

残留キャリア引き抜きによる 可視光通信用複数色 LED 駆動回路の高速化

7312061 康 自成

1 背景

近年、発光ダイオード (LED : Light Emitting Diode) を用いた光源の普及に伴い、照明機能と通信機能を両立可能な可視光通信技術に注目が集まっている。この照明可視光通信の高速化のためには、(1) 高い周波数利用効率を達成する変調方式の提案、(2) 可視光通信用 LED 駆動回路の高速化、が必要不可欠である。これまで (1) については複数色の LED を用いた Color Shift Keying 方式 (CSK) や、この CSK 方式での LED 非線形発光による性能劣化を回避可能なデジタル制御型 CSK (DCSK) 方式など、複数色 LED を用いた変調方式が検討されている。また、(2) については、LED の PN 接合部に発生する容量を原因とする変調速度制限を解決可能な、残留キャリア引き抜きによる LED 駆動回路が提案されている。そこで、本研究では、(1)、(2) の要求を同時に満たすために、残留キャリア引き抜きによる可視光通信用複数色 LED 駆動回路について検討を行う。

2 従来研究と目的

LED の伝送速度は、LED 自身の PN 接合容量により大きく制限されている。これは LED が ON 状態から OFF 状態に変わる際に、接合容量に残る残留キャリアの放電時定数が高く、消灯に時間がかかるためである。これに対し、図 1 の残留キャリア引き抜きによる可視光通信用 LED 駆動回路が提案されている [1]。

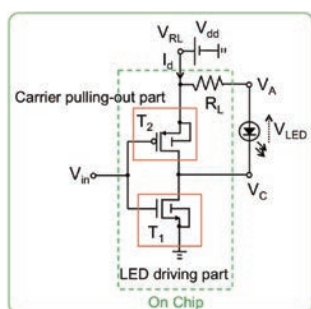


図 1 残留キャリア引き抜きによる可視光通信用 LED 駆動回路

この回路は、LED 消灯時の残留キャリアを、CMOS プロセスを用いたインバータ回路のスイッチング動作により強制的に引き抜く構成となっている。しかし、青色 LED のみでの評価にとどまっております、DCSK のような複数色を用いた変調方式を見据え、複数色での評価が必要となる。そのた

め、本研究では、キャリア引き抜き機能を備えた複数色 LED 駆動回路の設計、試作し、LED 駆動性能を評価することで、複数色 LED を用いた LED 駆動の高速化を目的としている。

3 LED 駆動回路設計

本研究では、残留キャリア引き抜きを用いた LED 駆動回路を VDEC を通して、ROHM 0.18 μm CMOS プロセスで集積化している。LED 駆動回路、諸元は図 2 のようになっている。そして IC 全体図を図 3 の左、さらに右に 1 つのドライバーを拡大したものを示す。さらに、作成した IC を基板上に実装した LED 駆動回路全体の写真を図 4 に示す。

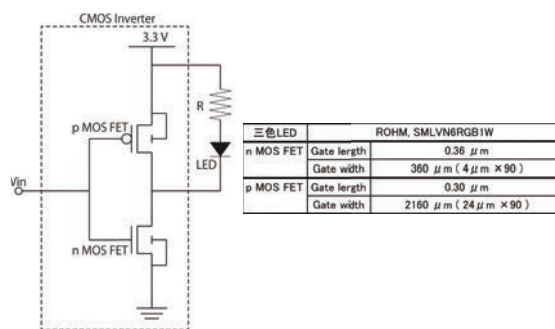


図 2 LEDdriver

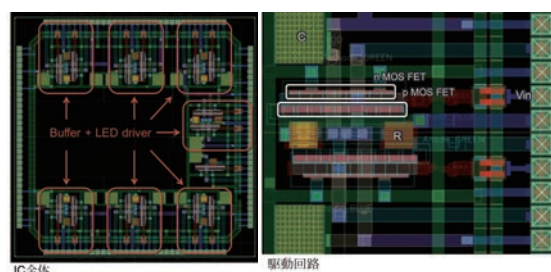


図 3 IC 全体図

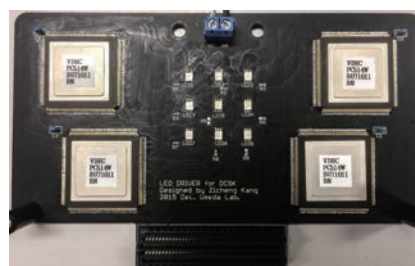


図 4 LED 駆動回路

4 評価方法

作成した駆動回路の、立ち上がり時間、立ち下がり時間を測定、さらにアイパターンを観測しアイ開口率を求める。その際、作成した駆動回路と比較するためにキャリア引き抜き部が無く、同じLEDを使用したものを用意した。セットアップを図5、諸元を表1に示す。

