

ハイパワー密度エキシマランプを用いた 直流グロー放電と光電子励起放電の電流電圧特性

Current-Voltage Characteristics of DC Glow Discharge and Photo-electron Induced Discharge Using High-Power-Density Excimer Lamp

近藤 恵志郎 (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ている。[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放電方式である。本研究では、水素ガス圧力および電極間距離が放電形態の遷移に与える影響を調査する。具体的には、光電子による制御可能な放電状態から、陰極の破壊を伴う自持的な放電状態へと移行する臨界点を、電流電圧特性および発光の様子の観測から特定する。

2. 実験方法

光電子励起放電測定のための実験装置を図 1 に示す。放電管は NW25 パイレックスガラス管、陽極は 14mm Φ、厚さ 0.1mm の SUS304 板である。陰極には 40mm×40mm の石英ガラスに中央の 20mm の光電面には膜厚 9nm で金薄膜を成膜し、その周囲の面に電極として膜厚 150nm で金薄膜を成膜したものをを用いる。ランプには波長 172nm、Xe エキシマランプを用いる。陽極側は接地し、陰極側に負電圧を印加する。放電条件は、放電ガスを水素厚さ()また、事前に同条件で、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直流グロー放電の測定を行った。

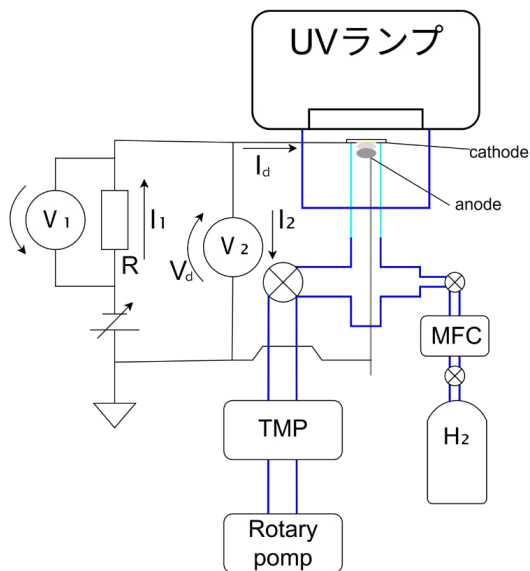


図 1 光電子励起放電測定のための実験装置

3. 実験結果

図 2 に実験結果の一部として光電子励起放電(H₂:100Pa,電極間距離 4cm)の測定結果と放電中の発光の様子を示す。電源電圧を上げていくと放電電圧が上昇し、放電電流が指数関数的に増加するところで陽光柱が観測された。ある電圧を境に一瞬のうちに放電電圧が低くなり、放電電流が増加した状態へと遷移すると陽極付近に集中して発光が見られるようになった。さらに電源電圧を上げていくと放電電圧が-246V のところで発光が消失した。

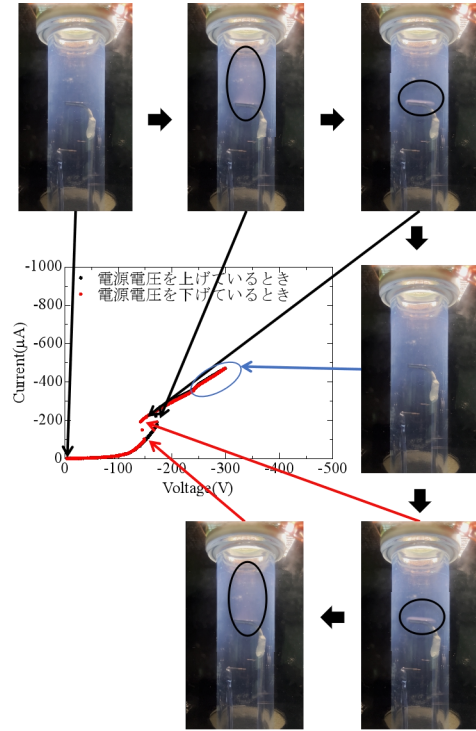


図 2 光電子励起放電(H₂:100Pa、電極間距離:4cm)測定時の電極間の発光の様子

4. まとめ

直流グロー放電の測定では、水素圧力の増大に伴い放電電流が増加し、電極間距離が広いほど放電の維持に必要な電圧が高くなる基本特性を確認した。この結果から算出した最小電源電圧を光電子励起放電におけるスパッタリングによる陰極の劣化を避けるための指針とした。

光電子励起放電では、水素圧力 100Pa、200Pa において、電源電圧の上昇に伴って発光形態が陽光柱から陽極付近に集中した発光へと変化する現象を観測した。これは電流の増加により陽極付近に陽イオンが蓄積し、形成された陽極降下によって電子が局所的に加速されたためであると考えた。さらに水素圧力 100Pa の条件では陽極付近に発光が集中した状態から電圧を上げると、電流は流れるものの発光が消失する現象が確認された。これは放電が自持放電へ移行し、エネルギーがガス励起ではなく、陰極へのスパッタリングに費やされるようになった結果であると推測した。実際に、水素圧力 100Pa、200Pa では測定後にエミッション電流が大幅に減少しており、光電陰極の著しい劣化が認められた。

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