レーザ励起用放電管の多並列運転法

学生員 山 村 暁 宏 (八戸工業大学)

正 員 十文字 正 憲 (八戸工業大学)

Flashlamp Driving Circuits with Multiple Flashlamps for Laser Excitation
Akihiro Yamamura, Student Member, Masanori Jyumonji, Member
(Hachinohe Institute of Technology)

The excitation of solid state and dye lasers requires a number of flashlamps. We developed driving circuits with multiple flashlamps connected both in series and in parallel with a single spark gap switch. The design and performance characteristics of the proposed circuits are discussed.

キーワード：色素レーザ、固体レーザ、放電管駆動回路、シマー放電回路、スパークギャップスイッチ

1. はじめに

大出力の固体レーザや色素レーザを実現するためには励起光源に複数の放電管が必要とされる。我々は1個のスパークギャップスイッチにより多数の放電管を同期して同時にフラッシュさせることが出来る新しい放電管駆動方法を開発したので報告する。

2. 放電管駆動回路の試作

〈2.1〉直列接続運転 複数の放電管を同期して運転する方法は最初 Gibson によって開発された⁽¹⁾。2本または4本の放電管を直列に接続し、ランプ自体で高電圧を持たせておく。ランプの中点にトリガーパルスを加えると下側のランプが先に点灯し、続いて上側のランプも点灯する。この回路は簡便で優れた回路であるが、耐圧をランプで持たせているためトリガーが確実に掛からないという欠点と、ランプに予備電離すなわちシマー放電が掛けられないという欠点があった。そこで我々は図1に示すような回路を開発した。スパークギャップスイッチ (S.G.S) によりランプ

図1 放電管直列接続運転回路
Fig.1 Flashlamp driving circuit in series connection

主放電とスイッチ動作を分離し、さらにランプを別電源で予備電離し安定な主放電を得た。この場合、図のようにグロー点灯のためにランプ中点にトリガーを加える方式のほか、DC 駆動点灯として1倍圧整流回路を共用した3倍圧整流回路と5倍圧整流回路を用いても良い⁽²⁾。回路定数は次のように設定する。

$$\frac{R_w}{R_w + R_s} (V_s - V_g) > V_{ign} \quad (1)$$

$$I_{g1} \cdot I_{g2} > I_{g(min)} \quad (2)$$

ただし、 R_w ：ランプ水冷ジャケットの水抵抗値、 R_s ：放電安定抵抗値、 V_s ：シマー電源電圧、 V_g ：グロー放電電圧、 V_{ign} ：ランプのグロー放電点灯電圧、 I_{g1} 、 I_{g2} ：ランプのグロー放電電流、 $I_{g(min)}$ ：グロー維持最小電流である。

〈2.2〉並列運転 色素レーザの高効率化には励起光の短パルス化が重要である^{(3)~(5)}。短パルス化のため放電管を多並列運転する場合、通常1本の放電管に1個のS.G.Sを用いる必要があり、回路が複雑になる嫌いがあった。そこで、我々は図2に示すような回路を新たに開発した。従

図2 放電管並列運転回路
Fig.2 Flashlamp driving circuit in parallel operation

来この方式がうまく動作しなかったのは、主放電回路とシマー回路が干渉すること、シマー放電回路同士が干渉するためである。我々は、前者は一方化ダイオードを挿入することにより、また後者は水冷系ポンプを2系統にするか、または冷却水チューブを長くすることによって解決した。回路定数は次のように設定する。

どちらかが点灯する条件：

$$\frac{R_w}{R_w + R_s} V_s \geq V_{ign.} \quad (3)$$

さらに、もう一本が点灯する条件：

$$\frac{V_s / R_s + V_g / R_p}{1 / R_s + 1 / R_w + 1 / R_p} > V_{ign.} \quad (4)$$

