

YAGレーザの高信頼化 Highly Reliable YAG Laser Oscillator

伊東 尚, 村上 洋一, 橋本 勉

Syo Ito, Yoichi Murakami, Tsutomu Hashimoto

三菱電機株式会社,

電子機器研究部

Mitsubishi Electric Corporation, Electronics Laboratory

1. まえがき

巨大パルスYAGレーザは、発振器自身の効率、受光素子の感度、大気の大気特性などからレーザレーダの光源として最も重要度の高い発振器の一つであり、多くの技術が開発されている。ところで、移動局用としてレーザ発振器を見た場合には、小型・軽量化と保守の容易さ等の一般的事項に加えて、耐振性、耐衝撃性、耐温度特性などの環境性能も重視される。これら要求に対して、従来は共振器を構成する光学部品を熱膨張率と熱伝導率の比の小さい材料で作った単一構造の筐体に固定し、熱変形と機械的振動を抑制する方法がとられていた。しかし、この方法では、共振器自身は光学部品の角度変化に対して補償効果を持たないため、保守・点

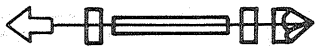
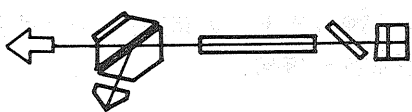
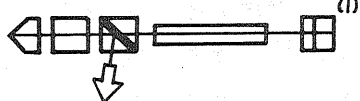
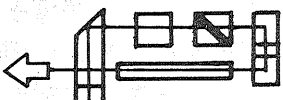
検の際には改めて光軸の調整をしないといけないという不都合があった。

ここで報告するYAGレーザ発振器は、出力10 MWの車輛及び航空機搭載用の発振器で、耐振性、調整・点検に優れた特性と省力性を有する自己補償型光学系を有するものである。

2. 自己補償型レーザ共振器

光学部品の傾斜などの軸ずれに対して出力変動率の低い自己補償型レーザ共振器は、高反射鏡としてコーナキューブを用いるカビーム偏向型のQスイッチを介して直角プリズムを対向させたものであり、Qスイッチとの適合性から、表1の組合せが存在する。方式の選択にあたっては種々の要因があるが、レーザレーダの場合

表1 自己補償型レーザ共振器

共振器の構成	Qスイッチ	ビームの方向	ビーム 分割数	備考
	可飽和色素	出力鏡に垂直	6	小型・簡便
	回転反射体	同上	2	
	FTIR	発振ビームの方向を決める光学的な基準面がない。	4	
	ポッケルスセル	同上	4	
	同上	出力鏡に垂直	2	上に比較して短い。空間利用率が高い。

には、最高出力を規定するQスイッチの種類と、レーザービームの方向安定性を規定する出力鏡の形式、およびビームひろがりやを規定するビーム分割数が選択の要点である。以上の観点からすれば、表1の中では我々の開発したオ5行の振り返り型発振器が最も有利である。

3. 振り返り型発振器⁽²⁾

前節でのべたように、この発振器は、幾何光学的には2枚の直角プリズムを90°の稜を直交するようにして対向させた構造を基本とする自己補償型である。ただし、

全反射に際して生ずる入射面に垂直な偏波成分と平行な偏波成分の間の位相差を打ち消すために、反射面の数を偶数

とした2つの特殊プリズムを用い、奇数番目の全反射面では入射面に垂直であつた偏光成分が偶数番目の全反射面で平行な偏光成分になるように斜線を施した反射面を追加してある。これによって共振器の一部を交叉させることができ、一方の特殊プリズムの細点を施した面を出力鏡とすることが可能になった。

ところで、この面を平面とすれば、レーザービームの方向は出力鏡に垂直であるから、その方向を、レーザー発振させることなくオートコリメータによって決定することができる。この特性は高精度の軸合せを必要とするレーザーレーダにとって有利であり、同種のQスイッチを用いる表1オ4行目の発振器との大きな差である。

4. 発振特性

4.1 光軸の調整精度

図2は、特殊プリズムを図1中のX軸とY軸のまわりに回転したときの発振出力の変化を示したものである。出力変化の原因は互いに補償素子となっている特殊プリズムが140mm以上へだたっているため、傾斜角が大きくなるに従つてレーザーロッドを通過する反射ビームが減少することにある。しかし、直線的に光学部品を配置する従来の発振器と比較して、光軸の調整精度が約100倍に緩和されている。なお、この値

