

平成 23 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「長寿命、高効率かつ高付加機能を持つ次世代 LED 照明の技術開発」

研究開発成果等報告書

平成 24 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社タキオン

目次

第1章 研究開発の概要.....	3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標.....	4
1-2 研究体制.....	6
1-3 成果概要.....	8
1-4 当該研究開発の連絡窓口.....	9
第2章 本論.....	10
①新規駆動回路方式のLSI化.....	12
②新規駆動回路方式とPLC機能の融合検討.....	36
③新規駆動回路方式と変調機能の融合検討.....	39
④センサ機能搭載研究.....	44
⑤完成体ランプ製作・評価.....	48
特許出願.....	51
最終章 全体総括.....	55
用語の解説.....	58

第1章 研究開発の概要

本事業は、新規回路方式・高集積基板の開発による小型化と、加えて PLC（電力線通信）機能との融合を果たすことで、より省エネ効果（建物全体での調光・消灯）が高く、用途に応じた調色制御を可能にする高度化 LED 照明に関する技術開発である。

具体的には新規駆動回路方式の開発と 1 チップ LSI 化、高集積実装化、通信機能とセンサ機能の搭載、さらにはランプ完成体サンプル試作までを範囲に入れている。

本年度は前年度作成 TEG-I（WS1）の評価を元に、機能追加かつ完成度を高めた TEG-II（WS2）によりケミコンレス駆動を達成する PWM パルス駆動機能を持つ IC を製作した。

前年度において作成した、PLC による 3 チャンネルリモート調光機能を実現するブレッドボードを元に、上記 IC と PLC 制御 IC の HIC 混載およびモジュール化を行い、小型電球型ランプへの組み込みを可能にした。「高耐圧」チップとデジタルチップ（低電圧）が同一モジュール上に混載されることを特徴とする。

多機能化・高機能化の観点から、周辺調光などのセンサ機能を実現するため、上記モジュールに加えることができるセンサ制御回路を作成評価した。また新規光学系の発展として、LED マトリックスによる虚像光学系を製作した。

完成体ランプの目標性能は、電力変換効率 80%以上、6W の自己消費で従来の白熱球換算で 60W の輝度：光束で 120lm/W：筐体表面で最高温度域にて 50℃以下である。新規光学設計の採用で効率の低下を抑えた該真球状の照射性能、つまり「今の LED 電球はランプ球の上半分のみ光る（従来品との違和感）」という市場の声に対して、これを払拭する体感レベルを目指す（従来のフィラメント電球イメージ）。製品信頼性を確保するため材質と形状を選定の上、表面積を大きくすることにより放熱性能に優れた電球ケースを作成した。東芝ライテックなど協力企業との連携を深め、市場の見通しに関する情報を得ながら製品化への足掛かりを確保した。

以下の内容を実施した

① 新規駆動回路方式の LSI 化（実施：株式会社タキオン、株式会社 TM リンク）

前年度作成 TEG-I（WS1）の評価を行い、さらに回路を改良かつ新規アイデアを盛り込んだ TEG-II（WS2）の回路ブロック・トポロジー設計、回路図入力、レイアウト設計、プロセス流動、ウエハの完成評価を行い、ケミコンレス駆動可能かつ PLC 機能を有するマルチチップ HIC を仕上げた。LED 素子から受ける熱と搭載部品による熱の放熱確保のために対策を施した構造を考慮し、新規アイデアについては特許出願を行った。

② 新規駆動回路方式と PLC 機能の融合検討（実施：株式会社タキオン、株式会社 TM リンク）

新規駆動方式と PLC 機能の融合を目指して、前年度に設計・製作・評価を行った B/B（ブレッドボード）を元に、①において製作した HIC による電源モジュールを製作した。

③ 新規駆動回路方式と変調機能の融合検討（実施：株式会社タキオン、慶応義塾大学）

前年度は変調方式の検討として、3 チャンネル LED 調光・調色回路設計と、従来方式の見直しと新規方式の発案を行った。また新規光学系の構想として、

LED マトリックスによる虚像光学系を発案した。これを元に、今年度は新規変調方式の具体化と試験ボード製作実験を行い、光学設計と試作品を完成させる。

④ センサ機能搭載研究（実施：株式会社タキオン、慶応義塾大学）

前年度において行ったセンサチップの使用可能性検証、基本トポロジーの策定と回路試作をもとに、さらに実験改良を重ねてセンサ方式の具体化と試験ボード製作実験、光学設計と試作品を完成させる。新規かつ進歩性を有する概念があれば特許出願を行う。

⑤ 完成体ランプ製作・評価（実施：株式会社タキオン、株式会社 TM リンク）

製品信頼性を確保するため放熱性能に優れた電球ケースに、上記により製作した IC, HIC, モジュールを組み込んだユーザ評価可能な電球型ランプを製作する。

⑥ プロジェクトの管理・運営（実施：株式会社タキオン）

事業管理機関・株式会社タキオンにおいて、本プロジェクトの管理を行った。プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめ、成果報告書 2 部及び電子媒体（CD-ROM）1 式を作成した。

本研究の実用化に向けた到達の度合いを検証するとともに、事業化に向けての課題等について研究実施者と調整を行った。協力機関との連携、マーケティングその他調査を行い、再委託先事業者が作成する証憑書類について、指導・確認を行った。

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律に基づく、特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、電子部品・デバイスの実装に関わる技術について下記事項を目標とする

- ・小型・高密度集積化
- ・多機能化・高機能・大容量高速情報処理化

LED 照明では小型口金に合う製品が強く求められている。小型で LED 本来の長寿命・高効率を生かすには LED 駆動回路部の小型化・高集積化が必要であり、併せて多機能化・高機能化が期待されている。本開発では新規回路方式・高集積基板の開発による小型化と、加えて PLC（電力線通信）機能との融合を果たすことで、より省エネ効果（建物全体での調光・消灯）が高く、用途に応じた調色制御をも可能とする高度化 LED 照明の技術開発を行う。

研究の目標として、小型化・高密度集積化のニーズおよび多機能化・高機能化のニーズに対応し以下の項目を掲げる。

- ・新規駆動回路を用いて（PLC 機能・変調機能との融合を含む）、大きさ（従来基板面積比）で、40%（以上）の削減達成。
- ・新規駆動回路の LSI 化の達成、ただし、LSI 化にあたっては同様に PLC 機能・変調機能との融合達成を含む。
- ・新規駆動方式と PLC 機能、変調機能の融合達成としては、PLC にて LED ランプを遠隔操作

するファンクションを達成すること。すなわち想定する新規のアプリケーション（博物館・植物工場等）において、本開発終了後少なくともモニタ試験に供してもらえるレベルとする。

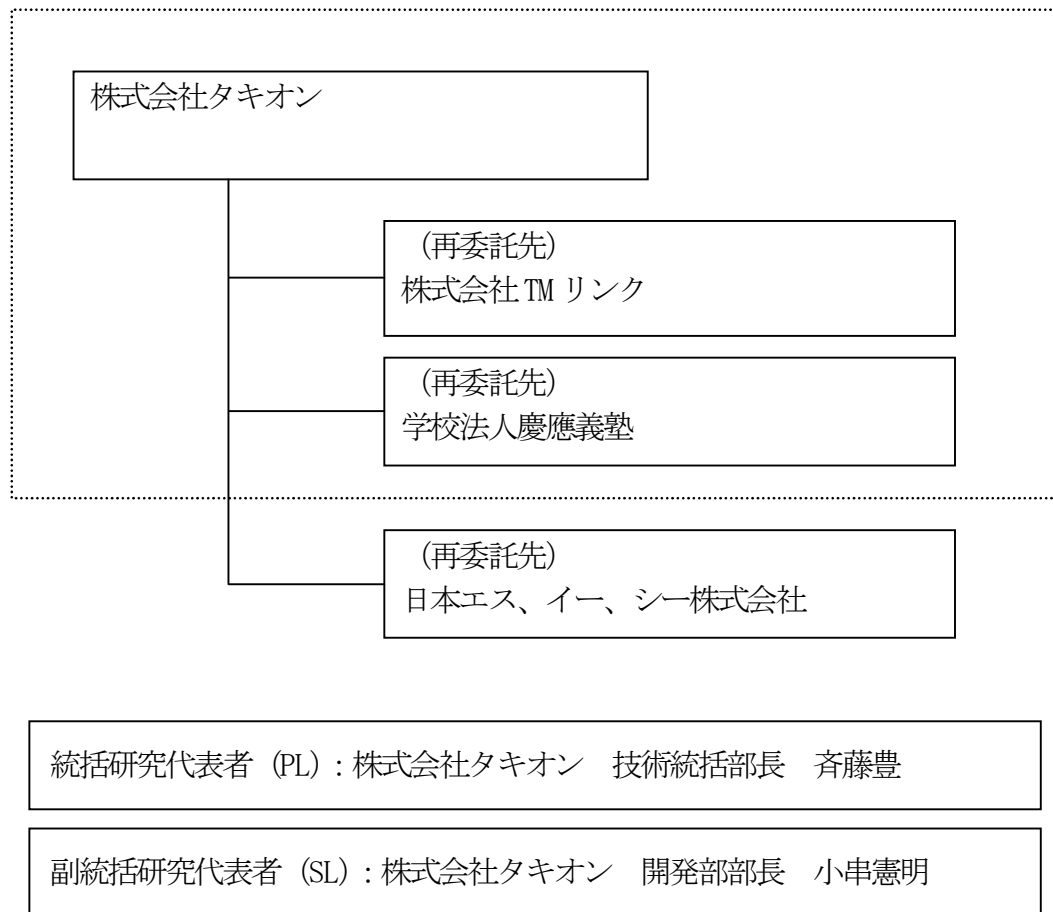
- ・高集積実装において、製作した専用 LSI を用い、ベアチップ HIC 高密度実装にて E17 電球への実装を可能とする大きさに収まるものとする。発熱と EMC ノイズに関しては IEC61000-3-2 および VCCI-A をクリアするものとする。

- ・センサ機能搭載研究においては LED 自体をセンサチップとして使用可能かの見極めを行い、基本トポロジーの策定を目指す。

- ・完成体ランプ性能として、電力変換効率 80%以上、6W の自己消費で従来の白熱球換算で 60W の輝度：光束で 120lm/W：筐体表面で最高温度域にて 50℃以下の達成。および、新規光学設計の採用で効率の低下を抑えた該真球状の照射性能を目指す。

