

水和電子の光励起脱溶媒和によるヘリウム大気圧グロー放電の放電電流変化

Change in discharge current of He atmospheric-pressure glow discharge

by photo-excited desolvation of hydrated electrons

北大工¹ ○(D1) 稲垣 慶修¹, 佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹, Yoshinobu Inagaki¹ and Koichi Sasaki¹

E-mail: inagaki@eis.hokudai.ac.jp

【はじめに】

プラズマ・液体相互作用において、水和電子は基本的な活性種だと考えられているものの、プラズマで誘起される水和電子の反応過程に関する研究はほとんど手付かずである。その原因の一つは、プラズマによって誘起される水和電子の存在領域が気液界面直下の数 nm の領域に限定され^[1]、この領域の計測が非常に難しいことにある。そこで、我々は気液界面に選択性を持つ光励起脱溶媒和を利用した水和電子の検出手法の開発に着手した。水和電子は、脱溶媒和エネルギーを超える光子エネルギーをもつレーザー光を照射すると、光励起脱溶媒和をおこし、水和電子は自由電子となって気相に飛び出すことが知られている^[2]。脱溶媒和により生成した自由電子のうち、液体分子との衝突による運動エネルギーの損失が小さいもののみが気相に輸送されるため、光励起脱溶媒和を利用すれば気液界面直下 10nm 以下の領域に存在する水和電子を選択的に検出することができる^[2]。本講演では、液体電極ヘリウム大気圧グロー放電の液体電極にレーザー光照射した際の放電電流の時間変化について報告し、これが水和電子の光励起脱溶媒和に起因するものなのかについて考察する。

【実験方法】

図 1 のようなガラス製のチャンバー内で、金属ノズル陽極と液体陰極の間に直流電圧を印加し、ヘリウム大気圧直流グロー放電^[3]を発生させた。ノズルからは流量 150mL/min でヘリウムを流し、加えて放電部の周囲も十分なヘリウム雰囲気にするために、チャンバー内に流量 7L/min でヘリウムを吹き込んでいる。このようにして生成したグロー放電に対して、図 1 のように全反射するような光学配置で、Nd:YAG レーザーの 4 倍高調波(パルス幅 8ns、波長 266nm)を入射し、レーザーパルスに起因する放電電流の増加(オプトガルバノ信号)をオシロスコープで計測した。水和電子の脱溶媒和エネルギーのピークは 3.8eV 程度で、Nd:YAG レーザーの 4 倍高調波で水和電子は十分に脱溶媒和することから、一時的に放電電流が増加するものと考えられる。

【実験結果及び考察】

Nd:YAG レーザーの 4 倍高調波が入射した前後の大気圧直流グロー放電の放電電流の時間変化を図 2 に示す。放電電流はレーザーパルス入射に伴って急峻(立ち上がり時間 7~8ns)に増加し、その後指数関数的に減少した(時定数 170ns 程度)。また、このような放電電流変化は、水和電子を十分に脱溶媒和できない 3 倍高調波(355nm)の照射時には、ほとんど見られなかった。放電電流が変化する要因としては、水和電子の脱溶媒和と負イオンの光脱離が想定されるものの、負イオンが原因であれば 3 倍高調波入射時にも同様の信号が検出されるはずである。このことから、図 2 で捉えられた放電電流の増加は、水和電子の脱溶媒和によるものである可能性が高い。

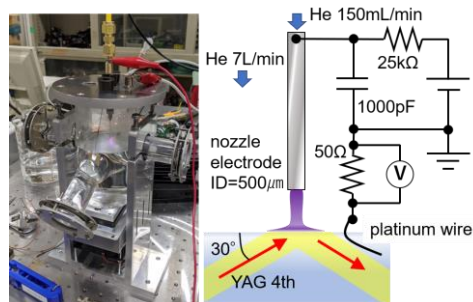


図 1 製作したガラス製チャンバーの外観と実験装置の概略図

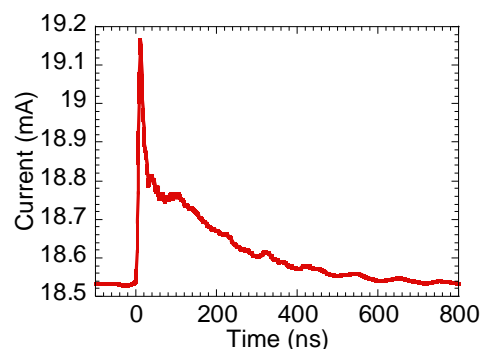


図 2 Nd:YAG レーザーが入射した前後の大気圧直流グロー放電の放電電流の時間変化
文献

[1] P. Rumbach et al., Nat. Commun. 8248, 10.1038 (2015)

[2] D. Luckhaus, et al., Sci. Adv. 3, e1603224 (2017)

[3] N. Shirai et al., Plasma Sources Sci. Technol. 20 034013 (2011)