

Watt パワー半導体レーザ用 高速パルスドライバ

萩 田 陽一郎*・尾 中 寛*・花 屋 欣 弘**

High Speed Pulse Driver for Watts-
power Semiconductor Lasers

Yoh-ichiro OGITA*, Hiroshi ONAKA*
and Yoshihiro HANAYA**

Abstract

A pulse driver using SCR for laser diodes, characterized by a large drive-current pulse with a pulse-width of order of nano-seconds, has been designed and manufactured for trial. Two types of laser diodes has been operated by the driver. The results have shown that such high power and short pulse-width as following performances are obtained; radiation power of 8.1 watts, radiation pulse-width of 46 nano-seconds in a near-infrared laser and 6.7 watts, 32 nano-seconds respectively in a visible laser. It has been shown that the measurement sensitivity can be improved by applying the laser pulses to the contactless measurement of the minority carrier lifetime in wafer form silicons.

1. ま え が き

超 LSI の集積度が増すにつれてその製造歩留まりが S_i 単結晶基板の結晶欠陥に強く依存することが明らかになりつつあり、結晶品質の一層の向上と、その特性測定評価に対する要求が高まっている。その測定評価法として、非汚染、非損傷、測定の迅速性が要求される。この条件を満たすのは非接触、非破壊測定評価技術である¹⁻⁵⁾。その評価法として結晶欠陥と密接な関係があり、デバイス性能とも関係があるキャリアライフタイムの非接触、非破壊測定評価法が注目されている⁴⁻⁶⁾。この測定系の性能として、どの程度短いライフタイム(τ)を測定できるか、どの程度低い抵抗率(ρ)の結晶基板までライフタイムを測定できるか、さらにどの程度小さい面分解能でライフタイム面分布を測定できるかが問題となる。

ところで、マイクロ波を用いた導電減衰法の原理に基づくライフタイム非接触測定系の検出信号出力は $\rho\tau$ 積が小さい程低下し、 $\rho\tau$ 積の小さい基板では信号検出が困難となる⁶⁻⁹⁾。そこで、測定系の感度を高める必要がある。その技術として ① マイクロ波検出系の感度を高める、② キャリヤ励起光の強度を大にするが考えられる。① ではスロットラインを用いることにより、かなり感度が高められてきた⁷⁻¹⁰⁾。さらに感度を高めるために、上記 ② を検討する必要がある。上記 ② としては、従来、LED パルス光、 X_e 管パルス光が用いられてきたが、それらでは、短いライフタイムを測定する際に要求される高速スイッチングパルス光を得ることは現状では難しく、かつ低抵抗率結晶基板の τ の測定に必要な光強度を得にくい。さらに、面分解能を高めるために要求される小さい光スポットサイズを得ることも難しい。

そこで、本論文では、半導体レーザの高速スイッチング性、高出力性、高光収束性に着目し、 ns オーダのパルス幅でワットオーダの光出力を近赤外半導体レーザ、可視光半導体レーザで得るための SCR スwitchング形レーザ駆動回路を設計試作し、発光実験を行い

Received Oct. 6, 1983

* Dept. of Electrical Engineering, Ikutoku Technical Univ., Atsugi 243-02

** Yamatake Keiso Co. Ltd., Shinagawa 140 (Present address)

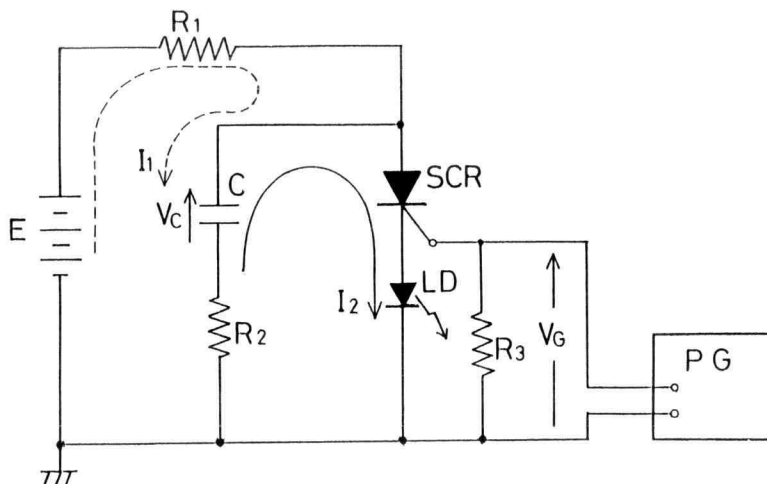


Fig. 1. Laser diode driver circuit using SCR.

