

High Power Ruby Laser for Plasma Measurement

○生田 栄 岸本 博義 小松 巖 木村 博一 嶋田 隆司  
S. IKUTA H. KISHIMOTO I. KOMATSU H. KIMURA T. SHIMADA

東京芝浦電気株式会社 電子事業部

Electron Tube & Device Div., Toshiba Corporation

1. まえがき

近年プラズマ計測器には、プラズマ1ショットあたり、できるだけ多量のデータ収集能力が要求されており、トムソン散乱測定装置も空間、時間多点測定が必要とされつつある。

上記要求に応え、かつ良質のデータ収集を目的としたルビー・レーザー装置を設計・製作したのでその構成・性能につき報告する。

2. 仕様

要求される条件

電子密度  $1 \times 10^{12} \sim 1 \times 10^{14}$  ケ/cc  
温度  $\sim 2$  keV  
真空容器 大半径 2.2 m

という大形のプラズマを

空間測定範囲 300 mm / 1 レーザ  
時間測定点 2点 / 1 プラズマショット

で電子温度、密度をS/N比よく測定しなければならない。

| 項目      | 仕様                             | 項目          | 仕様      |
|---------|--------------------------------|-------------|---------|
| 出力エネルギー | 10J / パルス                      | パルス幅        | 約 30 nS |
| 波長      | 694.3 nm                       | 第1, 第2パルス間隔 | 100 mS  |
| 拡がり角    | 1 mrad. (1st)<br>2 mrad. (2nd) | 発振くり返えし     | 1 ppm   |
|         |                                | ビーム径        | φ 19 mm |

表1 本装置の主な仕様

3. 構成

本レーザー装置は以下の構成からなる。

- (1) レーザヘッド 1式 (トムソン散乱測定装置本体架台に設定)
- (2) レーザ電源 1式
- (3) レーザ冷却器 1台
- (4) リモート制御盤 1台

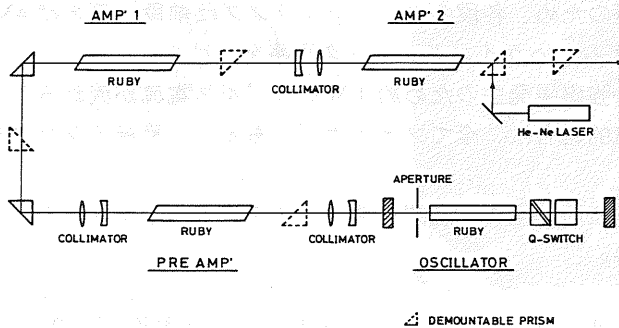


図1 レーザヘッド構成図

レーザヘッドは図1に示す通りの構成で、オシレータ段および増幅段3段から成る。外観を図2に示す。

各主要光学素子の寸法を表2に示す。

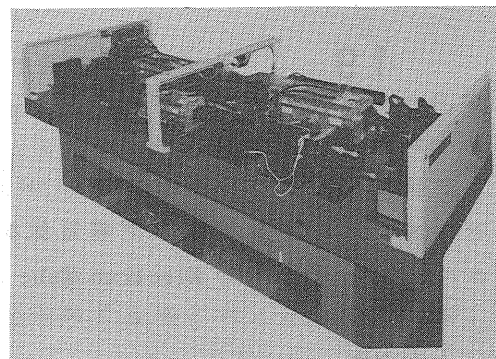


図2 レーザヘッド外観

| 項 目      | 寸 法                               |                   |
|----------|-----------------------------------|-------------------|
| オシレータロッド | $\phi 10 \times L 100 \text{ mm}$ | $0^\circ/0^\circ$ |
| プリアンプロッド | $\phi 10 \times L 100 \text{ mm}$ | $2^\circ/2^\circ$ |
| アンプ1 ロッド | $\phi 15 \times L 150 \text{ mm}$ | $2^\circ/2^\circ$ |
| アンプ2 ロッド | $\phi 19 \times L 150 \text{ mm}$ | $2^\circ/2^\circ$ |

表2 主要光学素子の寸法

レーザ電源の模式図を図3に示す。1ヘッドあたり2式のエネルギー蓄積コンデンサバンクを有している。また100mS 間隔で2度、最大放電電流約6 kA でフラッシュランプを点灯するため4 kV-1.5 kA クラスのサイリスタを2S に接続して放電回路中に設けた。

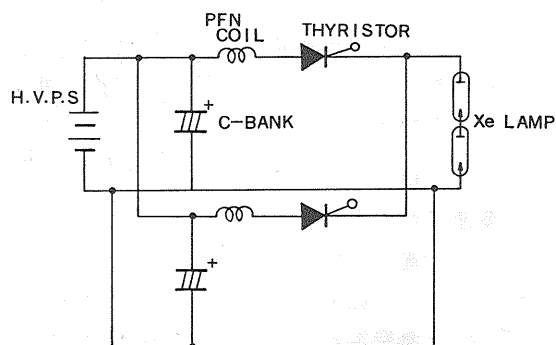


図3 レーザ電源の模式図

#### 4. 特長と性能

オシレータは共振器長約900mm、 $\phi 5 \text{ mm}$  のモードセクタ内蔵の状態、KDPを用いたポッケルスセルQスイッチをクライトロンパルサーでドライブし、出力650mJ、パルス幅約30nS、拡がり角1mradの低次モード発振を得た。

段間のコリメータの倍率、レンズ間距離を調整して3段増幅し出力10J 以上、パルス幅約30nS、拡がり角1発目2mrad、2発目2mradのダブルパルスが得られた。

全段とも直管形のXeフラッシュランプ2本を用い、保守性の容易化をはかった。

上記レーザビームを原理的に $L1: f=360 \text{ mm}$ 、 $L2: f \approx 500 \text{ mm}$  の2枚レンズ系で、プラズマ中に長さ300mm以上にわたって最小 $\phi 1.9 \text{ mm}$ 、最大 $\phi 5 \text{ mm}$ に収束した。またレンズ1の焦点面位置は気密容器で囲い、ロータリーポンプで1 Torr以下にし、気中放電防止を行った。気中放電を起すとエネルギーが $1/3 \sim 1/2$ に減ってしまう。ルビーレーザは、その出力が温度によりかなり大きく変動するため、冷却器の水温変動は $\pm 1^\circ \text{ C}$ に入るようにした。

AMP2段では、100mS間隔で8kJ/パルス以上のエネルギーが2ショット入るため、第2パルスはレーザロッドの温度上昇により出力が低下する。それを補うため、第2パルスのフラッシュランプへの入力エネルギーを第1パルスの1割増とした。

誤動作からのロッドの保護のため、各段のフラッシュランプは前段(例えばAMP2)が発光して初めて次段(例えばAMP1)が発光できるというインターロック回路をつけた。

近傍のプラズマ本体には、強磁場発生のため約1MAのパルス電流が流れるので、高度の誘導防止対策を行った。即ちレーザと他との電気的結合は、全てフォトカプラあるいは絶縁トランスを介して行い、レーザヘッドと電源も床から絶縁した。

その他レーザビームの通過箇所は全て、密閉構造とし光学素子へのホコリの付着を防ぐ等耐環境性、保守性に留意したのはいうまでもない。

#### 5. まとめ

出力10J、拡がり角1mrad (1st)、2mrad (2nd)、パルス幅約30nSのルビーレーザが完成し現在京大ヘリオトロンEプラズマのトムソン散乱測定装置用光源として稼動中である。