FPGAでNRZ PRBS信号を入力する。FPGAのインターフェースは2.5LVCMOSであり、CMOSインバーターは3.3Vでの設計であるため、CMOSインバーターをバッファ、駆動部分の2つに分けて使用している。受信機として、PDとTIAからなるものとAPDモジュールの2種類用意した。立ち上がり、下がり時間の測定ではAPDモジュールを使用し、アイパターンの観測では15MHzまでの測定にPDとTIAを用い、15MHz以上ではAPDモジュールをそれぞれ使用した。

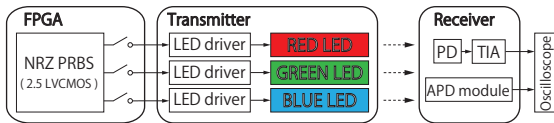


図5 セットアップ

表1 諸元

FPGA		XILINX, ML605
Oscilloscope		Agilent, infinium 54855A DSO
PD		HAMAMATU, S6775
APD		HAMAMATU, C5658
送, 受信機間距離	PD	18mm
	APD	1mm

5 結果

5.1 立ち上がり, 下がり時間

各色での結果を表2に示す。全色で、作成した駆動回路と比較用駆動回路を比較し立ち下がり時間が短くなっていることから、キャリア引き抜きの効果が現れていることが確認できた。

表2 立ち上がり, 下がり時間

		キャリア引き抜き	
		あり	なし
BLUE	立ち上がり [ns]	10.2	15.7
	立ち下がり [ns]	7.8	69.8
RED	立ち上がり [ns]	12.4	17.1
	立ち下がり [ns]	9.9	57.4
GREEN	立ち上がり [ns]	45.0	79.5
	立ち下がり [ns]	108.6	270.7

5.2 アイ開口率

各色のアイ開口率の測定結果を図6に示す。グラフより、全色でキャリア引き抜きによる駆動特性の向上が確認できた。しかし、緑色LEDのみ赤・青色LEDと比較して早くアイ開口率が落ちている。

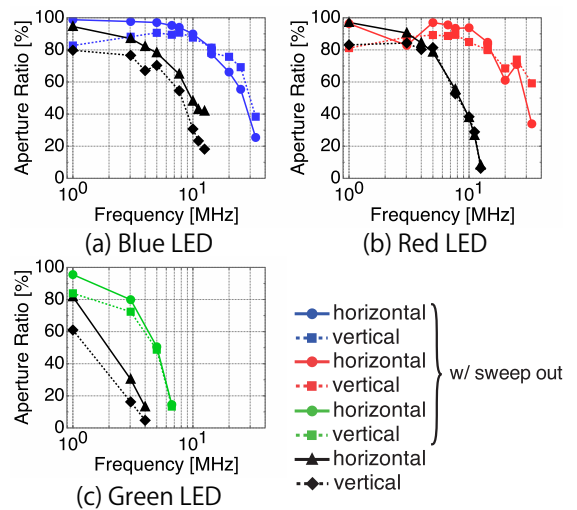


図6 アイ開口率

6 まとめ

本研究では、複数色LEDを用いたLED駆動の高速化を目的とし、残留キャリア引き抜き回路のLED駆動特性をRGBの三色で評価した。結果として、キャリア引き抜きにより全色で駆動特性は向上したが、緑色LEDのみ赤・青色LEDほどの効果が確認できなかった。そのため、緑色LEDの駆動特性が赤・青色LEDより悪いことについての調査が課題となる。

参考文献

- [1] Toshiki Kishi, Hiroyuki Tanaka, Yohtaro Umeda, and Osamu Takyu, "A High-Speed LED Driver That Sweeps Out the Remaining Carriers for Visible Light Communications," JOURNAL OF LIGHT-WAVE TECHNOLOGY, VOL. 32, NO. 2, JANUARY 15, 2014