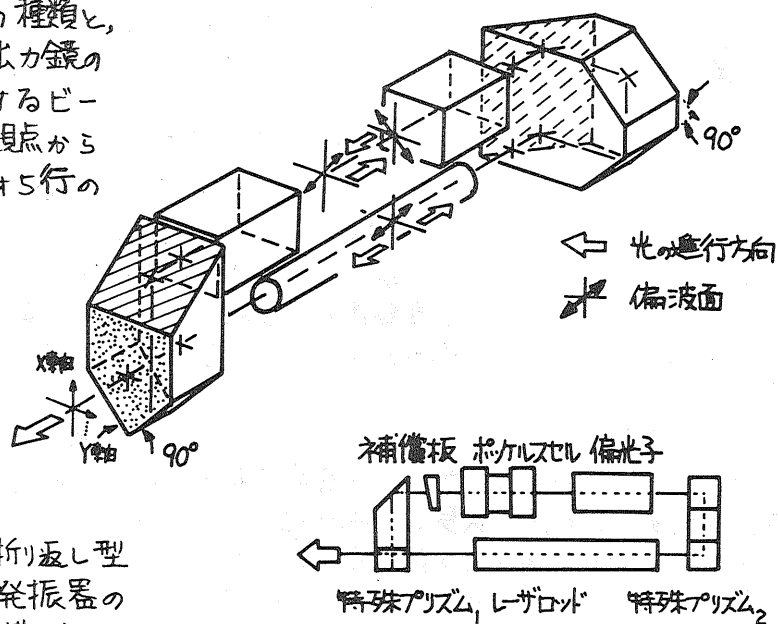


図1 振り返り型発振器の構成

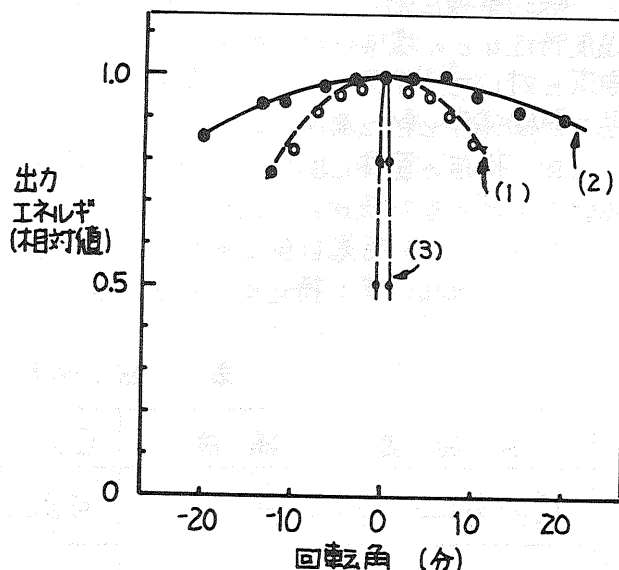


図2 特殊プリズムの回転角と出力エネルギー
(1)は図1中のX軸のまわりの回転、
(2)はY軸のまわりの回転、(3)は従来の発振器の場合。

は、通常の工作機械の仕上げ精度に十分入っており、振り返り型発振器は組立てるだけで発振を確認できることを示すものである。

組立後の微調整は、図1に示した補償板を回転することにより達成できるが、もはや粗調整とも言える程度にまでその作業は簡略化され

ている。図3は、補償板の回転角に対するレーザー出力の変化である。なお、共振器中に挿入される光学部品の平行度が高ければ、この補償板が不要になることは勿論である。しかし、精度の許容範囲を広くして補償板を入れる方が実用的である。

4.2 出力の温度依存性

前節でのべた光軸の調整の要求精度から、折り返し型発振器は、周囲温度の変化や不均一な局所加熱による熱変形に対しても安定であることが予想される。図4は、同一励起エネルギーのもとでの出力エネルギーの温度特性を示すものであるが、上記の予想が裏づけられた。

なお、高温域における出力の低下は、YAGレーザーロッド内部における損失の増加により、励起エネルギーを増して、一定出力を保持することが可能である。

4.3 耐振性

車載や航空機に搭載される電子機器は、搭載機種と設置される場所に応じて決められた振動試験に合格しなければならない。図5は、航空機用と車載用として典型的な規格の抜粋であり、横軸は振動周波数、縦軸は加速度である。太い実線は、本発振器に対しておこなった試験の振動周波数と加速度の関係を示したものである。この試験中の発振器出力の一例を図6に示すが、変動率は $\pm 2\%$ 以内であって、折り返し発振器は短い周期の共振器の変形に対しても安定であることが確認された。

