先行研究でも同様のアプローチを行なったが[2]、本研究では流体解析を見直し、より広い条件下での解析を行なった。

2. 解析手法

本研究で扱う非平衡プラズマは大気圧 N₂ 中で He 流に沿って生成される直流グロー放電である。He ガス流の解析を行う流体解析、この結果のガス分布下でのプラズマ解析に分けて解析した。

解析モデルを Fig. 1 に示す。内径 500 μm 、外径 800 μm の金属ノズルを陽極とし、ここに 500 V の電圧を印加する。陰極は 1 mm 離れた平板である。ノズル電極から He 流を流速 17 m/s (流量 200 sccm) で導入する。流体解析では圧縮性流体を扱うため、質量保存則、運動量保存則、エネルギー保存則を支配方程式とする。プラズマ解析では数密度連続式、ポアソンの式、電子エネルギー保存式を支配方程式とする。プラズマ解析で得たジュール加熱、及び体積力を流体解析で与え、また、流体解析で得たガス密度分布をプラズマ解析に用いることで連成している。

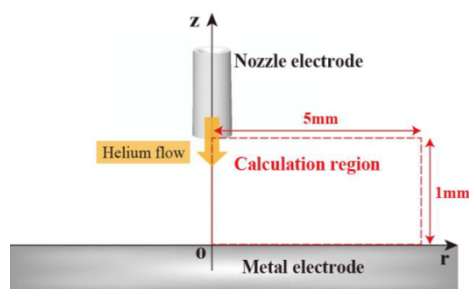


Figure 1. Model for simulation

3. 解析結果

Fig. 2 は He 流速 17m/s の連成前後の He モル分率分布、及び連成後のガス温度と電子密度の分布である。プラズマ生成の結果としてガスが加熱されるが、本研究では電子の弾性衝突によるエネルギー移行がより支配的であった。加熱された箇所は最大で 1514 K に達し、この部分を中心にガスが膨張する。その結果、He モル分率分布も径方向に広がったものとなっている。電位分布は通常の直流グロー放電様であり、平板電極前面に陰極降下領域が形成される。電子密度は陽極前面に置いて高くなるが、これは陽極近くでガス密度が高く、輸送される電子の減速に伴うと考えられる。

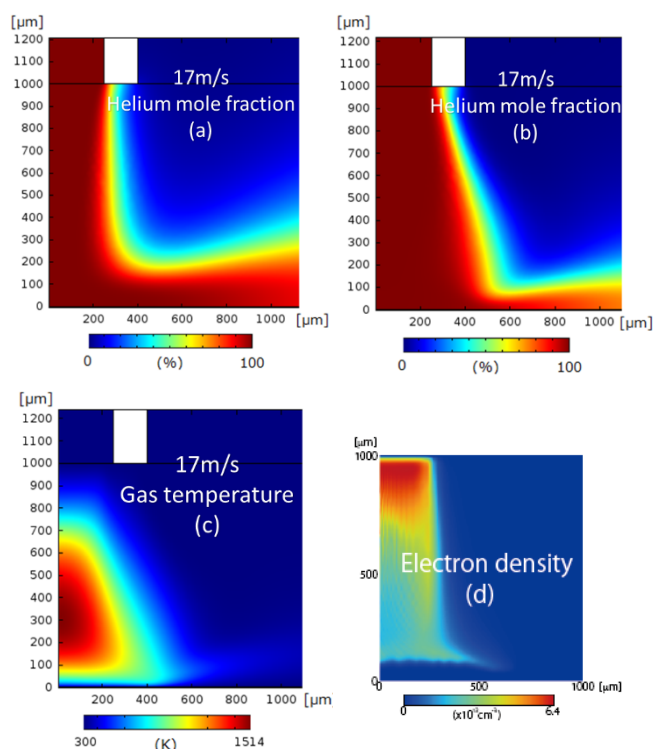


Figure 2. Distributions of (a) initial helium mole fraction, (b) helium mole fraction, (c) gas temperature and (d) electron density with consideration of influence of dc glow discharge.

参考文献

- [1] N. Shirai et al., Plasma Sources Sci. Technol. **20** (2011) 034013.
- [2] 吉田拓真他, 第 59 回応用物理学関係連合講演会 16p-A7-15 (2012)