$$I_{g1} = I_{g2} = (V_s - V_g) / R_s > I_{g(min)} \quad (5)$$

ただし、 R_p ：ランプホット電極間の冷却水抵抗値である。一般に、 $V_s \gg V_g$ だから

$$R_p \gg R_s \quad (6)$$

なら、(4) 式を十分満足する。

3. 試作回路の動作特性

いずれの回路も、予備電離、主放電共にうまく動作した。図3(a)に直列接続と並列運転のフラッシュ光波形の比較を示す。パルス半値幅は、直列接続で $20 \mu\text{sec}$ 、並列運転で $13 \mu\text{sec}$ であった。また、いずれの方式も予備電離の効果でフラッシュ光出力の変動率が $\pm 2\%$ 以下に押さえることが出来た。これに対し、シマーを掛けないと直接接続運転ではフラッシュ不能、また並列運転ではフラッシュはするものの、同図(b)のようなダブルピークになることがあり、シマーの効果を十分確かめることが出来た。

図3 観測されたフラッシュ光波形
Fig.3 Observed flashlight waveform

4. 色素レーザの励起実験

$9 \times 20 \times 154 \text{ mm}$ の角形色素セルを両側から2本の Xe フラッシュランプ FX45C-6 で励起して発振実験を試みた。図4に試作装置の入出力特性を示す。三重項消光剤 (TQ) ⁽⁶⁾ を加えない場合、直列運転から並列運転に変えることにより大幅な出力向上が見られる。また、TQ を加えた場合は出力エネルギー向上は一見小さいが、ピーク電力は2倍近く向上している。シマーによるレーザ特性改善効果としては出力変動率が $\pm 50\% \rightarrow \pm 2\%$ と飛躍的に改善するのみならず、レーザ出力も 20% 程度向上することが確認できた。

図4 試作装置の入出力特性
Fig.4 Output energy versus lamp input energy

5. 試作装置の性能評価

試作装置の利害得失を表にして以下に示す。

表1 試作回路の性能評価

Table 1 Characteristics of newly developed flashlamp driving circuits

	直列接続運転	並列運転
長 所	1) 簡便。 2) 同期が取り易い。	1) 短パルス化が可能。 2) 充電電圧がランプ1本の時と同じ。 3) 高ピーク電力が実現できる。 4) ほぼ完全に同期が取れる。
短 所	1) パルス幅が長い。 2) 充電電圧が高くなる。 3) 正確なエネルギー分配は難しい。	1) 回路がやや複雑。 2) 主放電回路、シマー回路の分離が必要。

6. おわりに

レーザ励起用放電管多並列運転の新しい駆動回路を提案・試作し、満足行く結果を得た。

(平成13年6月26日受付)

文 献

- (1) A.J.Gibson: "Flashlamp-pumped dye lasers for investigations of the upper atmosphere", J. of Phys. E 5 (1972) 971~973.
- (2) 山村、鹿野、内山、十文字: 「コッククロフト回路を用いた放電管シマー回路」、レーザー研究 28 (2000) 50~53.
- (3) P.P.Sorokin, J.R.Lankard, V.L.Moruzzi and E.C.Hammond: "Flashlamp-pumped organic-dye lasers", J. of Chem. Phys. 48 (1968) 4726~4741.
- (4) M.Maeda, Y.Miyazoe: "Flashlamp-excited organic liquid laser in the range from 342 to 889 nm", Japan J. of Appl. Phys. 11 (1972) 692~698.
- (5) H.Uchiyama, M.Jyumonji: "A 110 J highly energetic flashlamp-pumped dye laser" Opt. Rev. 3 (1996) 282~286.
- (6) R.Pappalardo, H.Samelson and A.Lempicki: "Long-pulse laser emission from rohdamine 6G", IEEE J. Quantum Electronics QE-6 (1970) 716~725.

山村 暁宏

(学正員) 1975年生まれ。1998年八戸工業大学工学部電気工学科卒。2000年同大学院工学研究科博士前期課程修了。同年同博士後期課程入学、現在在学中。放電管励起色素レーザの高出力化・高効率化に関する研究に従事。

十文字 正憲

(正員) 1943年生まれ。1968年東京大学工学部電子工学科卒。1973年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。同年学術振興会奨励研究員。1975年東北大学電気通信研究所助手。1976年八戸工業大学電気工学科助教授 1986年同教授、現在に至る。工学博士。高出力レーザの開発、高電圧応用の研究に従事。