

多パルスYAGレーザ発振器

Multi-Pulse YAG Laser

長島 章⁽¹⁾, 的場 徹⁽¹⁾

細川哲夫⁽²⁾, 喜島 博⁽²⁾, 佐竹公彦⁽²⁾, 兼玉輝雄⁽²⁾, 茂木国次⁽²⁾

(1); 日本原子力研究所

Japan Atomic Energy Research Institute

(2); 日本電気(株)

Nippon Electric Co., Ltd.

1. まえがき

日本原子力研究所にて使用予定の、JT-60プラズマ計測用レーザ装置の一環として、多パルスYAGレーザ発振器を開発したのでその概要を報告する。多パルスYAGレーザ発振器は、最大100 PPSの繰り返し発振動作、及び最小パルス間隔1msにて10パルスの発振を行なうバーストモード動作が可能である。特に10パルスバーストモード動作においては、パルス間隔1ms、17.5J/pulseの励起にて、平均パルスエネルギー70mJ/pulseのQスイッチレーザ出力を得、パルス毎のFar-Fieldパターンより、レーザ共振器に与えるYAG Rod熱効果の影響は、単発発振の場合と比べて大差の無いことが確認できた。

2. 装置の概要

多パルスYAGレーザ発振器は、レーザ発振器部、PFN部、電源部、及び冷却部から構成され、そのブロック図をFig-1に示す。

2.1. 励起系

集光器は、内径20φのセラミック拡散型を採用し、フラッシュランプとしては内径4φ、アーク長63.5mmの1500 torr Xeを採用し、発光パルス幅100μs(1/2ピーク幅)にて6φ×85(実効長65mm)のYAG Rodを励起している。高励起効率及び高パルス繰り返し性能を得るため、フラッシュランプはSimmer動作をさせ、PFN部は10ヶの励起エネルギー蓄積用コンデンサを、サイリスタにより順次切り換えて放電させている。

2.2. 共振器系

共振器は4本のインバーロッドにより熱的に安定化されており、ミラーズンバルとしては分解能1秒のBurleigh社製SG-201を採用し、高精度のアライメントが可能である。共振器長としては、50cm~85cmの範囲で任意に調整でき、TEM₀₀モード用共振器、Convex-Concave共振器、及びUnstable共振器等の構成が可能である。

2.3 Q-SW系

Q-SW素子としては、ダメージスレッシュホールドの高いKDPポッケルスセルを、偏光器とし

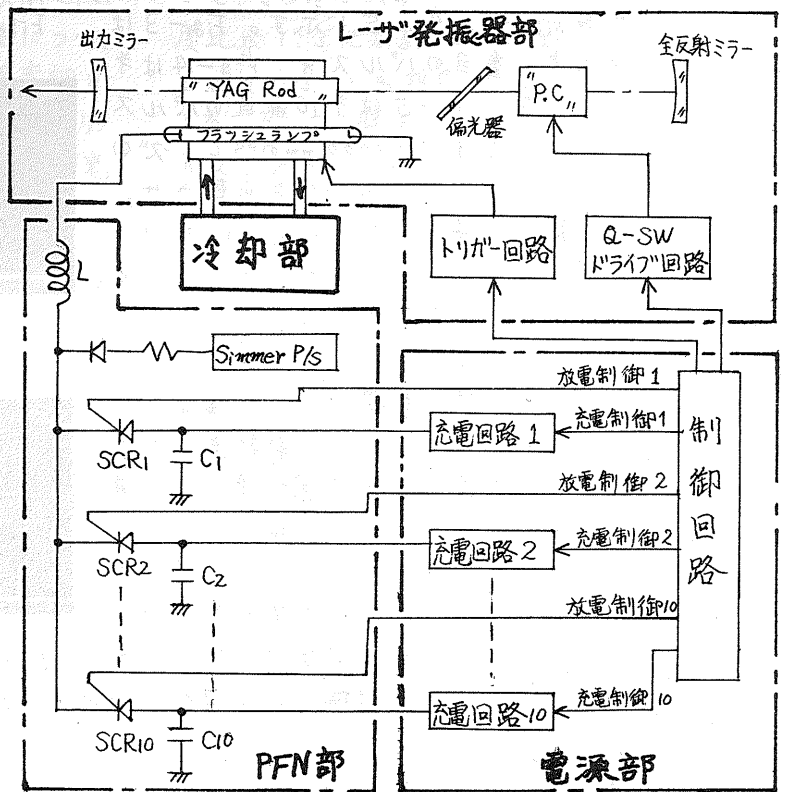


Fig-1 多パルスYAGレーザ発振器ブロック図

ては波面歪が少なく、P偏光透過率の優れた誘電体多層膜偏光器を採用している。一方Q-SWのスイッチング素子としては、長寿命かつ高繰り返しスイッチング可能な素子としてサイラトロンを使用し、Q-SWドライブ回路としてはElasto-optic Effectsによるポツケルスセルのスイッチクロスを低減するため、負バイアスを加えてスイッチングする回路方式をとっている。

