

益田光治、内野喜一郎、矢野栄宣、村岡克紀、赤崎正則、前田三男  
(Mitsuharu Masuda, Kiichiro Uchino, Hidenobu Yano,  
Katsunori Muraoka, Masanori Akazaki, Mitsuo Maeda)  
九州大学  
(Kyushu University)

SYNOPSIS: LIDAR Thomson-scattering technique can be regarded as one of the most efficient means for the measurements of electron density and temperature of high-temperature fusion plasmas. In the present work, LIDAR-system with a streak-camera as the detector is considered, and various parameters which could affect the performance of this system are investigated.

1. 序 論 極短パルスレーザーを用いたL I D A R (Light Detection and Ranging)トムソン散乱法によれば、単一のポートでプラズマの電子密度および電子温度の空間分布が測定できる。すなわち、180度トムソン散乱光の強度から電子密度、スペクトル形状から電子温度が、また、T O Fから空間分布が求められる。この方法は1987年よりJ E Tで既に稼働しているが、かなり複雑なシステムであるため、このシステムを大型高温プラズマ発生装置での標準的計測器として確立するためには、より簡単で高精度の測定系が必要となる。そこで本研究グループはL I D A Rトムソン散乱法を詳細に検討し、レーザー及び散乱光受光光学系に要求される性能について検討した。本報では、本研究における検討項目とその結果、及び、高出力極短パルスレーザーをレーリ散乱に適用して行った予備実験の結果を述べる。

## 2. 検討項目及び検討経過

i) レーザー N d : Y A Gレーザー+ガラスレーザー方式を検討。これに基づき、出力0.3J/パルス(532nm)、パルス幅300ps、繰り返し10Hzのレーザー(Quantel社製)を導入した。

ii) 受光系(Fig. 1) 楕円面鏡を用いたニュートン方式を採用。受光立体角 $10^{-2}$ sr程度。

iii) 分光・検出系 ポリクロメータで分光しフォトマルで検出する方法と分光器を用いストリークカメラで検出する方法の二案を検討。

a) ポリクロメータ方式 フィルターにより五段ないしは六段に散乱光を分光した後、ゲート付きマイクロチャンネルプレート内蔵光電子増倍管により検出。

b) 分光器方式(Fig. 1) プラズマエッジ領域に要求される空間分解能(30mm程度)を満たすため、ストリークカメラ方式を検討。この場合、分光器には明るさ $f=1$ 程度が要求されるため、市販の分光器は使用できず、Fig. 1に示す構造の分光系を製作する必要がある。このときストリークカメラ(浜松ホトニクスC2830型)のスリット幅が8mmに制限されているため、電子温度測定に必要なスペクトル幅をこの間におさめなければならない。このために必要な回折格子溝数と電子温度との関係を検討した。

3. レーリ散乱実験 昨年度導入した前記の極短パルスレーザーを使用し、窒素ガスからのレーリ散乱光を利用して極短パルス散乱光の検出試験を行った。散乱光の測定にはマイクロチャンネルプレート(MCP)内蔵光電子増倍管(浜松ホトニクス社製、R2024u型)を用いた。Fig. 2に実験装置の概略を示す。図のチェンバ内に窒素ガスを充填し(圧力2.7~74.7kPa)パルスレーザーを照射、レーザー

照射方向に対して90°の方向から散乱光を図に示す光学系で受光した。

Fig. 3は光電子増倍管の出力をオシロスコープ(ソニー・テクトロニクス 7104型、1GHz)で測定した結果である。レーザパルス幅は300psであるのに対し、図に示されるように観測されたパルス幅は0.8ns程度でかなり広がっているが、この広がりには光電子増倍管の立ち上がり特性に起因する。従って、光電子増倍管をLIDARシステムに使用するためには、この立ち上がり特性を考慮する必要がある。