なお、図5中の曲線IVは、最も振動のはげしいヘリコプタ等に対する試験条件であり、曲線IIIは車載搭載機器に対するもの、曲線IIは防振台を介して航空機に固定される機器に対するものである。

4.4 発振繰り返し依存性

図7は、発振の繰り返し周波数に対するレーザー出力を、励起エネルギーをパラメタとして示したものである。出力エネルギーが120 mJを越えると、パルス幅は12 nsec以下となり、ピークパワーは10 MW以上となる。従来の発振器⁽³⁾に比

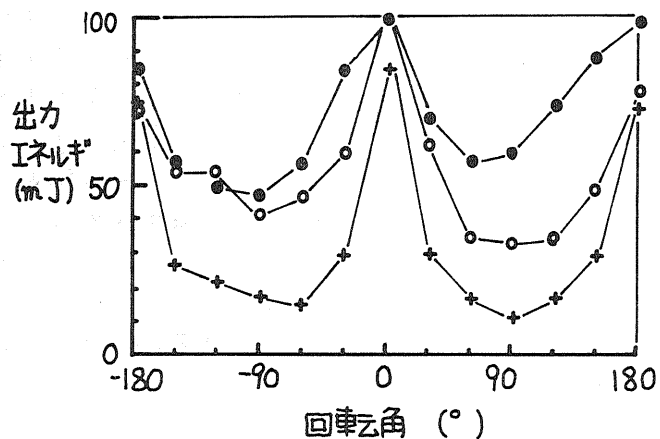


図3 補償板の回転角と出力エネルギー

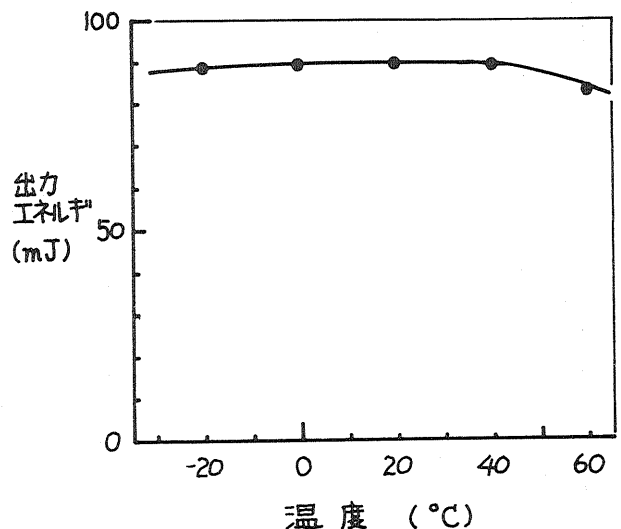


図4 周囲温度と出力エネルギー

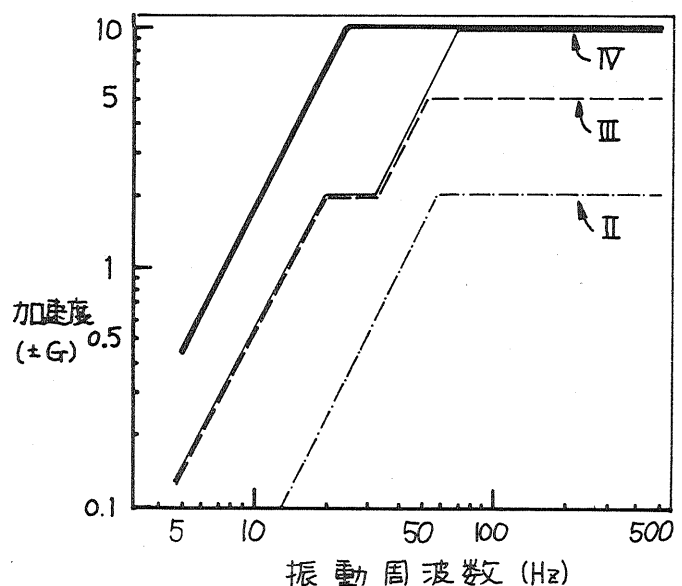


図5 振動試験の振動周波数と加速度

較して 約40% 出力が増加しているが、その主たる原因は、ポッケルスセルQスイッチの $\frac{1}{4}$ 波長電圧が結晶のピエゾ効果によって高周波域で高くなる現象を補償したことにある。図1中に示したように、特殊プリズムからの反射光はその偏波面が入射光の偏波面と直交するから、発振の抑止期間中結晶に高電圧を印加する必要がなく、上記現象の補償を単一の電源でできるが、このことも折り返し型発振器の特長の一つである。