2.4、電源系

電源は、各種タイミングを制御する制御回路と、最大出力200W(20J/pulse × 10PPS)のDC-DCコンバータ10台より構成され、10ヶの励起エネルギー蓄積用コンデンサそれぞれに1台のDC-DCコンバータが接続され、それぞれ独立に充電を行なう。10台のDC-DCコンバータのスイッチング周波数は、ラッシュカレントを防ぐため、おのおの1/10づつ位相差を持たせている。従って最大100PPSのレーザ動作を行なう場合でも、個々のDC-DCコンバータは最大10PPSの動作でよく、充電圧精度が高く、電源入力電流も平均化されシステムとして安定な動作が可能である。

3、バーストモードレーザ特性

Fig-2に示すUnstable Resonatorを用い、17.5J/pulseの励起にて、パルス間隔1msの10パルスバーストモード動作をさせた場合、平均パルスエネルギー70mJ/pulseを得た。この時のレーザ波形をFig-3, 4, 5に示す。Fig-3は10パルス中の第1番目のパルスを、Fig-4は第2番目のパルスを、Fig-5は第10番目のパルスを表わす。Fig-6は $f = 1000$ mmの凸レンズの焦点位置にて、ポラロイドフィルムを回転させ、各パルスを分離して焼付けたFar-Fieldのバーンパターンであり、左から1, 5, 9, 4, 8, 2, 6, 10, 7, 3番目のパルスとなっている。これらバーンパターンより、バーストモードにおいては、共振器に影響を与える様なYAG Rod熱効果は認められず、YAG Rod熱効果によるレーザ共振器への影響は單発発振の場合と大差の無いことがわかる。Fig-3, 4, 5に示すレーザ波形より、第1番目のパルスに比較して2番目以降のパルス波形のピーク値が低いが、これはフラッシュランプの発光効率の低下が原因である。Fig-7にパルス間隔1msの場合の励起光波形を示す。

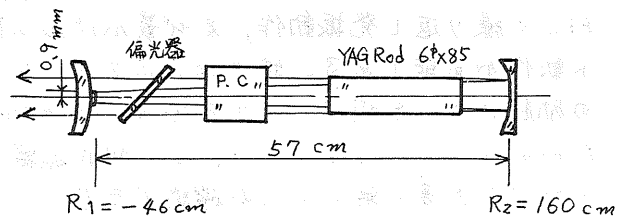


Fig-2 Unstable Resonator

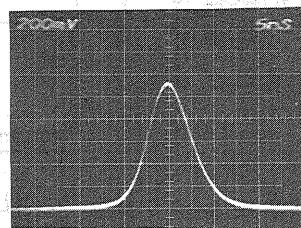


Fig-3 No.1パルス

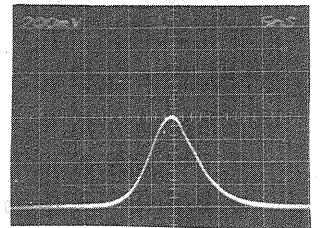


Fig-4 No.2パルス

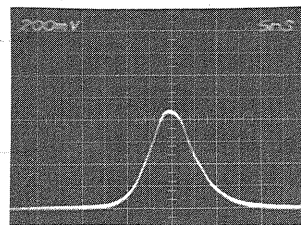


Fig-5 No.10パルス



Fig-6 Far-Fieldバーンパターン

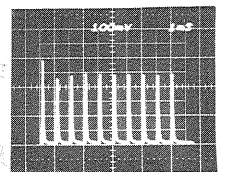


Fig-7 励起光波形

4、まとめ

バーストモードレーザの今後の課題としては、増幅器によるパワーアップであるが、その際には熱的影響の定量化を行ない、ビーム品質に影響を与えない励起入力に限界値を求める必要がある。又フラッシュランプの発光効率の低下は、Xeの緩和時間が長いことに原因があると推定されるので、今後Xeより緩和時間の短いKrフラッシュランプによる励起を検討する。