1-2 研究体制

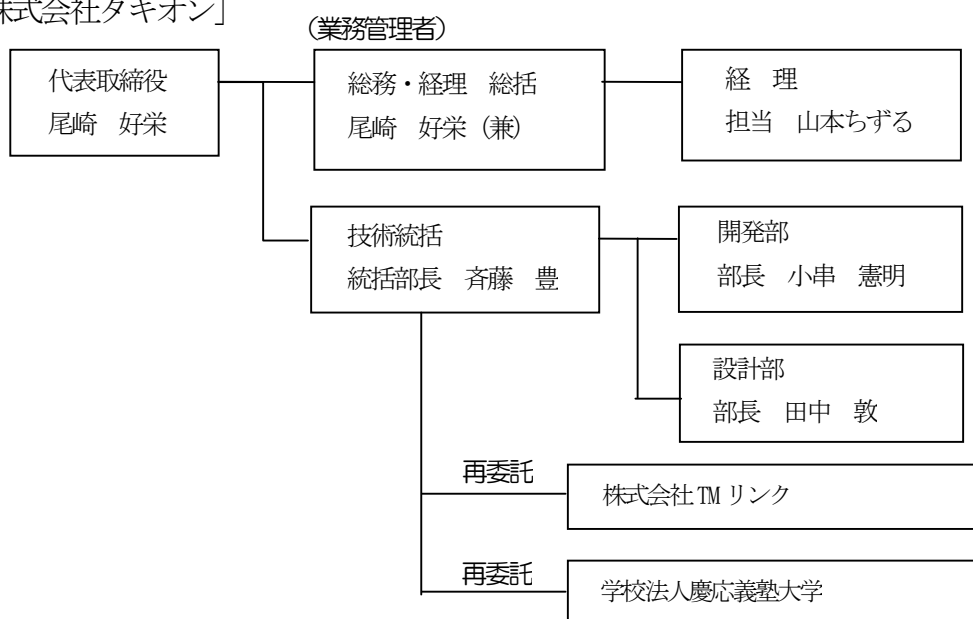
(1) 実施体制



(2) 管理体制

事業管理機関

[株式会社タキオン]



(3) 管理員及び研究員

【事業管理機関】株式会社タキオン

①～⑤は実施サブテーマ、⑥は管理業務

管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
尾崎好栄	代表取締役 社長	⑥
斉藤豊	技術統括 技術統括部長	⑥
小串憲明	開発部 部長	⑥

研究員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
小串憲明	開発部 部長	①②③④⑤
田中敦	設計部 部長	①②⑤
長谷川健志	設計部 担当	①②⑤
石栗宏一郎	開発部 担当	①②⑤
蔵方憲文	開発部 担当	①②⑤

【再委託先】

株式会社 TM リンク

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
上野公二	設計/技術ディレクター	①②⑤
霜田憲一	開発 担当	①②⑤
須藤俊哉	開発 担当	①②⑤

慶應大学

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
春山真一郎	慶應大学大学院システムマネジメント研究科教授	③④

(4) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

株式会社タキオン

(経理担当者)	総務・経理総括 経理担当	山本 ちずる
(業務管理者)	代表取締役 社長	尾崎 好栄
(業務管理者)	技術統括 技術統括部長	斉藤 豊

(再委託先)

株式会社 TM リンク

(経理担当者)	経営企画室 経理担当	三宅 修
(業務管理者)	経営企画室長	岸本 保

学校法人慶應義塾（慶應義塾大学）

（経理担当者）日吉研究支援センター事務長 中村 好孝

日吉キャンパス事務運営サービス会計担当課長 黒田 修生

（業務管理者）大学院 システムデザインマネジメント研究科委員長 前野 隆司

大学院 システムデザインマネジメント研究科教授 春山 真一郎

（５）他からの指導・協力者

研究開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
斉藤豊（兼）	株式会社タキオン 技術統括 技術統括部長	☒ PL
小串憲明（兼）	株式会社タキオン 開発部 部長	☒ SL
春山真一郎	慶應大学大学院システムデザインマネジメント研究科教授	アドバイザー

1－3 成果概要

①新規駆動回路方式のLSI化（実施：株式会社タキオン、株式会社TMリンク）

前年度作成 TEG-I（WS1）の評価を行い、さらに回路を改良かつ新規アイデアを盛り込んだ TEG-II（WS2）の回路ブロック・トポロジー設計、回路図入力、レイアウト設計、プロセス流動、ウエハの完成評価を行い、ケミコンレス駆動可能かつ PLC 機能を有するマルチチップ HIC を仕上げた。LED 素子から受ける熱と搭載部品による熱の放熱確保のために対策を施した構造を考慮し、新規アイデアについては特許出願を行った。

②新規駆動回路方式と PLC 機能の融合検討（実施：株式会社タキオン、株式会社 TM リンク）

新規駆動方式と PLC 機能の融合を目指して、前年度に設計・製作・評価を行った B/B（ブレッドボード）を元に、①において製作した HIC による電源モジュールを製作した。当初の研究目標では、ベアチップ HIC 高密度実装にて E17 電球への実装を可能とする大きさに収まるものとしていたが、内容積の理由から E26 電球への実装とした。

③新規駆動回路方式と変調機能の融合検討（実施：株式会社タキオン、慶應義塾大学）

前年度は変調方式の検討として、3 チャンネル LED 調光・調色回路設計と、従来方式の見直しと新規方式の発案を行った。また新規光学系の構想として、LED マトリックスによる虚像光学系を発案した。これを元に、今年度は新規変調方式の具体化と試験ボード製作実験を行い、光学設計と新規（投影）光学系照明試作品を完成させた。

④センサ機能搭載研究（実施：株式会社タキオン、慶應義塾大学）

前年度において行ったセンサチップの使用可能性検証、基本トポロジーの策定と回路試作をもとに、さらに実験改良を重ねてセンサ方式の具体化と試験ボード製作実験、光学設計と試作品を完成させる。駆動回路方式と投影光学系について特許出願を行った。

⑤完成体ランプ製作・評価（実施：株式会社タキオン、株式会社 TM リンク）

製品信頼性を確保するため放熱性能に優れた電球ケースに、製作したモジュールを組み込んだユーザ評価可能な電球型ランプを製作した。

電力変換効率 80%以上、6W の自己消費、筐体表面で最高温度域にて 50℃以下の目標仕様はほぼクリアしている。

⑥プロジェクトの管理・運営（実施：株式会社タキオン）

事業管理機関・株式会社タキオンにおいて、本プロジェクトの管理を行った。プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめ、成果報告書 2 部及び電子媒体（CD-ROM）1 式を作成した。最終年度であるため研究開発成果等報告書（CD-ROM）も作成した。

本研究の実用化に向けた到達の度合いを検証するとともに、事業化に向けての課題等について研究実施者と調整を行った。協力機関との連携、マーケティングその他調査を行い、再委託先事業者が作成する証憑書類について、指導・確認を行った。

委託契約期間内に 3 回程度開催するとしていた研究開発推進委員会は、打合せの際随時開催とした。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社タキオン TEL：03-3495-4801、FAX：03-3495-6040

技術統括部長 齊藤豊

E-mail：saitoy@takion.ne.jp

開発部長 小串憲明

E-mail：kogushi@takion.jp

第2章 本論

ケミコンレス方式

本プロジェクトにおいては、投影光学照明以外のLED駆動回路にケミコンレス（電解コンデンサレス）方式を応用している。先ずこの方式について触れ、サブテーマ別に概観する。照明器具では発熱する光源であるLEDと駆動回路が狭い同一空間内に組み込まれることが多く、駆動回路基板の温度が60℃を超える場合がある。高温環境下では、電解コンデンサ（ケミコン）の寿命がLEDの数分の一と著しく短くなる。例えばLEDの寿命が40000時間であってもケミコンの寿命が10000時間近くになると、ほぼ10000時間が照明器具としての寿命となる。

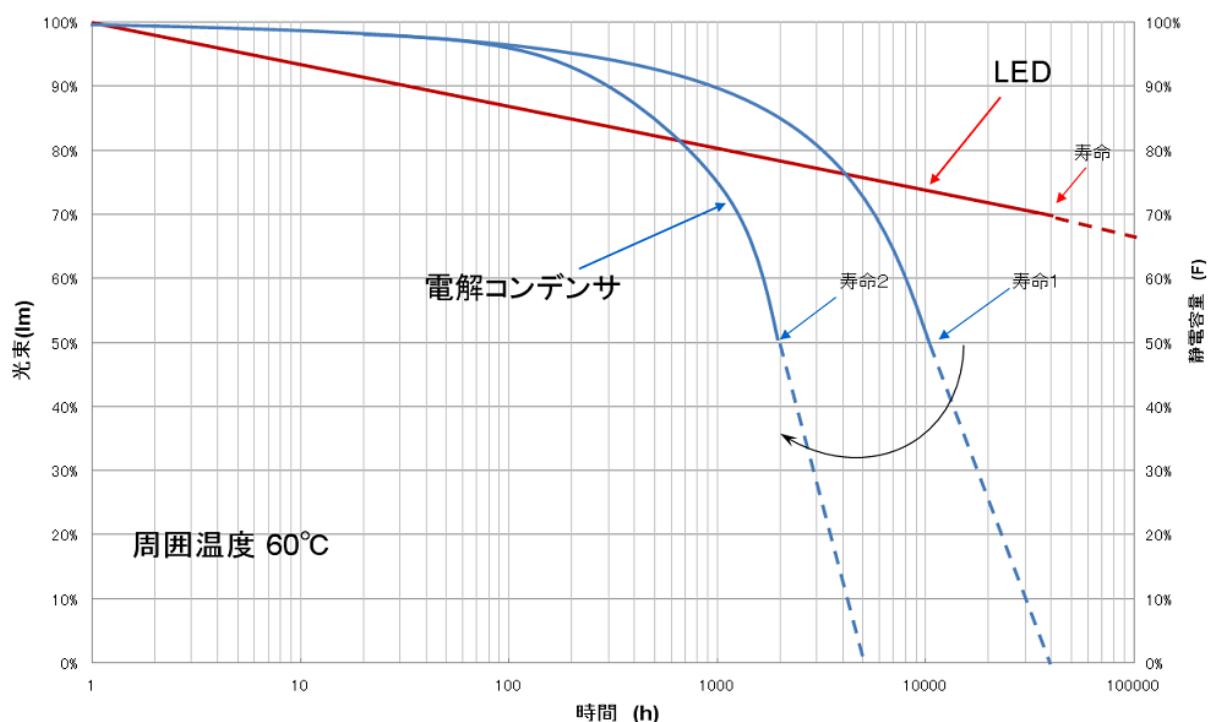


Fig. 1-1 使用温度60℃時のLEDと電解コンデンサの寿命

ケミコンレス方式は、大容量キャパシタによる電源平滑を行わないことで、寿命低下の原因となるケミコンを使用しない駆動回路方式である。

LED電球を例にとると、ケミコンを有する従来品の設計寿命はLEDの寿命となるが、実使用による寿命はケミコンの寿命である。ケミコンレス方式では、LEDの寿命がほぼLED電球の寿命を決する。

