

スロット型大気圧マイクロ波プラズマの時空間分解計測

Spatiotemporal Optical Measurement of Slot-excited Atmospheric-pressure Microwave Plasma

名大工 °馬場賀己, 鈴木陽香, 豊田浩孝

Nagoya Univ. °Yoshiki Baba, Haruka Suzuki, Hirotaka Toyoda

E-mail: y_baba@nuee.nagoya-u.ac.jp

近年、プラズマプロセスにおいて真空装置によるコスト増加や工程の複雑化が問題となっており、大気圧プラズマをプロセスへ応用する研究に注目が集まっている。我々はスロット励起大気圧マイクロ波プラズマに着目し、大面積処理が可能となる長尺高密度マイクロ波プラズマを生成する技術を開発した^[1]。しかし、大気圧下では減圧下と比べてプラズマが拡散しにくく、プラズマと処理対象物との距離がプロセス速度に大きな影響を及ぼす可能性がある。よって、スロット内及びその近傍におけるプラズマの空間構造を把握することが重要である。そこで本研究では、この空間構造特性を把握するためにスロット側面から詳細にプラズマの断面を観測できる新たなプラズマ装置を開発した。そして ICCD カメラを用いることでプラズマの断面における生成過程を観測し、さらにその結果を特性として理解するために発光分光法を用いて空間構造の解明を目指した。

本研究ではスロットの側面を開放するために同軸型のプラズマ装置を開発した。この装置は同軸導波管の外部導体にギャップを設けており、観測部分のみに局所的にプラズマを生成するため、意図的に段差（厚 $0.4 \times$ 幅 $0.7 \times$ 長 7 mm^3 ）を設けてスロット幅が狭くなるように設計した^[2]。そして、プラズマ断面の発光強度分布を ICCD カメラで時間分解をして計測するとともに、放電ガス流速の変化に対するガス温度等のプラズマパラメータの変化を発光分光法により計測した。

放電ガスのアルゴン流速を $1.5 \sim 3.2 \text{ m/s}$ 、パルスマイクロ波電力 70 W 、パルス周波数 20 kHz 、Duty 比 10% としてプラズマ生成を行った際の発光を時間分解した画像を Fig.1 に示す。この結果から、断面空間内においてプラズマの発光領域が放電後の時刻とともに広がっており、放電後期において電極付近で発光強度が集中していく傾向が確認された。また、放電ガス流速の上昇により導波管外側近傍における発光強度の上昇も見られた。

放電ガス流速を変化させたときの窒素の 2^{nd} positive system の発光スペクトルを Fig.2 に示す。シミュレーションによりガス温度を評価^[3]した結果、流速を上昇させた場合、ガス温度が 40 K ほど減少した。この変化量からおよそのガス密度の変動を算出すると、約 6.2% の変化となる。流速増加による発光強度増加は、放電ガス流速の上昇に伴う圧力の上昇とガス温度の減少により、ガス密度が上昇したことが要因の一つとして考えられる。

本発表では、このような発光強度の変化とプラズマパラメータの関係についてより詳しく報告する。

- [1] H. Suzuki et al., Appl. Phys. Express **8** (2015) 036001.
- [2] Y. Baba et al. Proc. of 36th Plasma Processing Symposium.
- [3] G. Faure and S. M. Shkol'nik, J. Phys. D **31** (1998) 1212–1218.

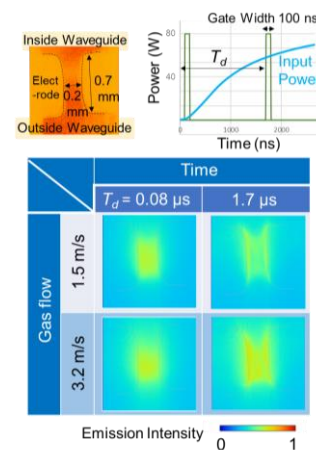


Fig.1. Time-resolved measurement of the light emission.

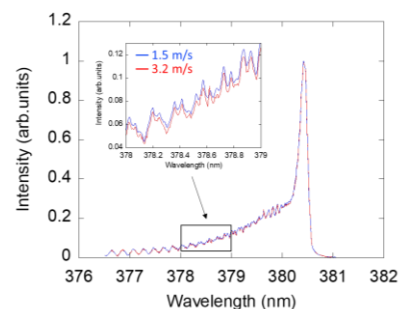


Fig.2. N_2 line of 2^{nd} positive system.