さらにそれらをライフタイム非接触測定系のキャリア
励起光源として適用を試みた結果について報告する。

徴である。

2. レーザダイオード駆動回路の動作原理

Fig. 1 に SCR を用いた LD 駆動回路を Fig. 2 にその動作原理図を示す。SCR がターンオフの時、コンデンサ C は R_1 を通して E により E の電圧まで Fig. 2 (b) のように充電される (R_2 は電流観測用抵抗で 1Ω であり、 $R_2 \ll R_1$ である)。パルスジェネレータ (PG) から Fig. 2 (a) のようなゲートパルスがゲートに印加されると、SCR はターンオンし、 C に蓄えられていた電荷が LD を通して放電し、LD に (c) のような放電電流 I_2 (LD 駆動電流) が流れ LD が発光する。 I_2 が SCR の保持電流以下になると SCR はターンオフし、再び C への充電が (b) のように始まり、これが繰り返される。SCR は放電電流が保持電流以下になると自動的にターンオフするため、ゲートパルス幅 T_2 は放電時間より長くてもよく、通常のトランジスタを用いたスイッチング回路に比較して励起パルスのパルス幅およびパルス下降時間に対する制約が小さいのが特

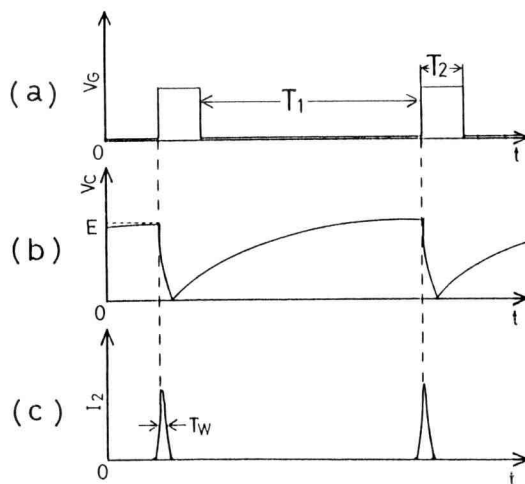


Fig. 2. Schematic waveforms for explanation of switching mechanism.

- (a) Gate-pulse waveform
- (b) Capacitance-voltage waveform
- (c) LD drive-current waveform

Table 1 Rating of laser diodes used.

型 名	波 長 (nm)	最大パルス幅 (ns)	最大デューティ比 (%)	最大電流 (A)	閾値電流 (A)	光出力(最大電流) (W)
LD-65	904	200	0.1	40	13	12
LA-65	776	80	0.05	30	18	8

3. 設 計

ライフタイム測定用光源としての LD はできるだけ光出力が大きいものが望まれる。そこで、それに適した近赤外 LD (LD-65), 可視光 LD (LA-65) の 2 種類を選定した。その定格¹¹⁾を Table 1 に示す。それらの駆動電流パルスの設計仕様を Table 2 のように決定した。駆動電流パルス I_2 のパルス幅は $R_1 = R_2 + R_s + R_D$ (ここで, R_s : SCR のターンオン時の等価抵抗,

R_D : LD の順方向抵抗) と C との積で決まる時定数に依存することが予想できる。また, LD 光の光出力を決める駆動電流パルスの大きさは C に蓄積される電荷 ($=CE$) に依存する。Table 2 の仕様に記したパルス幅を得るように C の値を決定するために, 直流電源電圧 E を変え, 駆動電流パルスの大きさをパラメータとして駆動電流パルス幅 T_w の C 依存性を測定した結果が Fig. 3 である。この際, Fig. 1 での LD の代りに $R_D = 0.5\Omega$ のダミー抵抗を用いた。この抵抗値は LD の順方向特性の規格から求めた近似値である。SCR の R_s の電流依存性を測定したところ, I_2 が 15A~30A の範

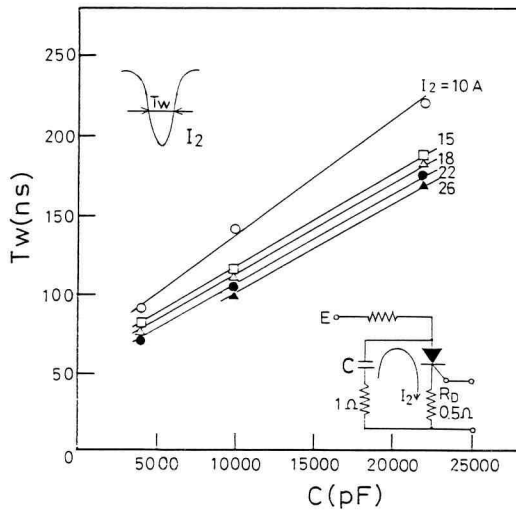


Fig. 3. Capacitance dependence of drive-current pulse-width.