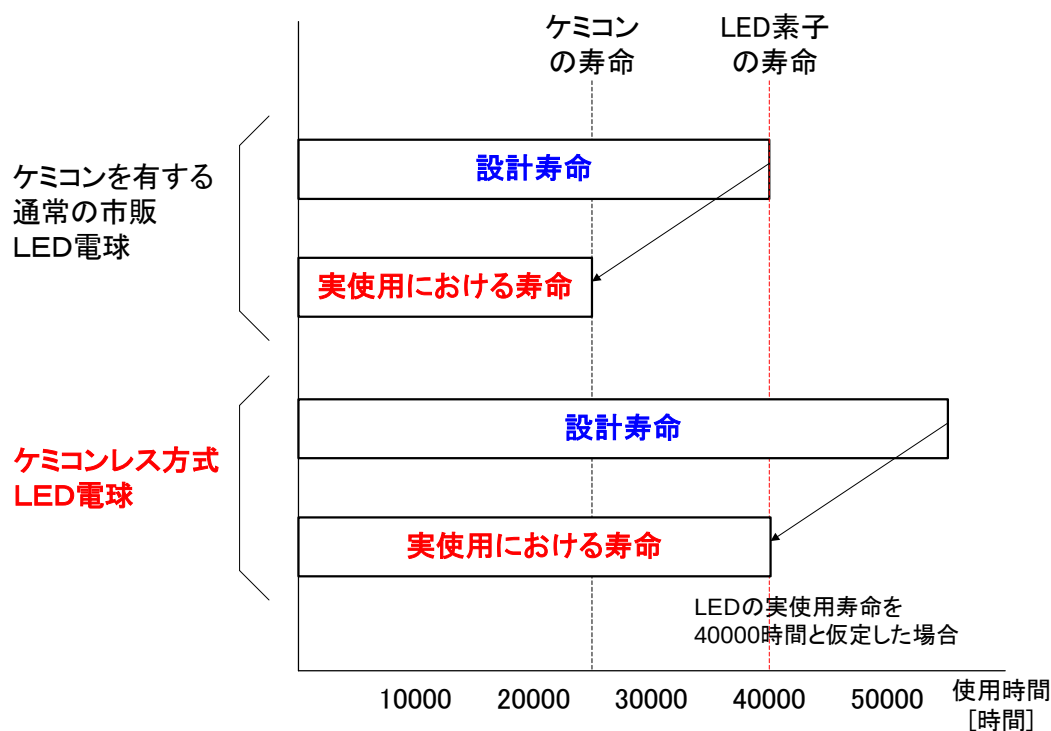


Fig. 1-2 ケミコンと LED の設計寿命と実使用寿命

スイッチング電源方式において、ケミコンレス方式駆動回路と通常の DC-DC コンバータに用いられる一般的な回路の 2 つの構成が考えられる。本開発では、TEG として双方を網羅したチップを構想、設計した。ケミコンレス方式の周辺回路は負荷回路とフライバックトランスを組み合わせたシンプルなものである。ピン互換性は無視して、機能的に近い準ケミコンレス方式としてのチップ内ブロック構想を行った。

9.1. 応用回路例 1 (非絶縁型、入力ユニバーサル対応、出力 3W~8W への応用回路例)

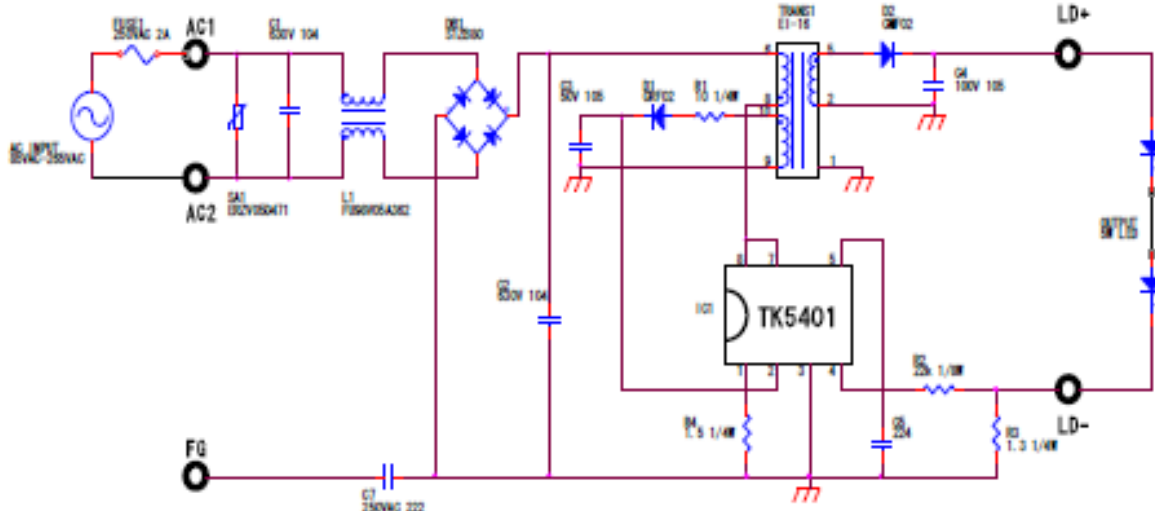


Fig. 1-3 ケミコンレス方式の周辺標準回路

①～⑤のサブテーマ別に示す。

①新規駆動回路方式の LSI 化

前年度作成 TEG-I (WS1) の評価を行い、さらに回路を改良かつ新規アイデアを盛り込んだ TEG-II (WS2) の回路ブロック・トポロジー設計、回路図入力、レイアウト設計、プロセス流動、ウエハの完成評価を行い、ケミコンレス駆動可能かつ PLC 機能を有するマルチチップ HIC を仕上げた。LED 素子から受ける熱と搭載部品による熱の放熱確保のために対策を施した構造を考慮し、新規アイデアについては特許出願を行った。

デジタル制御の概念構築

ケミコンレス方式の基本は PWM アナログ制御である。しかし将来的な高機能照明を視野に入れ、少なくともデジタル制御の概念を考える必要があるため、電源回路のデジタル制御の検討を行った。一般に電源回路のデジタル制御を行う場合、安定した DC 電流が必要だが、これをケミコンレスで実現できるか否かを検討した。ケミコンレス駆動は可能だが、制御回路の消費電流を 10mA 以下に抑えなければ電源としての効率が低下することが判明した。

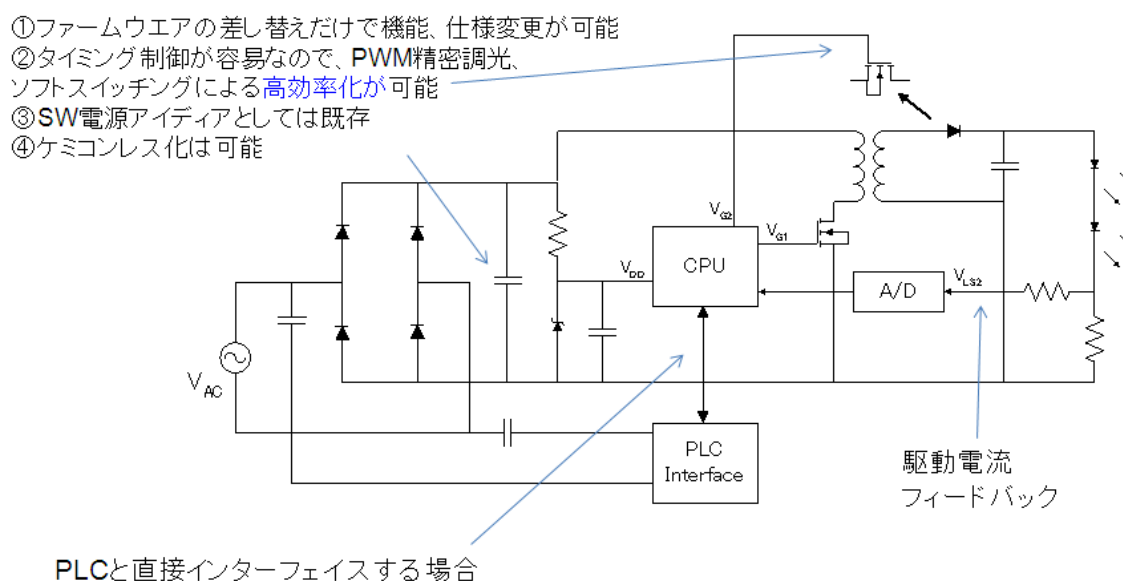


Fig. 1-4 AC 直付け電源回路のデジタル制御の概念 (特許出願済)

平行して、低い電圧の DC 電源入力用実験回路を設計試作した。負荷である LED の電流検知オペアンプ出力を AD 変換しながら、最適な PWM デューティで LED を駆動することができることを確認した。ただし高価な DSP でなく安価なマイコンを使用している。効率は 70%以上であり、電源電圧入力は 11~32V と幅広い。これを AC 電源入力にした場合も基本的考え方は同じであり、負荷 LED の電圧として 100V 近くを想定していることから、より高効率であり、80%以上が可能であると見積もっている。

