17p-F2-12

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 (II)

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

北大工 [1]，イマジニアリング [2]　相馬 俊太郎 [1]，池田 裕二 [2]，○ 佐々木 浩一 [1]

Hokkaido Univ.[1], Imagineering[2]　Shuntaro Soma[1], Yuji Ikeda[2], and ○Koichi Sasaki[1]

E-mail: sasaki@qe.eng.hokudai.ac.jp

[**はじめに**]　自動車の走行燃費を向上し，排出される二酸化炭素量を低減することは，地球温暖化抑制のために重要である。我々は，希薄空燃比における燃焼着火が可能な点火方式として，自動車エンジンのシリンダ内でマイクロ波プラズマを発生させる方式 (マイクロ波プラズマ支援燃焼エンジン) を開発している。プラズマの発生によりガス温度が増加すると，窒素の酸化が進んで NO_x が排出されるため，自動車エンジンのプラズマ支援燃焼では非平衡プラズマが必要であるが，ガソリンエンジンのシリンダ内圧力は大気圧を大きく超えるので，プラズマは熱平衡化しやすいと考えられる。本研究では，開発した方式で生成されるプラズマが大気圧を超える圧力において非平衡性を有しているかを検証することを目的に，レーザートムソン散乱法による電子温度計測を実施した。

[**実験**]　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は光子計数法を用いた。

[**実験結果および考察**]　9 気圧までのヘリウムガス圧においてプラズマを生成し，トムソン散乱スペクトルから電子温度を評価したところ，すべてのガス圧において 2 – 3 eV の電子温度が得られた。発光分光法で評価したガス温度は 1800 K 未満であったので，プラズマは非平衡状態にあることが確認された。電子温度はガス圧に対して弱く増加傾向にあった。一方，トムソン散乱光の強度から評価した電子密度は $(3-4)\times10^{13}$ cm^{-3} の範囲にあり，ガス圧に対して弱く減少傾向を示した。

パルスプラズマの生成時間の最適化を図ることを目的に，プラズマの電子温度と電子密度の時間変化を調べた結果を Fig. 1 に示す。ヘリウムガス圧は 8 気圧とした。半導体素子を用いたマイクロ波電源で得られるマイクロ波電力は急峻な立ち上がりを有しているが，マイクロ波電力投入から 10 ns が経過した時点において，プラズマは $n_e \simeq 1\times10^{13}$ cm^{-3} の電子密度および $T_e \simeq 3$ eV を有していることがわかった。電子温度は放電開始後の時刻に対して緩やかに低下し，電子密度が定常値に達するまでには 10 μs 以上の時間を要することがわかった。講演ではガス温度との比較についても詳細に述べたい。

この成果は，独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の省エネルギー革新技術開発事業の実施により得られたものであり，ここに謝意を表す。

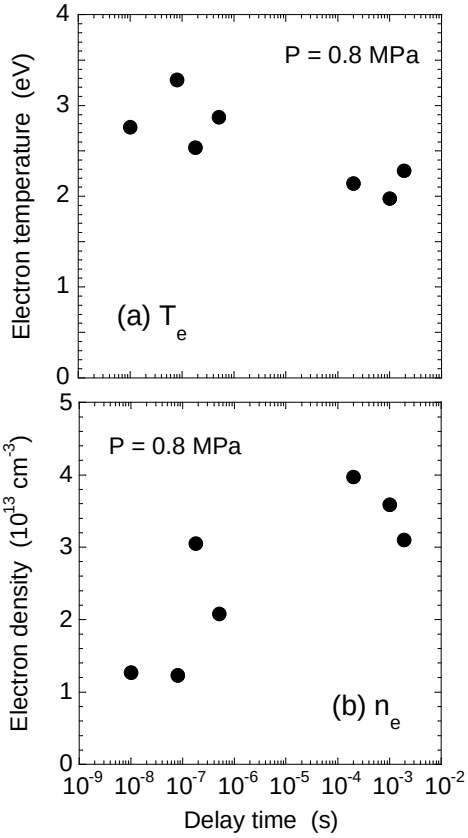

Fig. 1: Temporal evolutions of (a) electron temperature and (b) electron density of a microwave plasma produced at a He pressure of 0.8 MPa.

© 2014 年　応用物理学会