Table 2 Design conditions.

パルス幅 (n s)	駆動電流 (A)	パルス周期 $T_1 + T_2$ (m s)
< 80	> 18	10

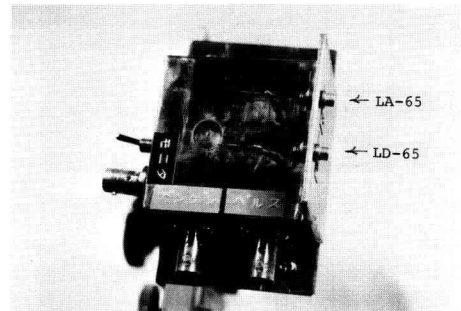


Fig. 4. LD driver manufactured for trial.

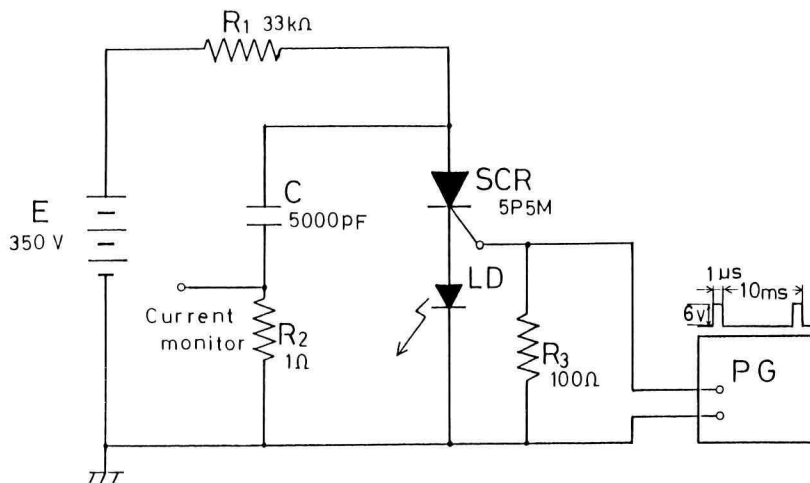


Fig. 5. LD driver-circuit designed.

用で R_s は $9.1\Omega \sim 6.9\Omega$ となり、上で用いた $R_D = 0.5\Omega$ は $R_D \ll R_s$ の関係にあり、 $C R_t$ の時定数は主に $C R_s$ で決定され、 R_D の値は厳密に選ぶ必要はないと言える。設計仕様を満たす駆動電流値 $18A$ 以上でパルス幅が $80 ns$ 以下となる C の値は Fig. 3 から $5,000 pF$ と決定できる。 R_1 は Fig. 2 の T_1 区間内で C が E に充電し終えるような時定数に選ばば良い。つまり、 $CR_1 < T_1$ の条件から決定できる。本設計では仕様から $T_1 = 10 ms$ なので、 R_1 は $33 k\Omega$ に選んだ。

4. 試作結果

Fig. 4 に 2 種類の LD を実装して実際に作製された LD 駆動器を示す。スイッチング時のノイズを減少す

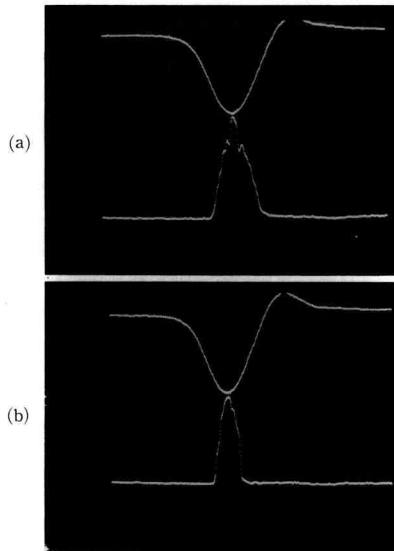


Fig. 6. Observed waveforms of drive-current pulse and laser radiation pulse.

(a) LD-65

Top: Drive-current pulse

Vert.: 10 A/div.

Hori.: 50 ns/div.

Bottom: Laser radiation pulse

Vert.: 50 mV/div.

Hori.: 50 ns/div.

(b) LA-65

Top: Drive-current pulse

Vert.: 10 A/div.

Hori.: 50 ns/div.

Bottom: Laser radiation pulse

Vert.: 50 mV/div.

Hori.: 50 ns/div.

Table 3 Typical performances measured.

