

レーザー光脱離ガルバノ法による大気中直流ヘリウムグロー放電における負イオンの検出

Detection of the negative ions in a He DC glow discharge in air environment

by optogalvanic laser photodetachment

北大工¹, 首都大² ○細田峻平¹, 白井直機¹, 朽久保文嘉², 佐々木浩一¹

Hokkaido Univ.¹, Tokyo Metropolitan Univ.² ○R. Hosoda¹, N. Shirai¹, F. Tochikubo², and K. Sasaki¹

【はじめに】 大気中で生成されるプラズマや水と接するプラズマには、酸素および水蒸気を起源とする負イオンが大量に存在すると予測されるが、大気圧プラズマにおける負イオン密度の計測はこれまでほとんど行われていない。本研究では、空气中で生成されるヘリウム直流グロー放電にレーザーパルスを入射し、それに起因する放電電流の変化を測定する方法（オプトガルバノ法）を試みた。放電電流が変化する理由は、レーザー光脱離によってプラズマ中の負イオンが電子に変換されるためと考えられる。

【実験装置】 金属ノズル電極(内径 500 μm)を陽極とし、それに対向して設置した金属平板または電解質溶液の液面を陰極として、図1の回路を用いて陽極と陰極の間に直流高電圧を印加することにより、大気中においてグロー放電を生成した。金属ノズル陽極から陰極に向かってヘリウムをフローさせている。50 k Ω の抵抗は安定化抵抗で、放電回路に流れる電流を測定するために 50 Ω の抵抗を放電回路に直列に挿入した。プラズマの半径方向から波長 628.6 nm の色素レーザー光を入射した。レーザー光のフルエンスは約 280 mJ/cm²であり、パルス幅は約 10 ns である。この波長の光子エネルギーでは、OH、O、およびO₂から電子を脱離させることができ、このフルエンスにおける負イオンからの電子の脱離率はほぼ 100%である。

【実験結果および検討】 図2は放電回路に流れる電流の時間変化の例を示している。陰極としてステンレス板を用いており、電源電圧は 1.75 kV で、ノズル陽極の先端とステンレス陰極との間の距離は 4 mm である。レーザービームは陰極からの距離が 0-3 mm の範囲に照射されている。図2の横軸の原点は、色素レーザーを光励起するNd:YAG レーザーのQスイッチの時刻である。放電電流は、レーザーパルスが入射された直後に急峻に増加し、その立ち上がり時間は約 12 ns とレーザーのパルス幅に近い値となっている。ピークの後には立ち上がりよりも緩やかな放電電流の減衰が観測された。また、陽極と陰極の間の距離が

図2の条件より短い場合には、図2と同様のパルスの後にそれより低周波の放電電流の振動が観測された。ノズル電極の周りに別のノズルを設置し、ヘリウムガスがフローする領域の外側を酸素(シースガス)で覆った場合には、図2に示すように放電電流の増加が大きくなり、シースガスとして窒素を用いた場合には放電電流の増加が小さくなった。このことから、ヘリウム流の周囲に存在する酸素に起源を持つ負イオンからの光脱離電子が図2の電流変化に寄与している可能性が示唆される。

従来、低ガス圧プラズマで行われたプローブ支援レーザー光脱離計測では、光脱離によって生成された電子をラングミュアプローブで回収することにより負イオン密度を求めていた。本実験の場合には光脱離の影響を放電電流の変化として観察しているので、その結果から負イオン密度を求めるためには放電部のモデル化が必要と考えられ、その結果については講演にて報告したい。

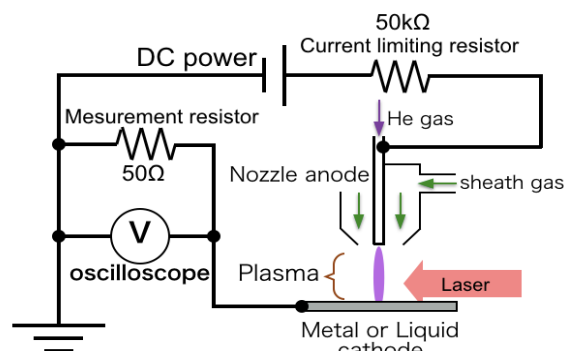


図1 実験装置の概要

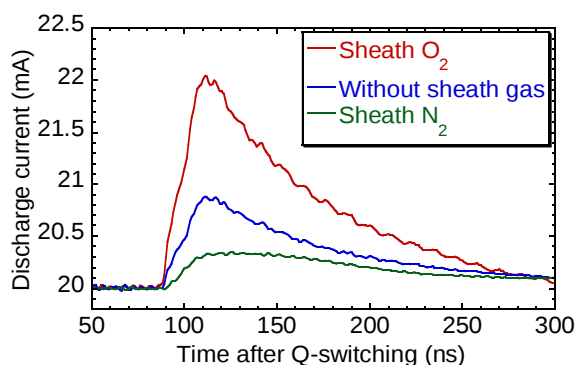


図2 色素レーザーパルスの入射に伴う放電電流の時間変化