

大気圧以上のガス圧を有するマイクロ波プラズマにおける レーザートムソン散乱計測

Laser Thomson scattering measurement of microwave plasmas with gas pressures above atmospheric pressure

北大工¹, イマジンエリング² °相馬 俊太郎¹, 池田裕二², 佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹, Imagineering, Inc.² °Shuntaro Soma¹, Yuji Ikeda², and Koichi Sasaki¹

E-mail: soma@athena.qe.eng.hokudai.ac.jp

[背景] 自動車の燃費性能を向上させ、排出される二酸化炭素を低減することは、地球温暖化対策のために重要である。燃費性能向上のためのひとつの方法として、プラズマ支援燃焼がある。エンジン内でマイクロ波プラズマを発生させることにより、希薄空燃比における燃焼着火が可能となることが報告されている。エンジン内の圧力は大気圧を超えている。近年、大気圧プラズマの研究が数多く行われているが、大気圧を超える圧力におけるプラズマの研究はまだ少ない。本講演では、大気圧を超えるヘリウムガス中でマイクロ波プラズマを発生させ、その電子温度をレーザートムソン散乱法によって計測した結果を報告する。

[実験装置] プラズマ源はマイクロ波アンテナ及びスパークプラグから構成され、スパークプラグの放電によりマイクロ波プラズマが点火する。マイクロ波電源には半導体素子からなる電源(周波数 2.45 GHz)を用いた。マイクロ波は持続時間 2 ms でパルス化されており、その瞬時電力は 200 W とした。チャンバー内をロータリーポンプで排気したのちにヘリウムを封入し、プラズマを生成した。プラズマに波長 532 nm の YAG レーザー光を照射し、散乱光のスペクトルを三重回折分光器で分光計測した。散乱光スペクトルの記録に用いた ICCD カメラのゲート幅は 20 ns とし、マイクロ波を投入した後の様々な遅れ時間において YAG レーザーパルスを入射することにより、電子温度の時間変化を調べた。

[実験結果及び考察] レーザー誘起絶縁破壊を防止するためには YAG レーザーのエネルギーを 15 mJ 未満にする必要があったため、強いトムソン散乱光を得ることが難しく、トムソン散乱スペクトルの取得には 30000 レーザーショットに対する散乱光を ICCD カメラ上で積算する必要があった。様々な放電条件および時刻において取得したトムソン散乱スペクトルから計算した電子温度は 1 eV 以上であり 2.5 eV 以下であった。同じプラズマにおいて発光分光法により評価したガス温度は 1800 K 未満であったので、大気圧を超えるガス圧においても本実験で用いた放電方式により非平衡プラズマが生成できることが確かめられた。ガス圧が 3 気圧のプラズマで得られた電子温度の時間変化を Fig.1 に示す。放電開始後の時間の経過に伴い電子温度の低下が観測された。以前報告したように、ガス温度は放電開始後の時間の経過に伴い増加したので、プラズマは時間の経過とともに熱平衡プラズマ化していくものと思われるが、2 ms の放電時間の間では非平衡プラズマが維持できている。現状ではトムソン散乱スペクトルの信号対雑音比が十分でなく、算出される電子温度の精度は不十分である。今後は光子計数法などの導入により信号対雑音比を改善し、電子温度測定の精度を高める予定である。

[謝辞] 三重回折格子分光器の調整にあたっては九州大学の富田健太郎氏に多大のご指導をいただいた。記して深く感謝する。

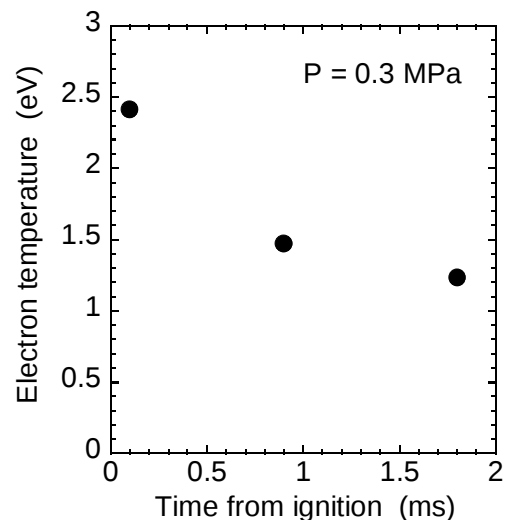


Fig. 1 Temporal variation of electron temperature in a helium plasma produced at 0.3 MPa.