Fig. 4はFig. 3の観測波形より求めた受光光子数(○印)で、横軸はチャンバ内の圧力である。図の実験結果は、光電子増倍管の量子効率を0.09、光電子増倍率を $6.5 \times 10^3$ (カタログ値)として計算した受光光子数である。また、実線は、光学系の透過率を0.81とし、受光立体角から計算した光子数を示す。図に示されるように受光光子数は窒素ガス圧力に比例しており、本実験の結果が妥当である事を示している。

**4. 結論** 高温プラズマ計測を目的とするLIDARトムソン散乱法に関する検討を行った。また、同方法開発の予備実験として、高出力極短パルスレーザとマイクロチャンネルプレート内蔵光電子増倍管を用いたレーリ散乱実験を行い、短パルス散乱光受光の際の受光系応答特性を明らかにした。

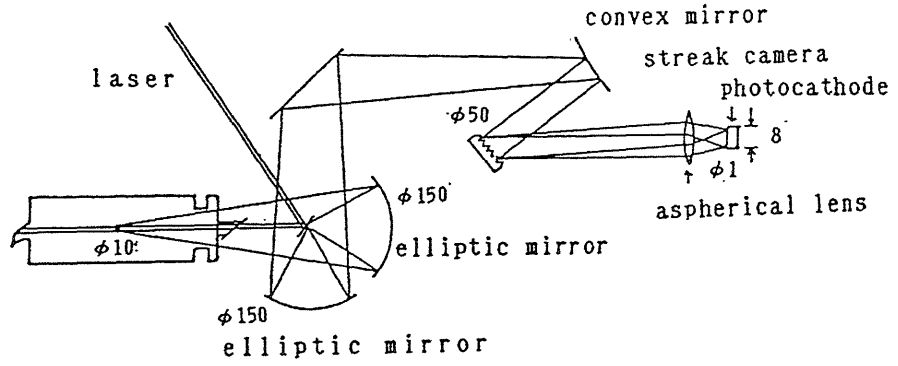


Fig. 1 LIDAR system

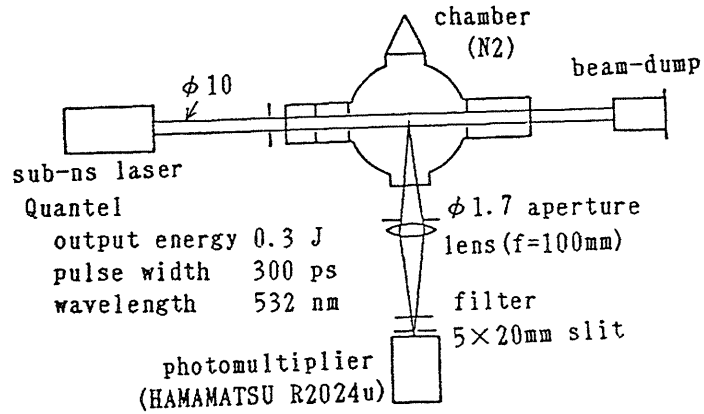


Fig. 2 Experimental setup

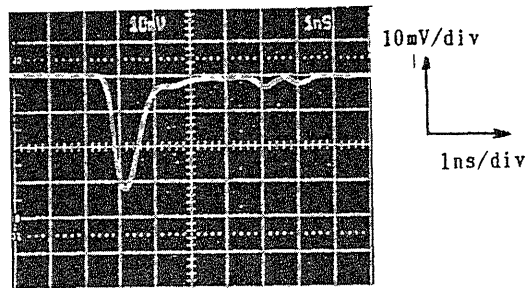


Fig. 3 Light intensity vs. time

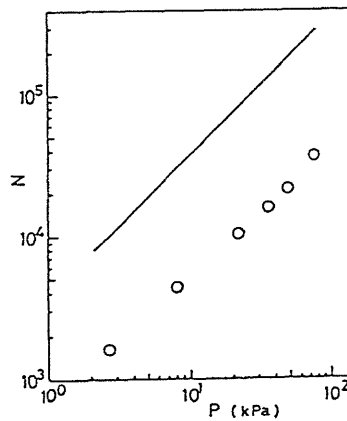


Fig. 4 Number of photons vs. pressure