

キャビティリングダウン吸収分光法による 大気中ストリーマ放電の負イオン絶対密度計測

Measurement of negative ion density in streamer discharge in air

by cavity ringdown absorption spectroscopy

北大工 〇(B)伏見 公花, 佐々木 浩一

Hokkaido Univ., 〇Kimika Fushimi, Koichi Sasaki

E-mail: fushimi.k@eis.hokudai.ac.jp

【研究の背景および目的】 大気中で生成されたプラズマには大量の負イオンが存在すると考えられるが, 大気圧プラズマにおける負イオンに関する実験的研究は皆無に近い。負イオンは電荷を持つ活性種であり, プラズマプロセスでは非常に重要である。我々は大気中で生成したヘリウムグロー放電中の負イオン種とその相対密度を測定したが[1], 絶対密度測定については手つかずであった。本研究では, 大気中で生成したストリーマ放電における負イオンの絶対密度計測を目的に, 負イオンの光脱離の結果として生じる光吸収を測定する実験を行った。光脱離の断面積は小さく, 通常の方法では光吸収を測定できないので, キャビティリングダウン吸収分光法を適用した。

【実験方法】 2枚の高反射率ミラーで光共振器を構成し, 光パラメトリック発振器のアイドラー光として得られるレーザー光 (波長 777 nm, パルス幅 10 ns) を入射した。共振器内部に針電極 (陽極) と平板電極 (陰極) からなるストリーマ放電装置 (電極間距離 7.5 mm) を設置し, 短パルス電圧 (15 kV, パルス幅 60 ns) を印加してプラズマを発生させた。針電極から 2.5 mm 離れた位置を通過したレーザー光を光電子増倍管を用いて検出した。プラズマが有無それぞれの場合に得られた検出光強度の時間変化波形の比較をすることで, プラズマ中の負イオン絶対密度の時間変化を求めた。また, 放電中の電圧は高圧プローブを用いて測定し, 電流はログスキーコイルと低域通過フィルター (遮断周波数 8×10^5 Hz) を用いて計測した。

【実験結果および考察】 波長 777 nm において光脱離される主な負イオンは O^- であると考えられる。プラズマ直径を 0.6 mm と仮定して求めた負イオンの絶対密度の時間変化を図 1 (a) に示す。また, 図 1 (b) に放電電圧を, 図 1 (c) に放電電流の時間変化を示す。時刻 0 s で短パ

ルス高電圧を印加した。放電直後の約 0.5 μ s 間のピークは放電ノイズの影響であると考えられる。その後負イオン密度は約 1 μ s 間で急激に増加し, 約 8 μ s かけて減衰した。負イオン密度のピーク値は $7 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ と求められた。また, 時刻 10 μ s で負イオン密度の一時的増加が見られた。再現性は確認しているが, 原因については今後の検討が必要である。

今回, 大気中ストリーマ放電における負イオンの絶対密度を初めて測定した。今後は負イオンの損失過程および電流がほぼ流れていない時間において負イオンが存在している理由について検討する予定である。

[1] K. Sasaki, R. Hosoda and N. Shirai, PSST 29, 085012 (2020).

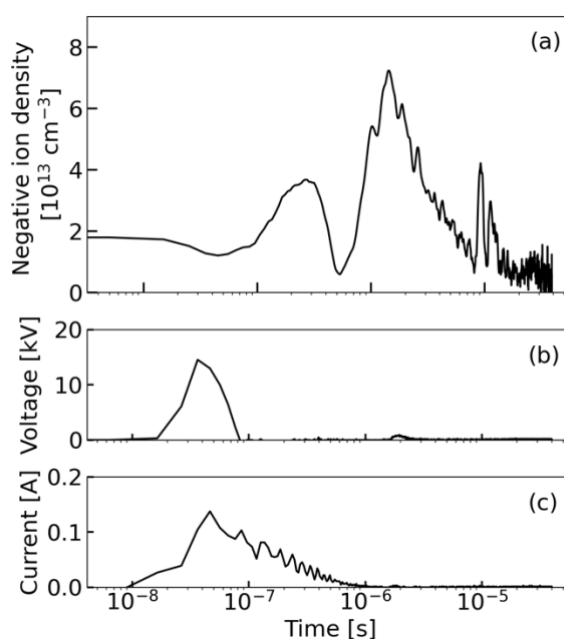


Fig. 1 Temporal variations of (a) negative ion density, (b) discharge voltage, and (c) discharge current.