型 名	駆動電流 パルス幅 (ns)	光パルス幅 (ns)	発光出力 (W)	駆動電流 の可変幅 (A)
LD-65	79	46	8.1 ($I_2=29A$)	0~40
LA-65	72	32	6.7 ($I_2=25A$)	0~30
		$I_2=25 (A)$		

るため、回路全体をシールドケース内に入れてあり、ゲートパルスと直流電源 E をスイッチで切替えることにより、2 種類の LD のうちどちらでも発光できる構造となっている。このケース中には、上記 3 で設計された C と R_1 の値を用いた回路 (Fig. 5) が 2 組入っている。本器の LD 発光時の駆動電流波形と PIN ホトダイオード (応答時間 $0.2 ns$) で受光した発光波形の同時観測結果の一例を Fig. 6 に示す。発光出力はエネルギーメータを利用して求めた。駆動電流は E を SCR の順方向耐圧以下で可変することにより調整できる。これらの結果をまとめて、Table 3 に示す。Table 3 は Table 2 に示す設計仕様を満たしていることが分かる。

5. ライフタイム信号測定への応用

試作した LD 発光器を、単結晶基板の表と裏の表面再結合速度、パルクライフタイムを非接触分離測定可能な 2 色光法^{12,13)} の光源としての適用を試みた。非接触ライフタイム測定系¹⁰⁾ の光導信号の検出波形の

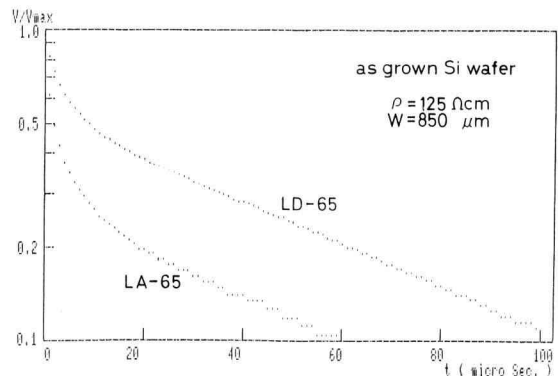


Fig. 7. Photoconductive decay curves of the wafer form silicon, obtained from the contactless measurement due to the diode-laser pulse irradiations.

一例を Fig. 7 に示す。従来の LED 光では観測困難であったものが (試作した LD 光パルス幅と同一なパルス幅を持つものとして) Fig. 7 のように観測可能となった。さらに本 LD 発光器 (LD-65) を光源として用いた非接触測定により $\rho\tau$ 積が $0.1\Omega\text{cm}\mu\text{sec}$ ($\tau=70\text{ ns}$, $\rho=1.5\Omega\text{cm}$) と小さい S_i 基板のライフタイムを測定できる¹⁴⁾ことが分かった。

6. あとがき

SCR を用いたレーザダイオード発光用高速スイッチング駆動回路を設計試作した。その結果, 近赤外レーザダイオードで発光パルス幅 46 ns, 発光出力 8.1 W, 可視光レーザダイオードで発光パルス幅 32 ns 発光出力 6.7 W の性能を少なくとも持つような発光源を得ることができた。それを非接触ライフタイム測定器のキャリア励起光源に適用したところ, 従来の LED 光源では測定困難であったライフタイム信号波形を観測することが可能となり, その感度向上への有用性が示された。

文 献

1) 古川, 「応用物理」**47**, 4 (1978) p. 391

2) 古川, 「日経エレクトロニクス」No. 205 (1979) p. 94
 3) 古川, 「電子材料」No. 2 (1981) p. 22
 4) 石原, 荻田, 「応用物理」**47**, 7 (1978) p. 659
 5) 荻田, 石原, 「応用物理」**47**, 7 (1978) p. 602
 6) 荻田, 堀口, 古川, 「応用物理」**49**, 9 (1980) p. 930
 7) 荻田, 「第 26 回応用物理学関係連合講演会予稿集」(1979) 30P-P-9
 8) Y. OGITA, 「Res. Rep. of Ikutoku Technical Univ.」B-6 (1981) p. 105
 9) Y. OGITA, 「Res. Rep. of Ikutoku Technical Univ.」B-6 (1981) p. 111
 10) Y. OGITA, 「Jpn. J. Appl. Phys.」**19**, 11 (1980) p. 2309
 11) Laser Diode Laboratories, Inc., Catalogue No. LD574, LD-681RB
 12) 荻田, 「第 43 回応用物理学学会講演会予稿集」(1982) 30 a-P-1
 13) 荻田, 尾中, 「第 43 回応用物理学学会講演会予稿集」(1982) 30 a-P-2
 14) 池上, 荻田, 山崎, 尾中, 太田, 坂田, 「第 44 回応用物理学学会講演会予稿集」(1983) 25 P-M-10