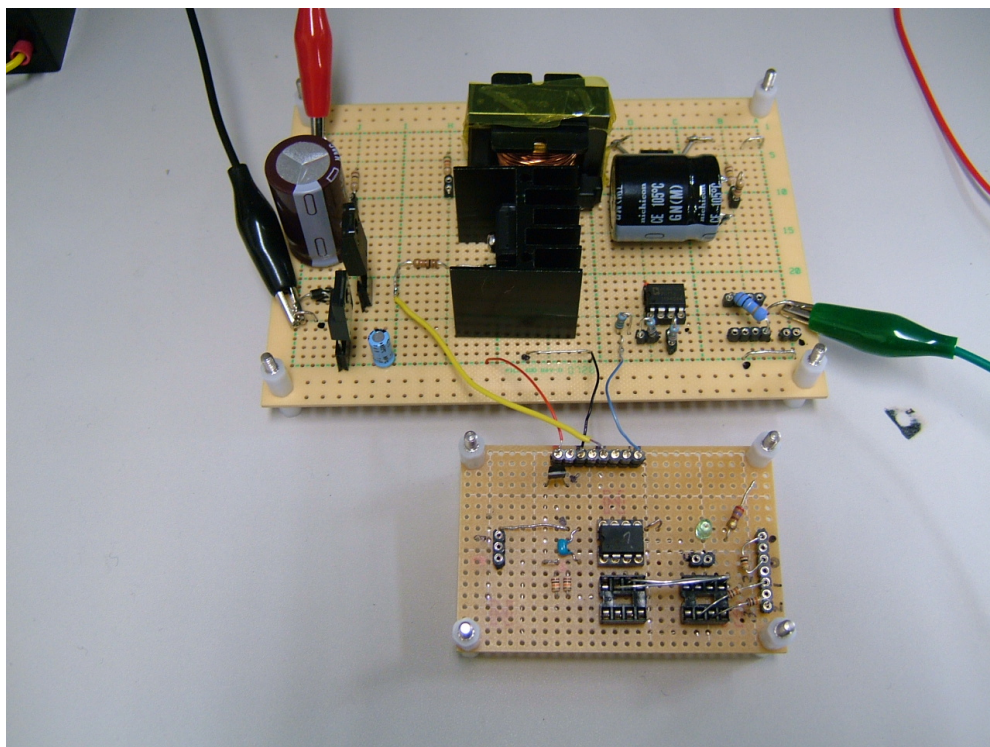


Fig. 1-5 デジタル制御電源の実験回路

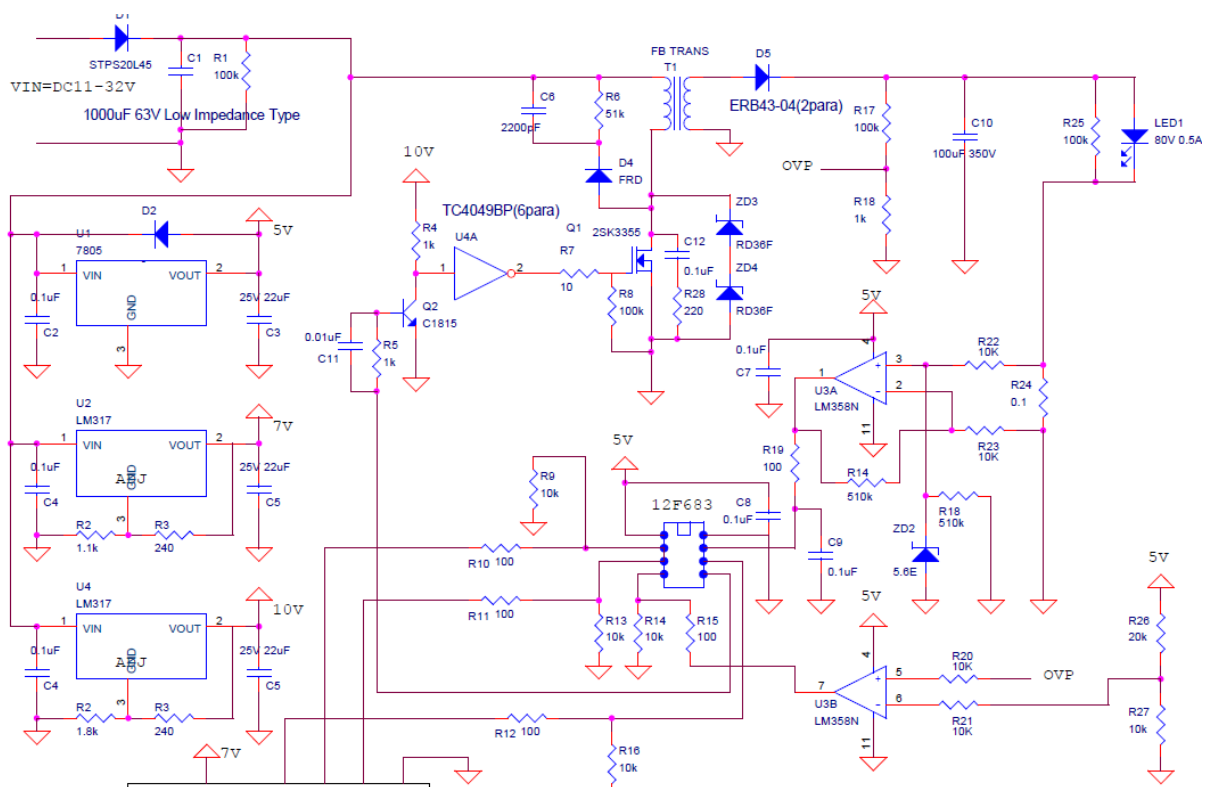


Fig. 1-6 実験回路図の一部

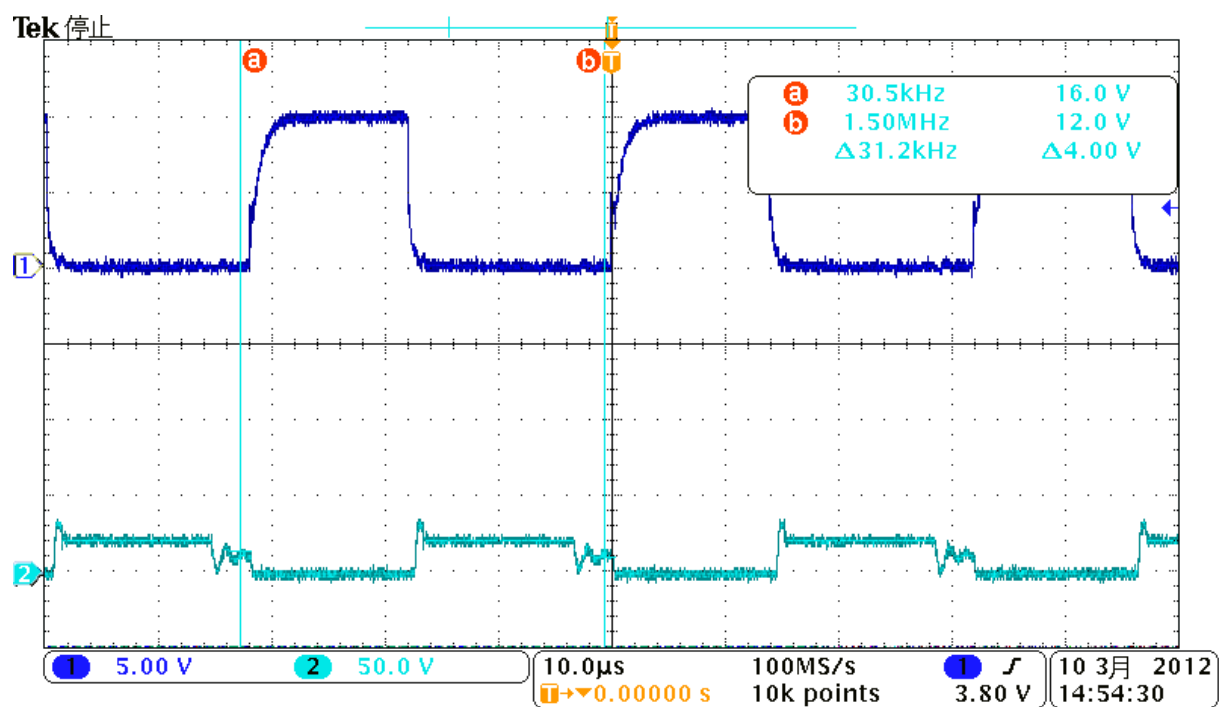


Fig. 1-7 デジタル制御動作中の観測波形
(スイッチング MOSFET のゲート電圧 (上) とドレイン電圧 (下))

AC 商用電源実験システム

テーマ①②③共用実験装置として、AC 商用電源をダイレクトに計測する、部品を差し替えることが可能な測定用治具を製作した。

これにより、基本的な測定手段であるデジタルオシロスコープの測定性能と、ピーク電圧 141V 脈流 (平滑なし) の観測確認を行った。ケミコンレス駆動を視野に入れ、電解コンデンサによらず小容量セラミックキャパシタで電圧谷埋めの様子を確認することができた。

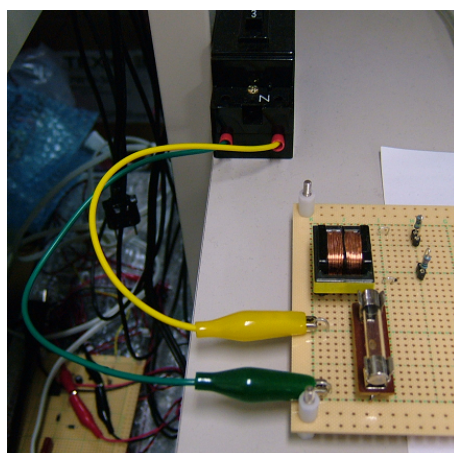


Fig. 1-8 AC 電源測定治具

スイッチング電源回路用制御 IC の概念

スイッチング方式は高効率であるが、負荷電流を監視しながらパルスデューティを調整する、いわゆる PWM 制御を必要とする。まず PWM 制御の中心的役割を果たす発振ブロック PWM_OSC の構想、設計を行った。基本的には D 級アンプ構成を採用したが、パワー系制御に用いるには制御係数が異なる。係数を最適化する際、デジタル制御ではファームウェアにおける数値を変えれば良いが、アナログ系専用 IC では外付け回路に組み込んで動作させた上での何らかの調整機能を必要とする。そこで、本ブロックについては外付け抵抗により発振周波数可変とし、制御用エラーアンプも外付け抵抗による利得調整可能とした。エラーアンプからの入力振幅に Limiter による制限をかけることで、デューティ制限を実現した。デューティを制限内で固定として、時間軸デジタル制御にも対応できるように、複数の OR, AND ロジック入力を持つ構造とした。

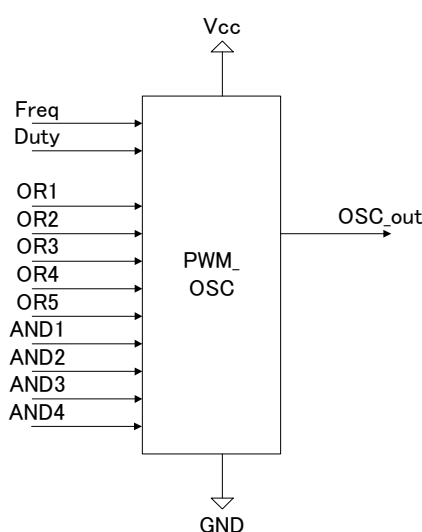


Fig. 1-9 PWM 制御のパルスを発生する PWM_OSC ブロック

下図の様に RS-FF によらないロジック回路構成とした。S には Duty 調整後のパルスを入力し、R=0 ならば出力 0 には S の論理がそのまま出力されるが、R=1 ならば S の逆論理が出力される動作である。下記①か②のどちらかに切り替えて定電流制御を行うことができ、外部回路状態によりどちらにするかを決定する。

- ① OR 1～5 入力=0 と設定すれば R=0 となるので、そのまま Duty 入力に応じた電流振幅 FB による PWM 制御となる。→**アナログ振幅制御**
- ② 予め S に最大デューティを入力させる様に条件を設定する。この状態で電流 FB 入力の電圧が基準より大きくなれば、OR 1～5 入力のいずれかが 1 となり R=1 となるため、S の最大デューティの逆すなわち最小デューティが 0 に出力され、これでスイッチング MOSFET を駆動するため負荷電流が抑制される。→**デジタル時間軸（バースト）制御**

外付け抵抗により発振周波数決定(範囲: 50~130kHz程度)