最後に、折り返し型発振器を図8に示す。電極等の突起を除いて、長さ 200mm、幅 100mm、高さ 70mmである。

5 まとめ

ポッケルスセルQスイッチを用いたYAGレーザ発振器の共振器を特殊な形状を持つ全反射プリズム2枚を用いて構成することにより、光軸調整の要求精度を緩和した。この結果、共振器は 温度や振動による変形に対して安定化され、車載や航空機搭載用電子機器に対する規格を満たすことが可能になった。また、上記構成に必要な特殊プリズムは 入射光の偏波面を入射面に対して 45° に選ぶことによって $\frac{1}{2}$ 波長の移相器として作用させることができるため、ポッケルスセルのピエゾ効果を容易に補償して高出力化をはかることができた。

参考文献

1. R. D. Ward, U.S. Patent 3,831,106
2. 伊東, 村上, 橋本, 51年信学光電波部門全国大会 265
3. 伊東, 伊東, 中原, 信学量エレ研資料QE 72-31(1972-07)
4. R.O.Carpenter, J.O.S.A 40, 225(1950)
5. R.P.Hilberg and W.R.Hook, Appl. Optics 9, 1939(1970)
6. W.D.Fountain, Appl. Optics 10, 972(1971)
7. B.T.Murphy, Proc. IEEE 1126(1971)

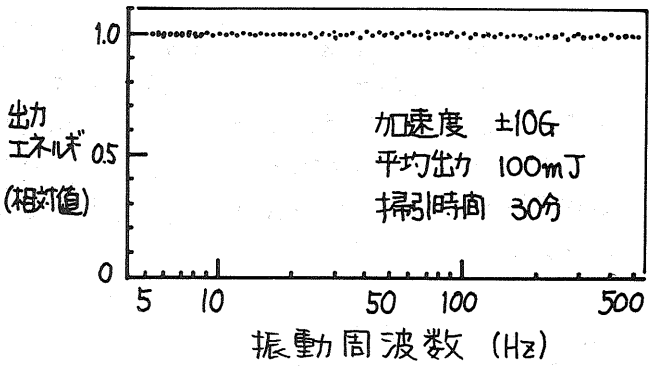


図6 振動試験中のレーザ出力

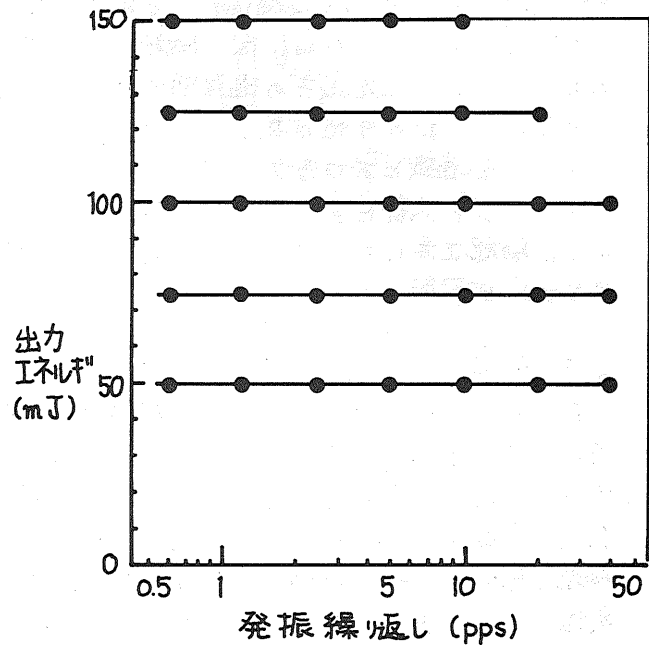


図7 出力の発振繰返し依存性

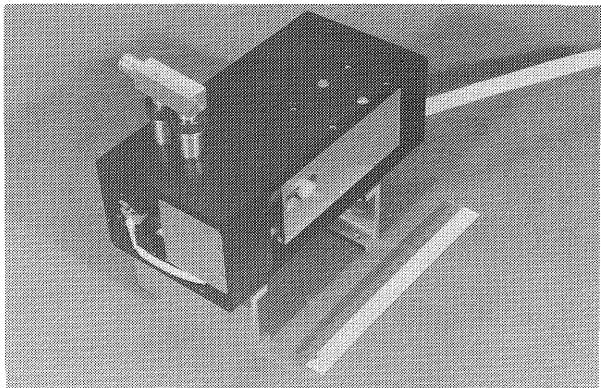


図8 折り返し型発振器