

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2009年3月修了 修士論文要旨

飛行時間差と往復反射を用いた二次元トムソン散乱計測システムの開発

学生証番号 076201 氏名 伊藤 慎悟
(指導教員 小野 靖 教授)

Key Words : Thomson scattering, two-dimension, time-of-flight (TOF) of laser light, reflection of laser light

本研究ではプラズマ電子温度・密度の2次元空間分布計測を行うトムソン散乱光計測システムを開発する。本研究で開発するトムソン散乱計測システムの新規性は、第1にレーザービームを多数回反射させることでプラズマの2次元空間をカバーし、第2にレーザーパルスが計測点の間を飛行する時間差を利用して計測の空間分解能を得る点である。

本研究ではトムソン散乱光量が少ないことから、二次元トムソン散乱計測システムの原理実証を、飛行時間差及び往復反射を用いて散乱光が検出可能かどうかの実証を二次元ラマン散乱計測によって行う。次に、そのシステムを用いてトムソン散乱計測を実際に行えるか、を実証することで本システムの実証を行った。

まず、本研究においては、本研究に先行して昨年度までに設計された集光レンズ系を用いたシステムとそのシステムでの計測結果に基づいて新たに設計・設置した二つのシステムの計三種類を用いて二次元ラマン散乱光計測の実験を行った。3計測点からのラマン散乱光信号を飛行時間差及び往復反射を用いて同一のポリクロメーターで検出することに成功し、また電子密度算出時の絶対較正に用いることの出来るラマン散乱光の計測を行った。また、この際に各点間の信号を区別するために必要な光路長がかなりの長距離となってしまうため、長距離化から発生するレーザースポット径上の光出力の不均一化とレーザー光路のずれが測定に対して問題とされていた。しかし、本研究によりそれをラマン波形の波形を用いる事で、光路を短くしても各点間の信号を区別することに成功した。これにより、二次元ラマン散乱計測を安定的に計測できるシステムの構築に成功した。この二次元ラマン散乱計測により、レイリー散乱光圧力依存性計測に比べて迷光の割合は非常に少なく、圧力の依存性も観測できていることから電子密度絶対較正にラマン散乱光を利用できることが確認できた。これにより、本二次元計測システムの原理実証の一つである飛行時間差及び往復反射による計測に成功した。また、計測から得られる光学系伝送効率からトムソン散乱計測の予想出力を見積もったところ、十分に出る可能性があることが確認された。

次に同一のシステムを用いて二次元トムソン散乱計測を試み、多数のショットを用いたものであるが、径方向で2点、軸方向で3点の2×3の二次元の計測点において実際にトムソン散乱電子温度計測を行うことに成功した。また、上記よりラマン散乱圧力依存性を測定することで、二次元電子密度も測定することが可能となる。これにより、本システムにおいてトムソン散乱計測を行えることを実証することに成功した。以上により、二段階の過程を経ることで二次元トムソン散乱計測に必要な原理実証を行うことに成功した。