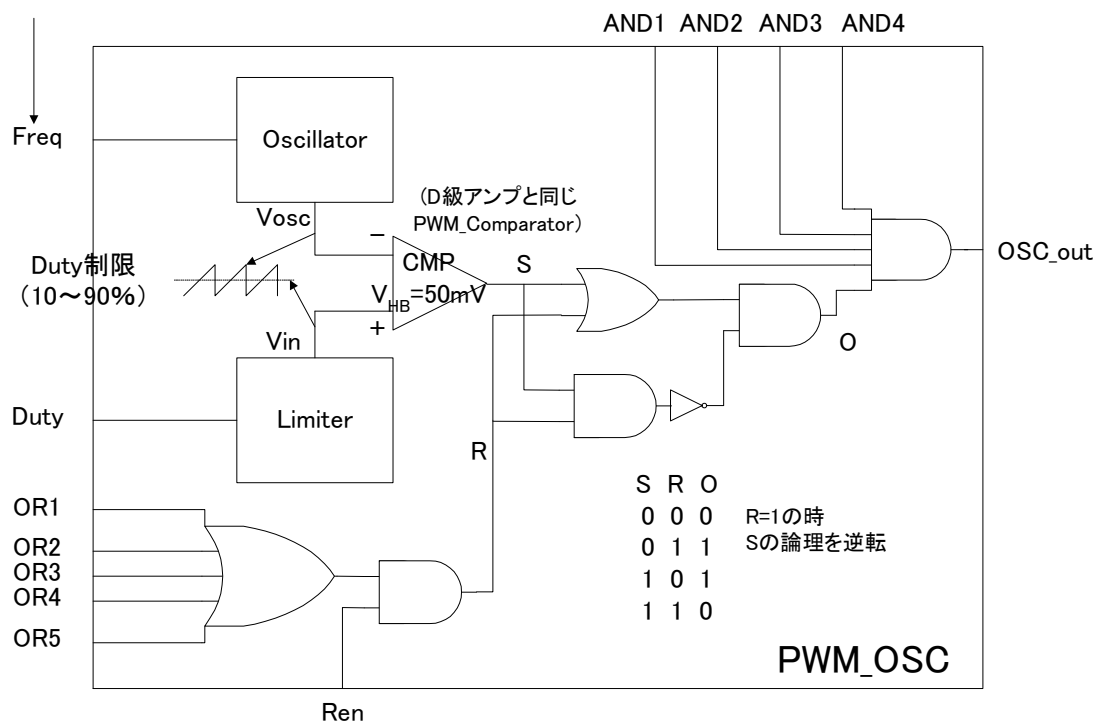


Fig. 1-10 PWM制御のパルス発振源となるPWM_OSCブロック

エラーアンプからの入力振幅に制限をかけることにより、デューティ制限を実現する例を示す。振幅1~4Vの鋸波と、ダイナミックレンジを1.3~3.7Vに制限したエラーアンプからのDC電圧をコンパレータに入力することで、コンパレータ出力パルスのデューティを10~90%に制限している。

Duty制限(10~90%)動作

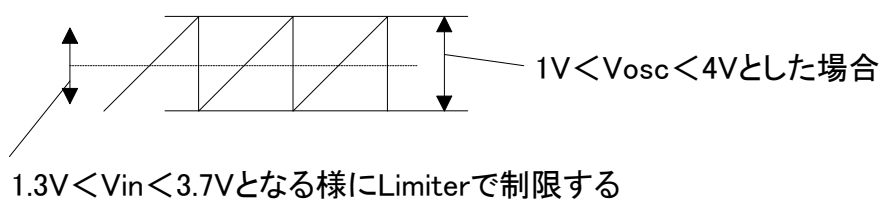


Fig. 1-11 電圧リミッタ (Limiter) による制御デューティ制限の原理

制御 IC・ドライバチップ (TEG- I /WS1)

TEG-II 概説の前に、その基本となった TEG- I を示す。

PWM_OSC ブロックを制御パルスの発振源として、OCP, TSD などの安全回路を組み込み、ケミコンレス方式に近い動作をするケミコンレス方式ドライバチップ DRV1 を設計した。外付け MOSFET を使用することで LED 照明器具の単純機能を果たす IC となるが、多機能照明駆動回路構築を目指す本開発ではユニット搭載部品の一つとする予定である。

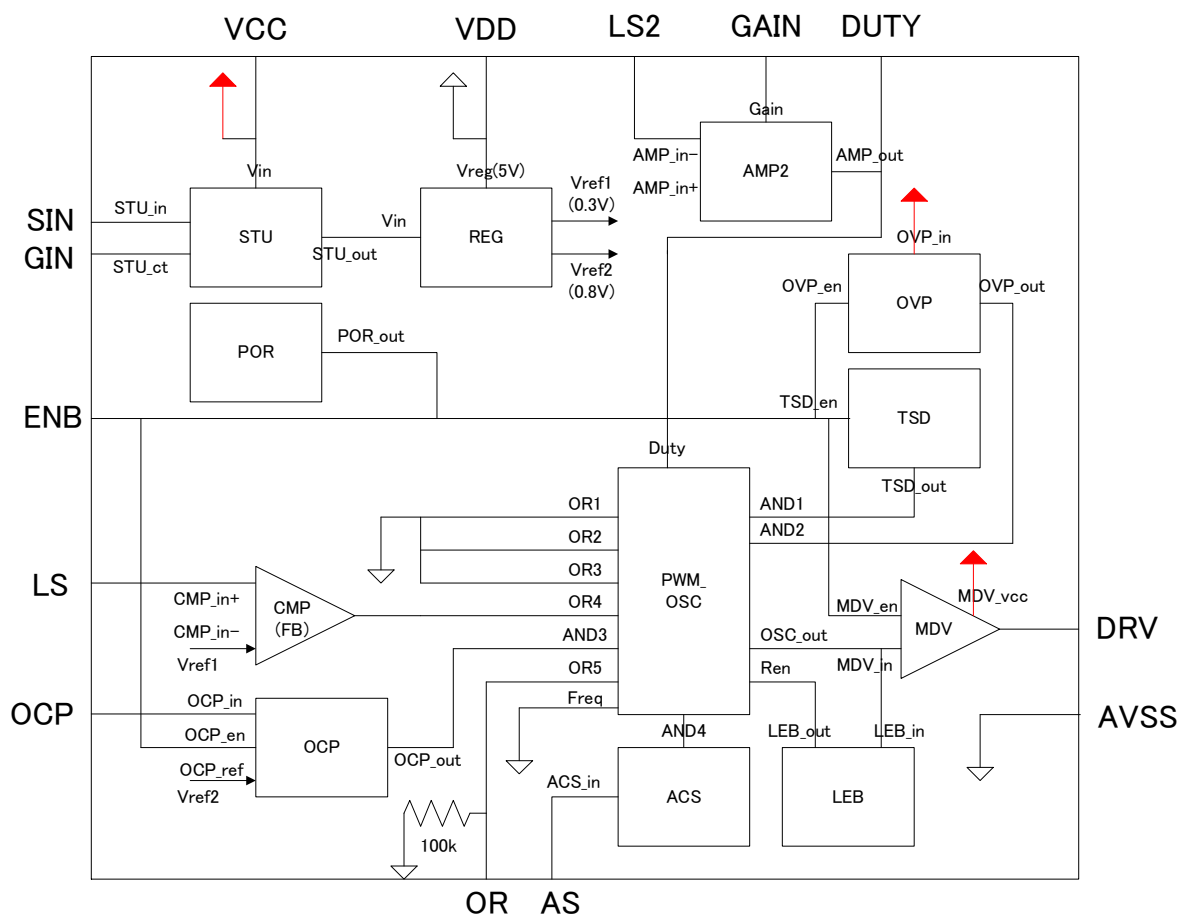


Fig. 2-1 ケミコンレス方式ドライバチップ DRV1 のブロック構成

デジタル制御用ドライバチップとなる DRV1D を作成した。DRV1 の基本構造を踏襲しているが、専用高速デジタル制御入力（図中 OR,AND）を有し、アナログ制御に関するブロックをディスエーブルにして、DSP やマイコンによる時分割動作を行う。

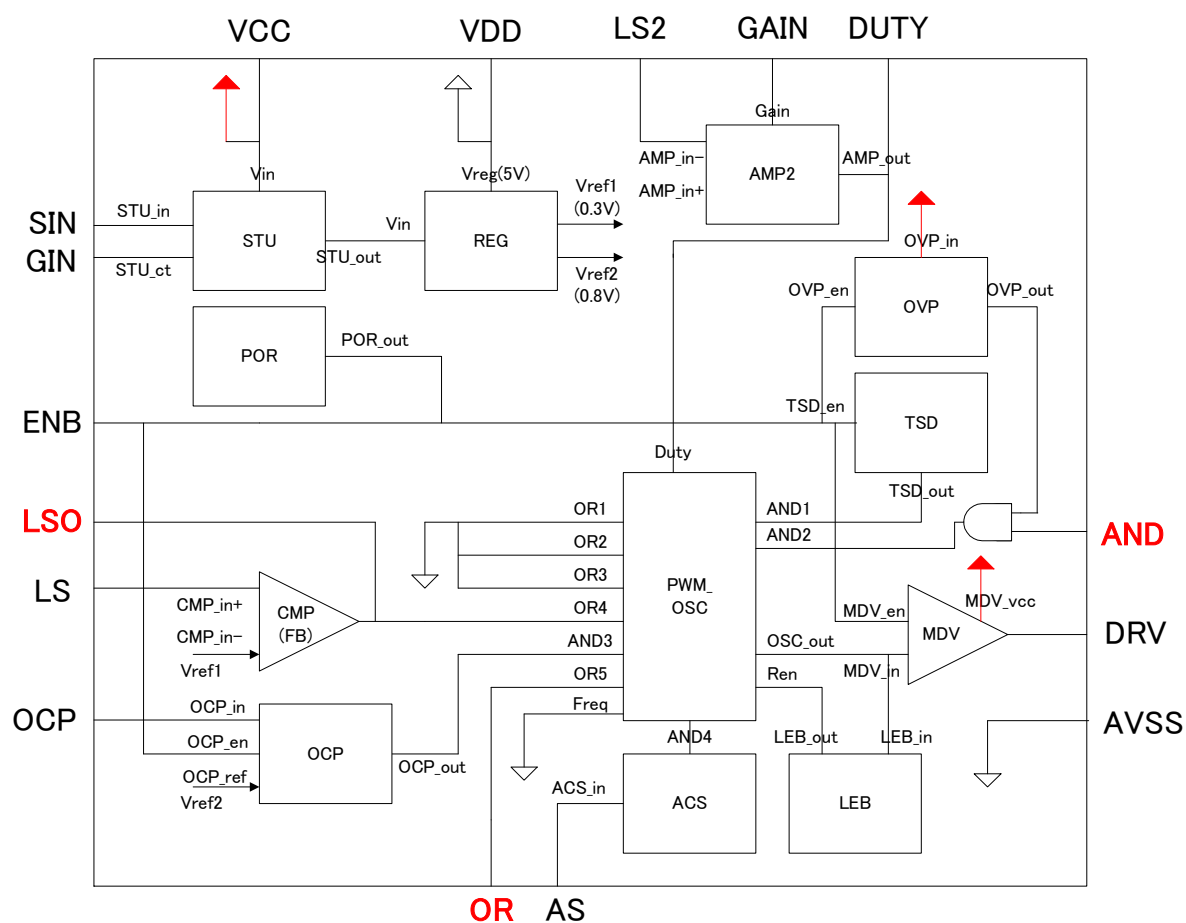


Fig. 2-2 デジタル制御ドライバチップ DRV1D のブロック構成

低電圧入出力を前提とした、DC-DC コンバータ用ドライバチップの設計を行った。こちらは 8V 以上の DC 電源電圧を前提としているため、内部構成はよりシンプルとなる。周辺回路を下図に示す。

