

誘電体を照射する AC 大気圧 He プラズマジェットのパズリング

Modeling of AC He-APPJ irradiating a dielectric target

アテナシス ○小林 司, 池田 圭

ATHENASYS CO. LTD, °Tsukasa Kobayashi, Kei Ikeda

E-mail: tk@athenasys.co.jp

プラズマ医療分野では低周波(数十 kHz)駆動大気圧プラズマジェット(APPJ)が良く用いられる。従来、APPJのモデリングの多くはDCパルスが対象で、時間追跡も短時間(<math>μs</math>)に限られていた。これは、APPJの現象の時間スケール($\sim\text{s}$)がモデル計算のタイムステップ($\sim\text{ps}$)と大きく異なり、計算が困難なためである。低周波APPJのモデリングの第一ステップとして、誘電体を照射する1 MHz – 50 kHzのHe-APPJのモデリングを試みた。

計算モデルはFig. 1に示すような二次元軸対称とした。内径$\phi 2\text{ mm}$(外径$\phi 6\text{ mm}$)のガラス管から平均流速5 m/sのHeガスを乾燥空气中に噴出させ、生成したプラズマを管出口から10mm離れた誘電体(厚さ5mm、裏面接地)表面に照射している。管内に駆動電極と接地電極を埋め込み、駆動電極には振幅5 kV、周波数50 kHz, 100 kHz, 200 kHz, 1 MHzの正弦波を印加した。誘電体の比誘電率ϵ_rは200, 20とし、その違いによる影響を比較した。計算はよく用いられる近似法に習い、まず流れ場・濃度場の計算を行い、次に流れ場を固定してプラズマの計算を行った。ガス温度は一定300Kと仮定した。プラズマ計算では80種類の化学反応を考慮した。なお計算には商用ソフトウェアCFD-ACE+ (ESI Group)を用いた。

初期のAPPJはストリーマの発生、進行、誘電体への接触、という過程で発展する。ストリーマは中心軸近傍に限定されるが、誘電体接触後は誘電体表面横方向にも広がる。その時の電子分布の一例をFig. 1に示す。ストリーマは、周波数が大きいと次周期以降目立たなくなる。誘電体のϵ_rが大きい場合も同傾向を示す。

Fig. 2は、50 kHz、1 MHzの場合の、中心軸に沿った電子密度分布の時空間分布図で、縦軸位置0 mmが管出口、位置10 mmが誘電体表面である。電子分布はAC

電圧変化に伴い、管出口から誘電体へ向かい伸縮を繰り返す。1 MHzの分布は時空間的に連続であるのに対し、50 kHzでは離散的な分布となっている。また、誘電体のϵ_rが小さい方が、平均電子密度が小さく、離散度も大きい。

今回、1 MHz – 50 kHzまで周波数を変えたAPPJの計算を試み、RFプラズマに似た連続的な放電から、ストリーマが支配的な離散的放電に遷移する様子を、定性的ではあるがモデル化できた。また、誘電体ターゲットのϵ_rが大きくAPPJとの相互作用が大きいと、ストリーマ的(離散的)な特徴が弱まる傾向があることが明らかとなった。プラズマ、ラジカルなどの生成効率の観点に限れば、周波数は高い方が、また比誘電率ϵ_rが大きい方が有利である。RFに近い周波数では、今回考慮していないガス温度上昇が懸念されるが、その評価は今後の課題である。

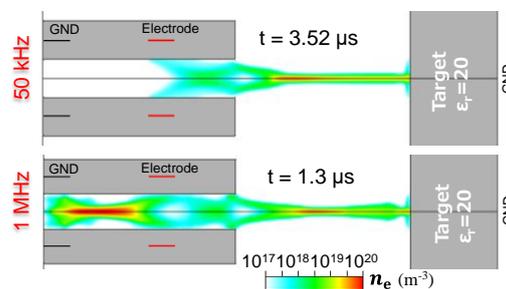


Fig. 1 Distributions of electron density after the streamer touched the dielectric target and spread on the surface.

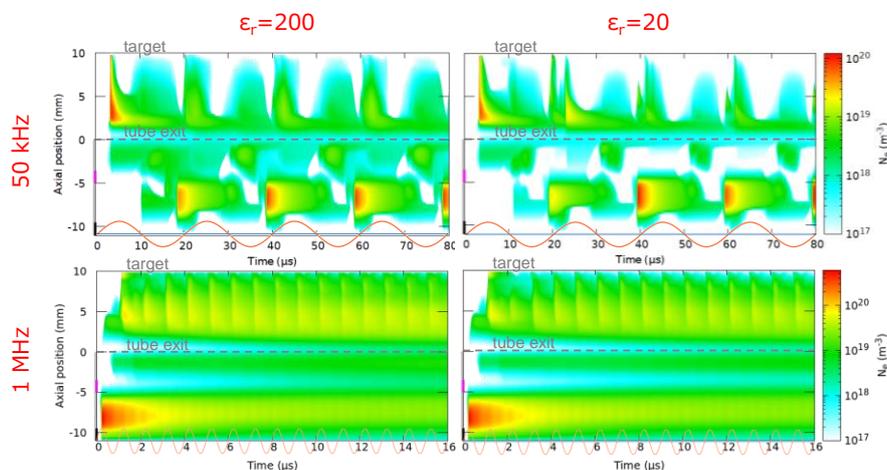


Fig. 2 Spatiotemporal evolutions of electron density along the center axis.