

直流グロー放電と光電子励起放電のラングミュアプローブ測定  
Langmuir Probe Measurements of DC Glow Discharge and Photo-electron Induced Discharge

1250145 船越 貫太郎 (プラズマ応用研究室)  
(指導教員 八田 章光 教授)

1. 背景と目的

鷹林将らによって光電子放出援用プラズマ CVD による薄膜合成が報告されている。[1]また、スクマらにより、光電子励起放電を用いて大気圧でも安定した直流放電が報告された。[2]光電子励起放電は、石英ガラスに金薄膜を成膜し、UV 光を金薄膜の裏面から照射し、光電陰極とすることによる放電方式である。しかし、現在の光電子励起放電は一般的な放電方式であるグロー放電と比べ、放電電流が小さいという問題がある。筆者らは光電子励起放電の放電電流を大きくすることを目標とした。本研究では、プラズマの実験に必要なプラズマパラメータを測定することを目標とし、測定方法としてラングミュアプローブ測定を行った。また、大気圧ではプラズマのサイズが小さくプローブ測定が困難であるため、低圧中で実験を行った。

2. 実験方法

実験装置を図 1 に示す。内径 25mmΦ、長さ 10cm の円筒型ガラス管を放電管として、石英ガラス縦横 40mm×40 mm×1mm に金薄膜を膜厚 9nm、直径 18 mm の円で成膜し、この面を表面としてガラス裏面から UV エキシマランプ（オーク製作所、OEL-172-040FSS）を照射する。金薄膜を光電陰極とし、直流高圧電源（DMK-2K10NBX1）を用いて負電圧を印加する。陽極として、ステンレス製円板 14mmΦ、厚さ 0.1mm を用いる。プローブには 0.5mmΦ のタングステンを使用し、2mm を測定電極とする。

放電条件は、放電ガスを水素（圧力 60Pa、水素流量 10sccm）とし、放電電流 101 μA に設定、電極間距離を 5cm とする。プローブの位置を Z 軸（円筒放電管の軸）方向に変化させながらプローブ測定を行う。また、比較対象として同条件で、陰極に NW25 ブランクフランジに、金薄膜 135nm を成膜したものを陰極としてグロー放電のプローブ測定を行う。

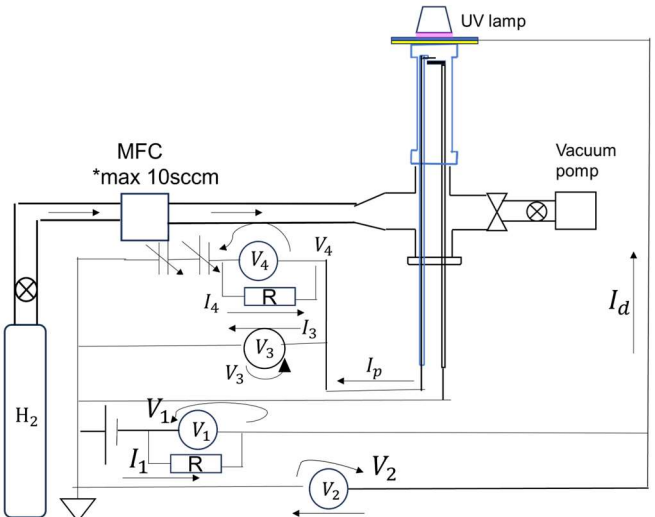


図 1 実験装置

3. 実験結果・考察

表 1、表 2 に陰極からの距離 Z(cm)における光電子励起放電とグロー放電の電子温度を示す。グロー放電ではプローブの位置の変化に伴って、電子温度・電子密度の変化は確認されなかった。対して、光電子励起放電の電子温度は、プローブの位置が陰極から離れるごとに小さくなり電子密度はプローブが陰極から離れるごとに大きくなっていくことが分かった。

た。

表 1、表 2 の結果から電子温度が陰極から離れると小さくなることについて考察する。光電子励起放電は、カソードから放出された光電子が、放電ガス分子にぶつかり、電離が起こることにより、電子がなだれ的に増加することで電流増加する。したがって、カソード付近では、電界により加速しているが、電子密度が増加することにより加速効果が弱くなったことで電子温度が小さくなったと考えられる。

表 1 光電子励起放電の電子温度・電子密度

| Z     | 電子温度 $T_e$ [eV] | 電子密度 $N_e$ [ $\text{cm}^{-3}$ ] |
|-------|-----------------|---------------------------------|
| 2cm   | 9.34            | $1.16 \times 10^7$              |
| 3cm   | 4.54            | $1.42 \times 10^7$              |
| 4cm   | 3.90            | $2.47 \times 10^7$              |
| 4.5cm | 3.45            | $2.58 \times 10^7$              |

表 2 グロー放電の電子温度・電子密度

| Z     | 電子温度 $T_e$ [eV] | 電子密度 $N_e$ [ $\text{cm}^{-3}$ ] |
|-------|-----------------|---------------------------------|
| 2cm   | 0.66            | $1.09 \times 10^8$              |
| 3cm   | 0.55            | $1.02 \times 10^8$              |
| 4cm   | 0.62            | $1.24 \times 10^8$              |
| 4.5cm | 0.70            | $1.16 \times 10^8$              |

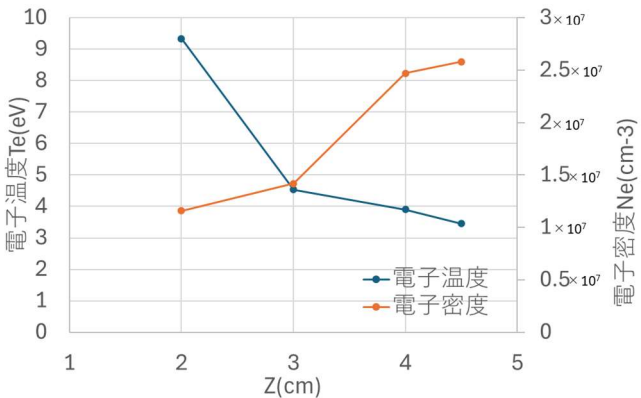


図 2 電子温度と電子密度のプローブの位置による変化

4. まとめ

グロー放電は、プローブの位置の変化による、電子温度・電子密度の変かは確認されなかった。対して、光電子励起放電は、陰極から離れるごとに、電子温度は小さくなり、電子密度は大きくなることが分かった。光電子励起放電はなだれ的に電子が増加するため、陰極から離れるごとに電子密度が大きくなり、電子の加速効果が弱くなったからだと考えられる。また、グロー放電と比較して電子温度が高くなることが分かった。

参考文献

[1] Formation of Diamond-Like Carbon Films by Photoemission-Assisted Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition, 21 Oct 2013  
[2] Photoemission-induced atmospheric-pressure DC gas discharge using back-illuminated nano thickness photocathode, 31 Oct 2022