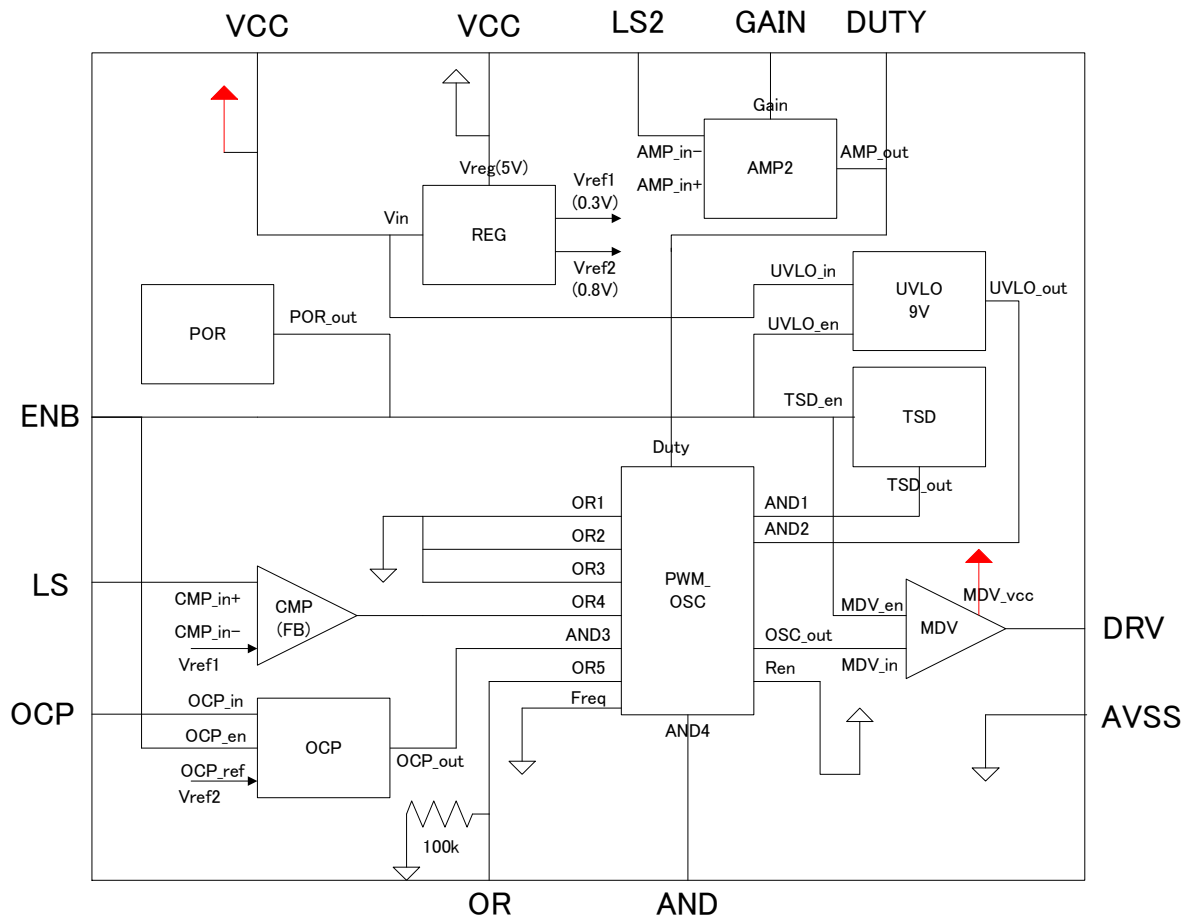


Fig. 2-3 DC-DC 用ドライバチップ DRV2 のブロック構成

シリーズレギュレータ

変換効率はスイッチング方式に比べて小さいが、ノイズを出さずシンプルなので多チャンネル化に向くシリーズレギュレータ制御チップ DRV4 の設計を行った。他チップ同様に TSD を持ち、外付けパワーNMOSFET のリニア領域を使用することで定電流制御を実現する。

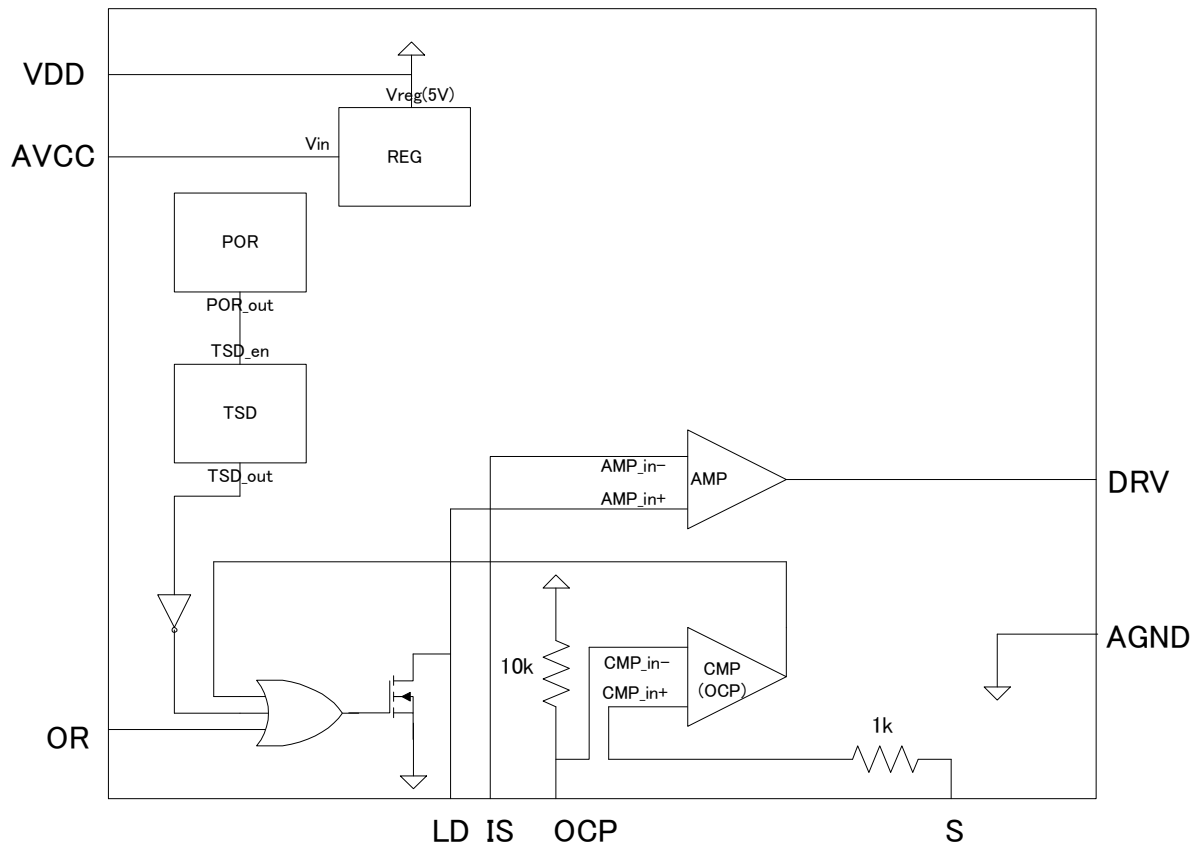


Fig. 2-4 シリーズレギュレータ DRV4 のブロック構成

3チャンネルシリアルレギュレータ

シンプルな構造を持つシリアルレギュレータの特長を生かし、3チャンネル分を纏めたチップを DRV41 として設計した。定電流制御の仕組みは DRV4 と同じである。

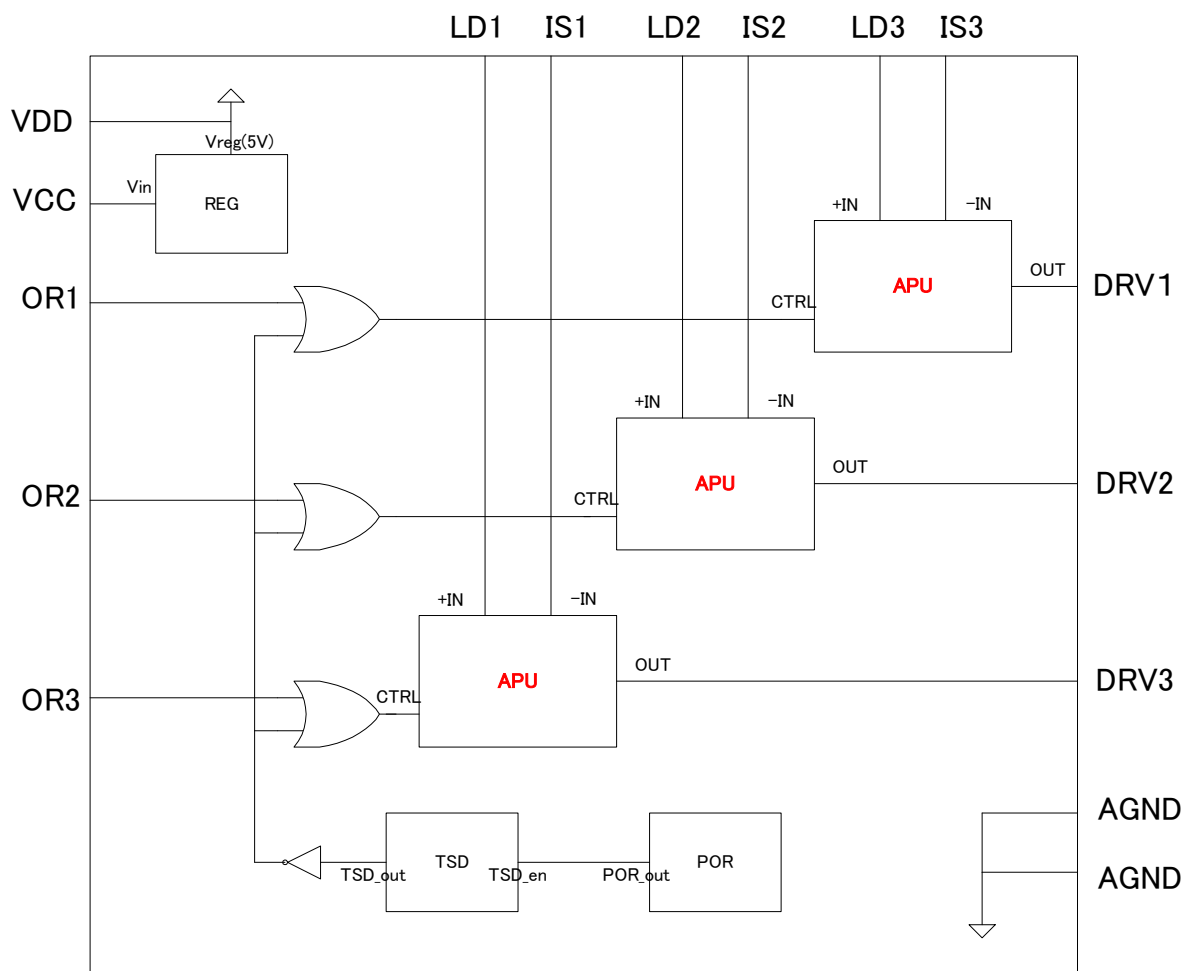


Fig. 2-5 3チャンネルシリアルレギュレータ DRV41 のブロック構成

要素ブロックとチップのまとめ

チップ構成（ドライバIC）、要素（機能別に分けたブロック）を Table 1 にまとめた。
 OPA は単純なオペアンプ 4 つを組み合わせたチップ、NMOS, NMOS2 は本ウエハ上で作る高耐圧 Nch-MOSFET である。例えば DRV11 と NMOS との組み合わせで、AC 直付けの駆動回路を作成することができる。また DRV2 と外部 NMOS との組み合わせで、広い電圧範囲の DC-DC コンバータを作ることができる。制御と設定の自由度を重視しているため PIN 数が多いが、動作仕様が明確に定まれば最小限に減らすことができる。
 この中における DRV2 と追加品種 DRV3 を後述 TEG-II として継続開発した。

