

高速ガス流を用いた減圧形成によるマイクロ波放電の易化

Easier microwave discharge ignition by low-pressure induced by high-speed gas flow

名大工¹, 名大低温プラズマ², 核融合研³

○(M1)小川泰那¹, (M2)岩田悠揮¹, 鈴木陽香^{1,2}, 豊田浩孝^{1,2,3}

Nagoya Univ.¹, cLPS, Nagoya Univ.², NIFS³

○Taina Ogawa¹, Yuki Iwata¹, Haruka Suzuki^{1,2}, Hirotaka Toyoda^{1,2,3}

E-mail: toyoda.hrotaka.n5@f.mail.nagoya-u.ac.jp

1. 背景

大気圧プラズマは、農業・バイオ等の多くの分野への展開が期待されているが、その一方でプラズマ生成において絶縁破壊電界が高いという課題があり、特に空気や水蒸気環境など、酸素を含むガスを用いた場合には酸素の持つ電気負性によりプラズマ生成がより困難となる。空気をを用いたプラズマ生成で、より低電圧での放電が可能となれば電源に対する要求も低くなり、また放電の熱化を避けることもできるなど、多くの利点がある。我々は、高速ガス流による減圧形成でマイクロ波放電の易化を試みたので報告する。

2. 実験装置

実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。パルスマイクロ波電源（周波数 2.45 GHz, 最大電力 3 kW, パルスデューティ比<50%）からのマイクロ波電力は EH チューナを介してプランジャを有する矩形導波管に導かれる。矩形導波管の E 面中心を貫通するように乾燥空気を通過させるガス流路が配置されており、導波管内では流路は上下に分かれた SUS 流路およびこれを覆う石英管により形成される。また SUS 流路の上下分割部に狭隘部（最小流路径：0.7 mm）を設け、狭隘部での空気流を高速化することにより、ベンチュリ効果によって狭隘部の圧力を減少させることができる。さらに上下流路間のギャップを 0.3 mm とするとともにプランジャにより矩形導波管内部のマイクロ波定在波位置を調整することで、ギャップ間のマイクロ波電界を高め、狭隘部近傍のギャップ内にマイクロ波プラズマを生成する。導波管 H 面に設けた小窓を用いてプラズマからの発光を分光器（波長分解能：8.8 pm）により計測した。

3. 実験結果

プラズマ生成実験に先立ち、ベンチュリ効果による減圧環境の形成を確認する実験を行った。石英管と同形状のアルミ管を用意し、その側面に設けた小穴により導入ガス流量に対するギャップ内の圧力を測定した。その結果、ガス流量、すなわちガス流速の増加にともないギャップ内の圧力が減少し、ガス流量 25 slm において絶対圧力~0.5 気圧(~50 kPa)が得られることを確認するとともに、圧力減少が流速の 2 乗にほぼ比例していることからベルヌイの法則で予想される結果である

ことが確認された。次に、流路を石英管としてプラズマ生成を試みたところ、空気流量の増加にともない放電開始のマイクロ波電力が低下することが確認された。これは大気圧からの圧力減少にともないマイクロ波絶縁破壊電界が低下する¹⁾ことから説明できる。

放電時のガス温度を評価するため N₂ 発光スペクトルを用いたガス温度計測を行った。Fig. 2 に実験で得られた N₂ スペクトル（図中赤線）および、回転温度を最適化して実験結果に最もよく合うスペクトルをシミュレーションによって再現した結果（図中青線）を示す。回転温度を変化させることにより N₂ スペクトルをよく再現できており、本実験において得られた回転温度は~1150 K となった。

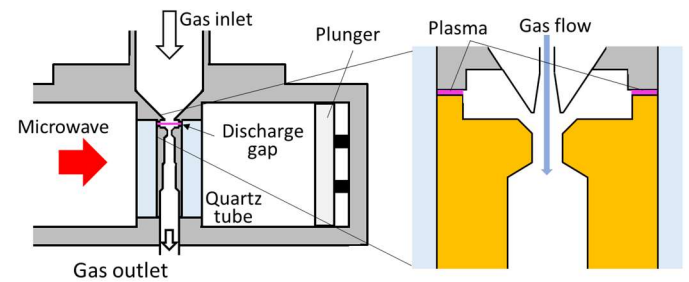


Fig. 1. Schematic of experimental apparatus.

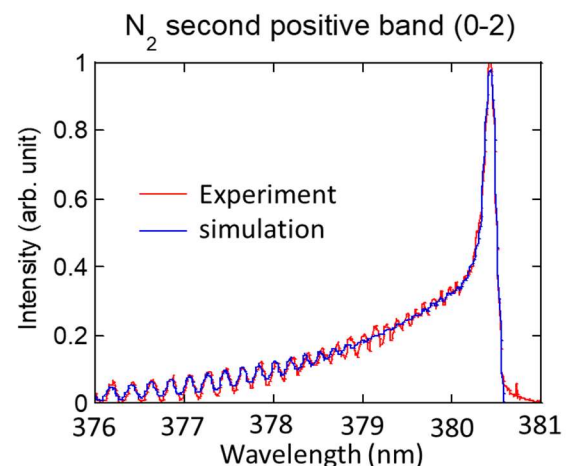


Fig. 2. Measured (red) and simulated (blue) N₂ spectra.

[1] Y.P. Raizer, "Gas Discharge Physics" (Springer, 1991) p.139.