

# 電流バランス機能を備えた 高拡張性LEDドライバの動作解析

多田 喜耶 佐藤 祐介 鵜野 将年 (茨城大学)

## 研究背景

**LEDの輝度は電流依存**  
順方向電圧ばらつき

**LEDの輝度ばらつき**

**LEDの並列接続**

- 低電圧で駆動可能
- LEDの輝度が不均一

**LEDの直列接続**

- 輝度を均一化
- 電源の高電圧化

**LEDドライバ概念図**

- 電流バランス
- 輝度均一化
- 電源の高電圧化回避

**各LEDストリングにコンバータを使用した方式**

- 回路の複雑化
- コンバータ多数必要
- 高コスト化

**各LEDストリングに可変抵抗器を使用した方式**

- 低効率

**従来のLEDドライバの問題点**

- 電流センサ多数必要
- 高コスト化
- 電流バランス制御必要

**多巻線トランス**

トランスを介して交流電流が流れる

**無制御で電流バランスが可能な方式**

- 多巻線トランス必要
- 低拡張性
- 設計困難
- 回路の大型化
- ストリング数の大幅な拡張困難

**4ストリングに拡張したLEDドライバ**

## 提案LEDドライバ

**4ストリング用LEDドライバ**

トランス1次側 (LLCコンバータ)      トランス2次側 (LEDドライバ)

常状態における電荷保存則を利用

- 無制御で電流バランス
- 高拡張性
- ダイオードとコンデンサの追加のみで拡張可能
- 任意のストリング数に拡張可能

常時にC<sub>b</sub>に流れる電流

C<sub>b</sub>に流れる平均電流は0

正負の電流は等しい

**6ストリング用LEDドライバ**      **8ストリング用LEDドライバ**

**ストリング数拡張の例**

ストリング拡張時もC<sub>b1</sub>~C<sub>b5</sub>の電荷保存則により無制御で電流がバランスされる

## 動作モード

**各部動作波形**

**トランス2次側電流経路**

**トランス1次側 (LLCコンバータ) 電流経路**

Mode 1, 8

Mode 2, 3, 6, 7

Mode 4, 5

Mode 1

Mode 2

Mode 3

Mode 4

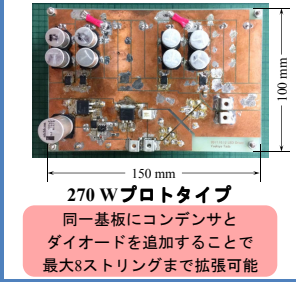
Mode 5

Mode 6

Mode 7

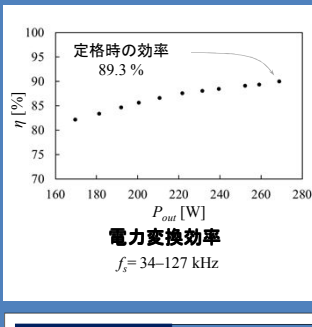
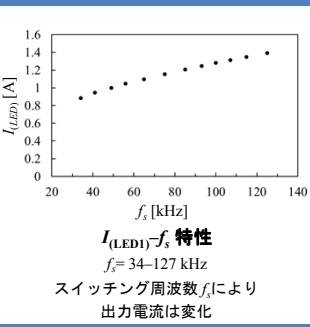
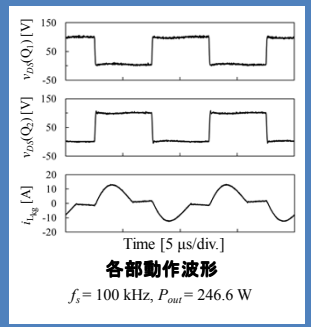
Mode 8

## 実機検証



**実験条件**

ストリング数	4
V <sub>out(LED1)</sub>	45 V
V <sub>out(LED2)</sub>	47 V
V <sub>out(LED3)</sub>	49 V
V <sub>out(LED4)</sub>	51 V
V <sub>in</sub>	100 V
共振周波数 f <sub>r</sub>	159.2 kHz
最大出力 P <sub>out(MAX)</sub>	270 W
電子負荷でLEDの順方向電圧ばらつきを模擬	



**素子**      **定数**

C <sub>in</sub>	Al Electrolytic Capacitor, 100 μF
Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub>	FDB28N30TM, R <sub>on</sub> = 108 mΩ
C <sub>r</sub>	Film Capacitor, 1.00 μF
C <sub>1</sub> ~C <sub>4</sub>	Al Electrolytic Capacitor, 150 μF, 2 Parallel
C <sub>b</sub>	Ceramic Chip Capacitor, 10 μF
D <sub>1</sub> ~D <sub>4</sub>	Silicone Diode, V <sub>FLM(LX)</sub> = 0.94 V
Gate Driver	IRS2184SPBE, t <sub>d</sub> = 400 ns
Tr	N <sub>1</sub> : N <sub>2</sub> = 10: 20, L <sub>mg</sub> = 67.0 μH, L <sub>Ag</sub> = 1.0 μH

**出力電流**

スイッチング周波数 f <sub>s</sub> [kHz]	34	65	85	100	115	127
I <sub>(LED1)</sub> [A]	0.886	1.098	1.205	1.280	1.349	1.398
I <sub>(LED2)</sub> [A]	0.880	1.094	1.202	1.276	1.345	1.395
I <sub>(LED3)</sub> [A]	0.880	1.092	1.200	1.275	1.343	1.394
I <sub>(LED4)</sub> [A]	0.880	1.094	1.204	1.280	1.346	1.398

いずれの周波数においても出力電流は無制御でバランス



**今後の予定**

- 6-8ストリングでの動作解析
- 出力電流の定式化
- 出力電流の制御を可能に
- 適切な素子の選定
- 電力変換効率の改善
- PWM制御可能な方式へ変更