チップ 名称	要素									機能
	VREF	UVLO	ACS	STU	POR	OVP	TSD	PWM	NMOS	
DRV1	○		○	○		○	○	○		ケミコンレス IC 互換
DRV11	○		○	○		○	○	○	○	ケミコンレス IC 互換 高耐圧入力対応
DRV1D	○		○	○		○	○	○		ケミコンレス IC 互換 デジタル制御対応
DRV2	○	○			○		○	○		多機能 DC ドライバ
DRV4	○				○		○			多機能シリーズレギュレータ
DRV41	○				○		○			多機能シリーズレギュレータ 3ch
OPA	○									オペアンプ×4
NMOS									○	高耐圧 NMOS×8
NMOS2									○	高耐圧 NMOS×1

Table 1 要素ブロックとチップ

レイアウト

TEG 構築のため、全回路のレイアウトデータを作成し、 $1\mu\text{m}$ Bi-CMOS 高耐圧プロセスに流動させるために入図した。10×10mm 領域を用いて各チップを配置した。

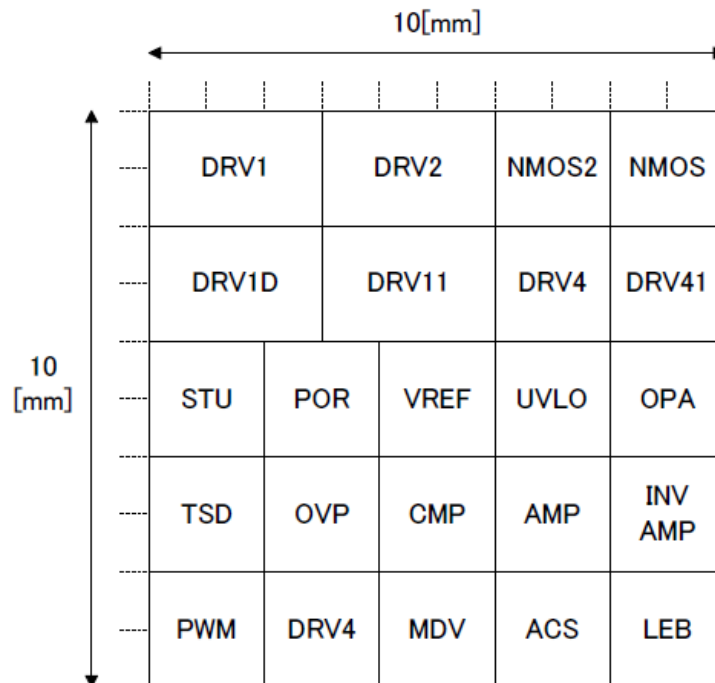
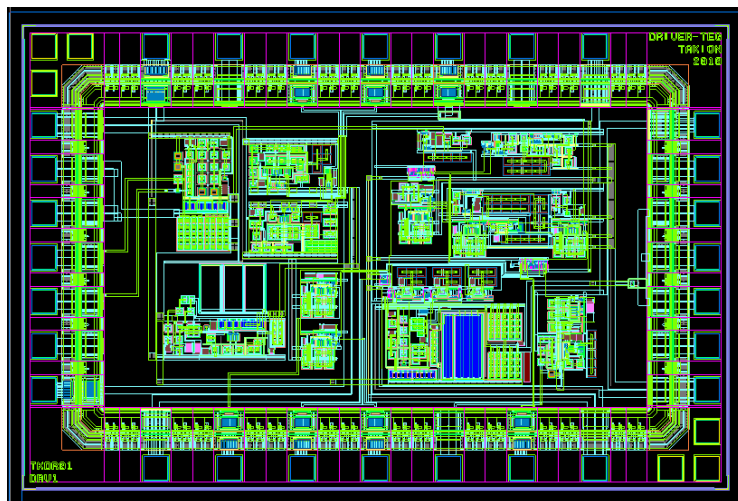


Fig. 2-6 レイアウト全体の配置 (1/4 ショット、10×10mm)

主要チップ

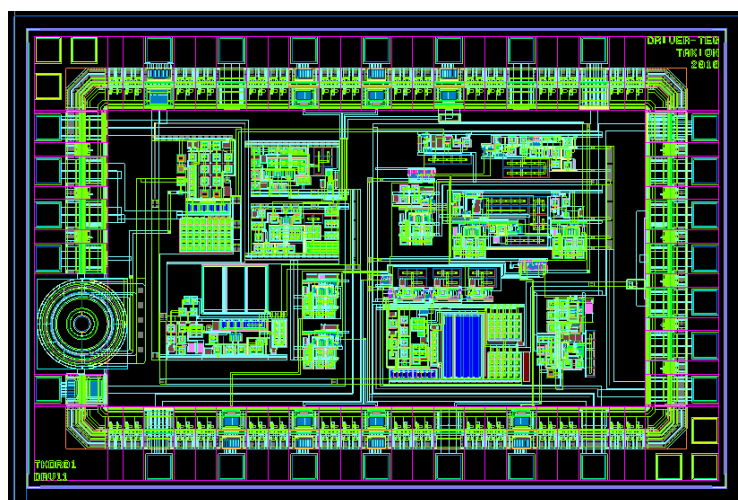
DRV1

高耐圧部を持たない制御部のみのドライバ。2×3mm サイズであるため通常の電源駆動制御 IC として使用できる。TEG であるため PAD 数は余計な数であるが、実際に有効なものは 14 個である。



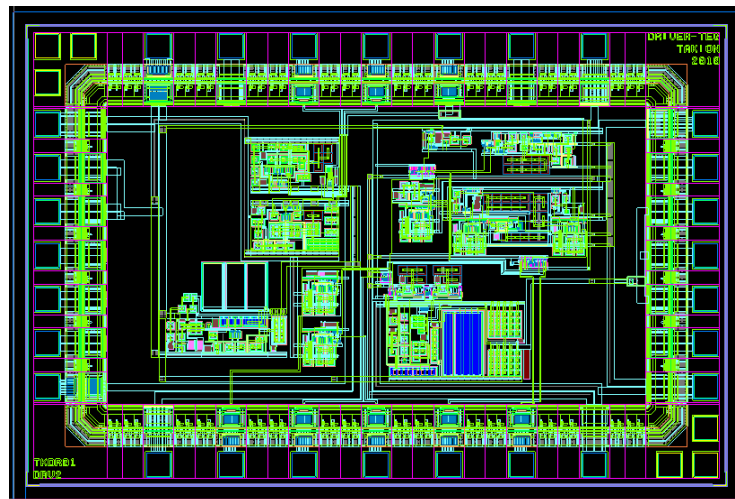
DRV11

高耐圧トランジスタを含み、DRV1 と同じサイズとしている。有効 PAD 数は同じく 14



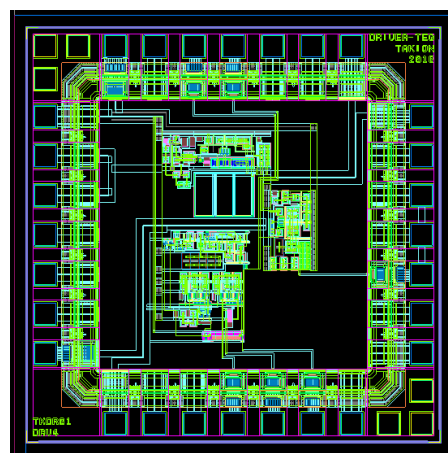
DRV2

シンプルなブロック構成であるため、レイアウトも簡素である



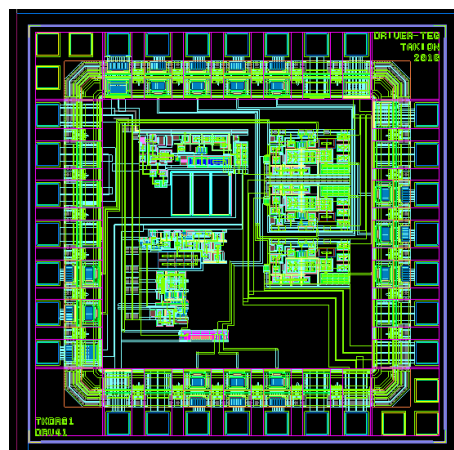
DRV4

1チャンネルシリースレギュレータであるため部品点数が少なく、2×2mm チップとして収まっている



DRV41

3チャンネル調光のため、3チャンネル分の定電流制御回路を持つ。シリースレギュレータであるため2×2mm に収まっている。



制御 IC・ドライバチップ (TEG-II/WS2)

試験的要素が大きい 22 年度製作の TEG-I と異なり、23 年度の TEG-II は 3 種類しかないシンプルな構成としたが、2 種類は LED 駆動 IC 製品として扱うことができる程完成度を高めている。DRV という名称は TEG-I を踏襲しているが内容は異なる。全 3 種を以下に列挙する

DRV2 : DC 入力調光機能付き LED ドライバ

9~450V という広い電圧範囲の DC 電源入力を受けて、チョッパならびにフライバック方式駆動に対応するドライバ IC である。アナログ調光ならびにデジタル調光に対応し、デジタル調光入力を利用して変調を加えることもできる。LED 駆動 IC 製品として使用できる。

DRV3 : AC 入力 PFC 付きケミコンレス LED ドライバ

幅広い入力電圧範囲に対応した AC 電源直付けを考慮した、力率改善を目指した PFC 回路付きケミコンレス駆動方式ドライバ IC である。これも LED 駆動 IC 製品として使用できる。

