

大気圧マイクロ波ラインプラズマにおけるプラズマ挙動シミュレーション

Simulation of Plasma Behavior in AP Microwave Line Plasma

名大工¹, 名大プラズマナノ工学研究センター², 東京エレクトロン (株)³○鈴木 陽香¹, 中野 優¹, 伊藤 仁^{2,3}, 関根誠^{1,2}, 堀 勝^{1,2}, 豊田 浩孝^{1,2}Nagoya Univ.¹, PLANT, Nagoya Univ.², Tokyo Electron Ltd.³ ○Haruka Suzuki¹, Suguru Nakano¹,Hitoshi Itoh^{2,3}, Makoto Sekine^{1,2}, Masaru Hori^{1,2} and Hirotaka Toyoda^{1,2}

E-mail: haruka_s@nuce.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

非熱平衡大気圧プラズマはプロセスの低コスト化ができ、低ガス温度で高密度の反応性粒子が生成できることから、様々な応用が期待されている。近年ではエレクトロニクス製品の需要の拡大から大面積表面処理技術への応用に注目が集まっており、均一、高密度かつ大面積プラズマ源が求められている。我々はこれまでに、進行波のみによる電磁界を導波管内に形成する技術を開発し、ヘリウム雰囲気において長尺スロット（幅: 0.5 mm, 長さ: 600 mm）を用いた 500 mm を超えるラインプラズマを生成することに成功した。高速度カメラによる観測から、長さ数ミリのプラズマがスロット内に多数発生し、それらが電磁波伝搬方向へ動き、時間平均的に直線状のプラズマを形成していることを確認した。プラズマの移動速度は 20 kHz でパルス変調したマイクロ波(2.45 GHz)電力の Duty 比にほぼ比例した。また、スロットギャップ幅を 0.5 mm から 0.1 mm に狭めることによりプラズマ移動の速度が上昇することや、伝搬方向に対してプラズマの発光強度が増加することを確認している^[1]。このプラズマ移動の原因を解明するために、プラズマ内の電子密度分布とプラズマが拡散する速度に着目し、プラズマ密度空間分布の時間変化シミュレーションを行ったので報告する。

2. シミュレーション手法

スロット厚 1.0 mm、スロット幅 0.1 mm、プラズマ長 3 mm、電子密度 $1.0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ として大気圧下におけるヘリウムプラズマの拡散について拡散方程式を用いて検討する。スロット幅方向及びスロット厚方向を x 軸及び y 軸、マイクロ波伝搬方向であるスロット長手方向であるマイクロ波伝搬方向を z 軸とした。 z 軸方向への拡散に着

目し、 x 軸及び y 軸方向への拡散は定数化することにより、一次元モデルとして差分法を用いてプラズマ密度空間分布の時間変化を計算した。電離レートは発光強度空間分布^[2]と文献値^[2]から推定した。

3. 結果

Figure 1 にプラズマのオン時間に対するプラズマの移動量を示す。青線で表した計算値は、時間に対してプラズマの移動量が線形に増加しており、赤点で示す実験値とよく一致し、移動速度が Duty 比に比例する現象をよく再現している。このことから、プラズマの移動がプラズマの拡散に起因することが示唆される。

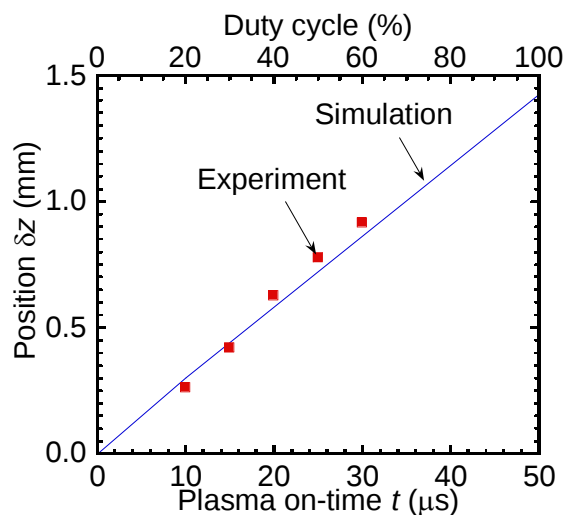


Fig.1. Distance of the plasma movement versus time.

参考文献

- [1] S. Nakano et al.: PLASMA2014, Niigata(2014), 19pF-5.
- [2] <http://fr.lxcat.net/home/>

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金 基盤研究 (B)25286079 により行われた。