DRV6 : オペアンプ+MOSFET ユニット

オペアンプと MOSFET を評価するための試験チップ。これだけで独立したチップとしては扱わない。

各ブロックの仕様

DRV2

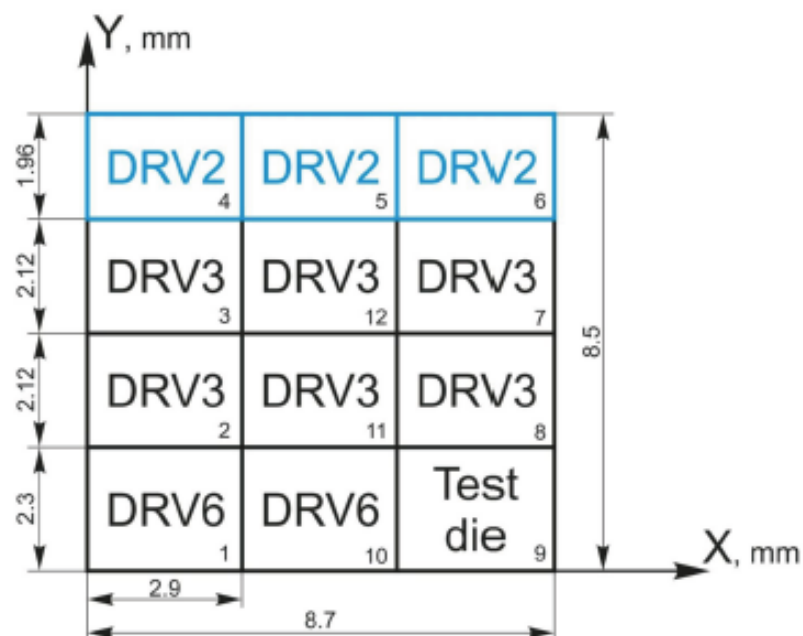


Fig. 2-7 TEG-IIの面付け図における DRV2

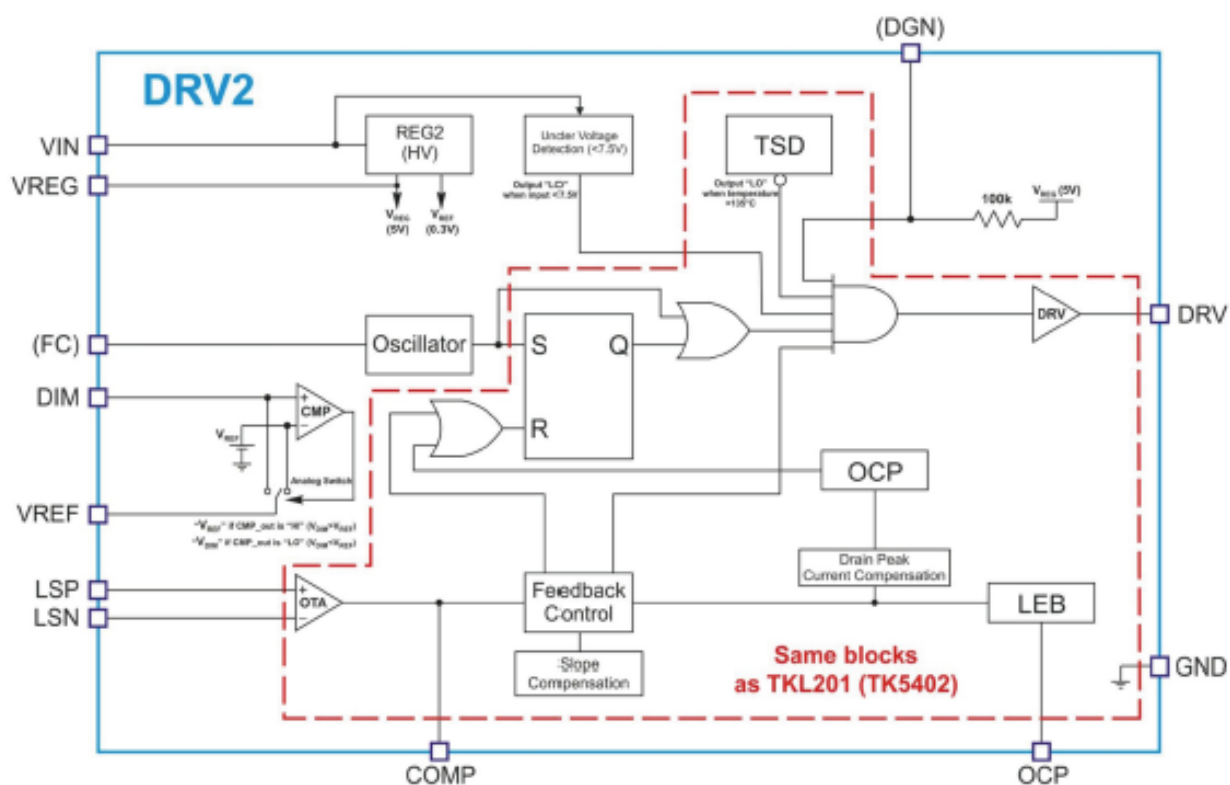


Fig. 2-8 DRV2 の内部ブロック

Parameter	Symbol	Values			Unit	Conditions
		MIN	TYP	MAX		
Power Source						
Stop Supply Voltage (Under Voltage Lock Out)	V _{IN(OFF)}	6.5	7.5	8.5	V	V _{IN} falling
Operating Circuit Current	I _{IN}	—	—	2.5	mA	After START
Start Supply Voltage	V _{IN(ON)}	7	8	9	V	V _{IN} rising
Supply Voltage	V _{IN}	9	—	450	V	
Internal Regulator						
Internally regulated voltage	V _{REG}	4.5	5.0	5.5	V	
Oscillator						
Average Oscillator Frequency	fosc(ave)	60	67	74	kHz	FC is non-connect
Maximum Oscillation Frequency	foscmax	—	200	—	kHz	R _{FC1} = 80 kΩ
Minimum Oscillation Frequency	foscmin	—	50	—	kHz	R _{FC2} = 400 kΩ
Oscillator Hopping Frequency	Δf	0.02fosc	0.07fosc	0.14fosc	kHz	
Maximum On Duty	Dmax	75	85	92	%	
Minimum On Time	T _{ON(MIN)}	—	420	—	ns	
Over Current Protection						
Leading Edge Blanking Time	T _{LEB}	—	280	—	ns	
Drain Peak Current Adjustment Value	D _{PC}	—	20	—	mV/μs	fosc= 67 kHz
Drain Peak Current Adjustment Limit Duty	D _{DPC}	—	36	—	%	
OCP Threshold Voltage (at Zero On Duty)	V _{OCP(L)}	0.70	0.78	0.86	V	
OCP Threshold Voltage (at 36% Duty)	V _{OCP(H)}	0.81	0.90	0.99	V	
Reference Source / Error Amp						
Reference Voltage	V _{L(REF)}	270	300	330	mV	
Erramp Gain	gm	33	67	100	μS	
Erramp Source Current	I _{COMP(SO)}	-30	-20	-10	μA	V _{L(REF)} - 0.3V
Erramp Sink Current	I _{COMP(SINK)}	10	20	30	μA	V _{L(REF)} + 0.3V
Thermal Shut Down						
TSD Junction Temperature	T _{J(TSD)}	135	—	—	°C	

Fig. 2-9 DRV2 の電氣的仕様

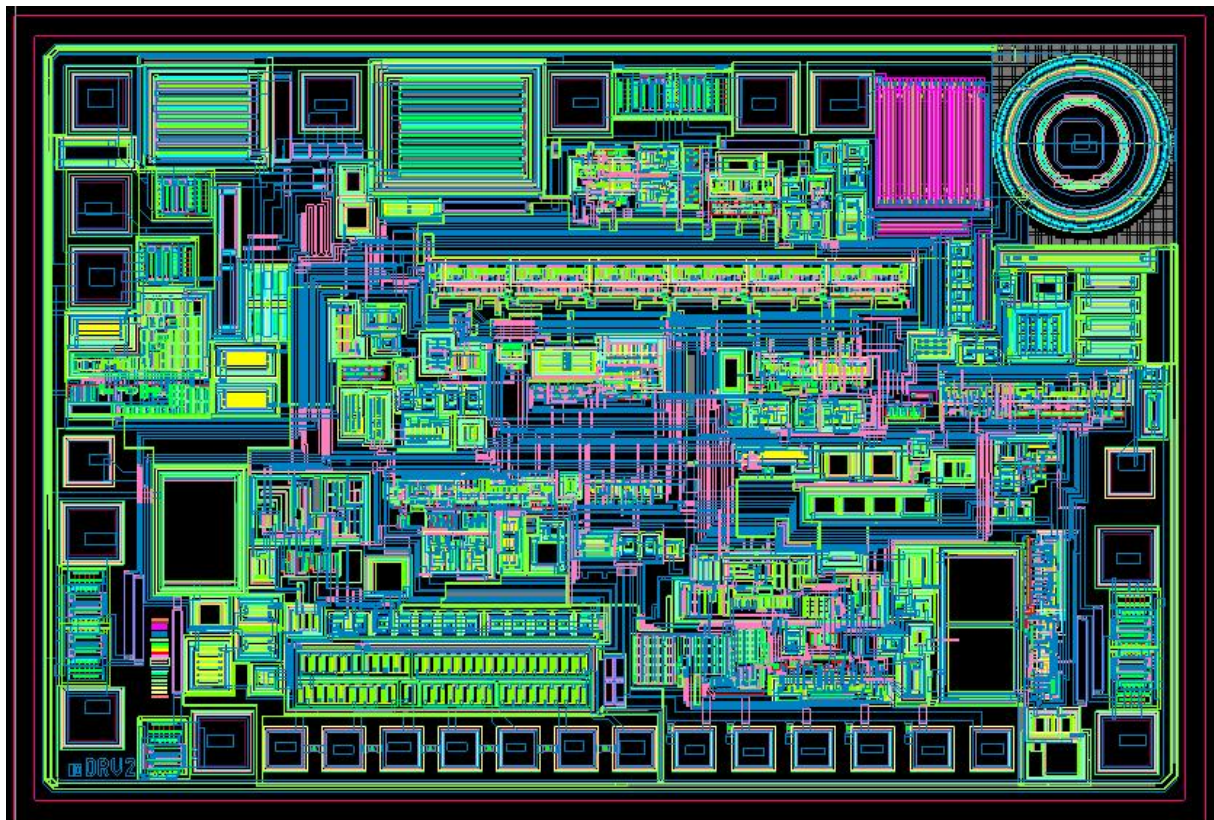


Fig. 2-10 DRV2 のGDS レイアウトデータ

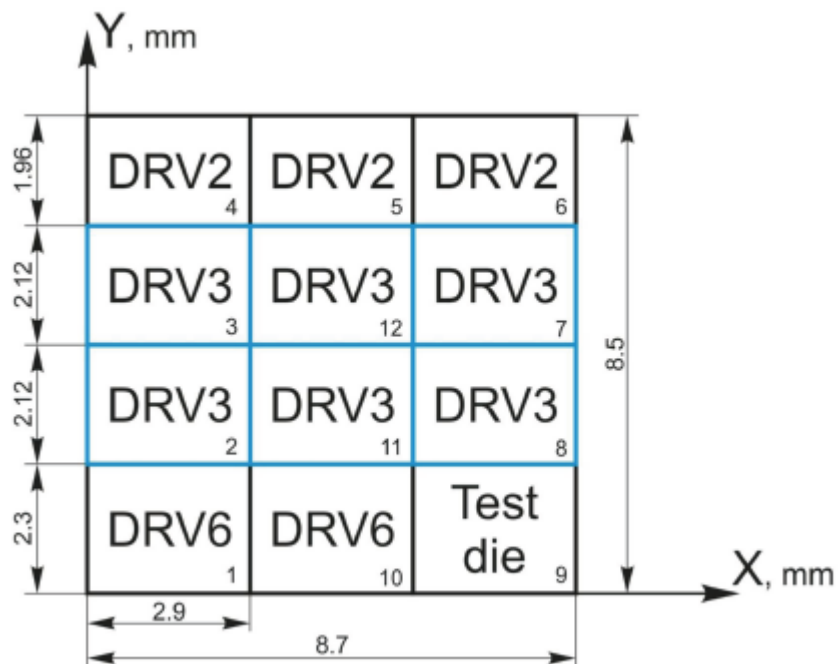


Fig. 2-11 TEG-IIの面付け図における DRV3

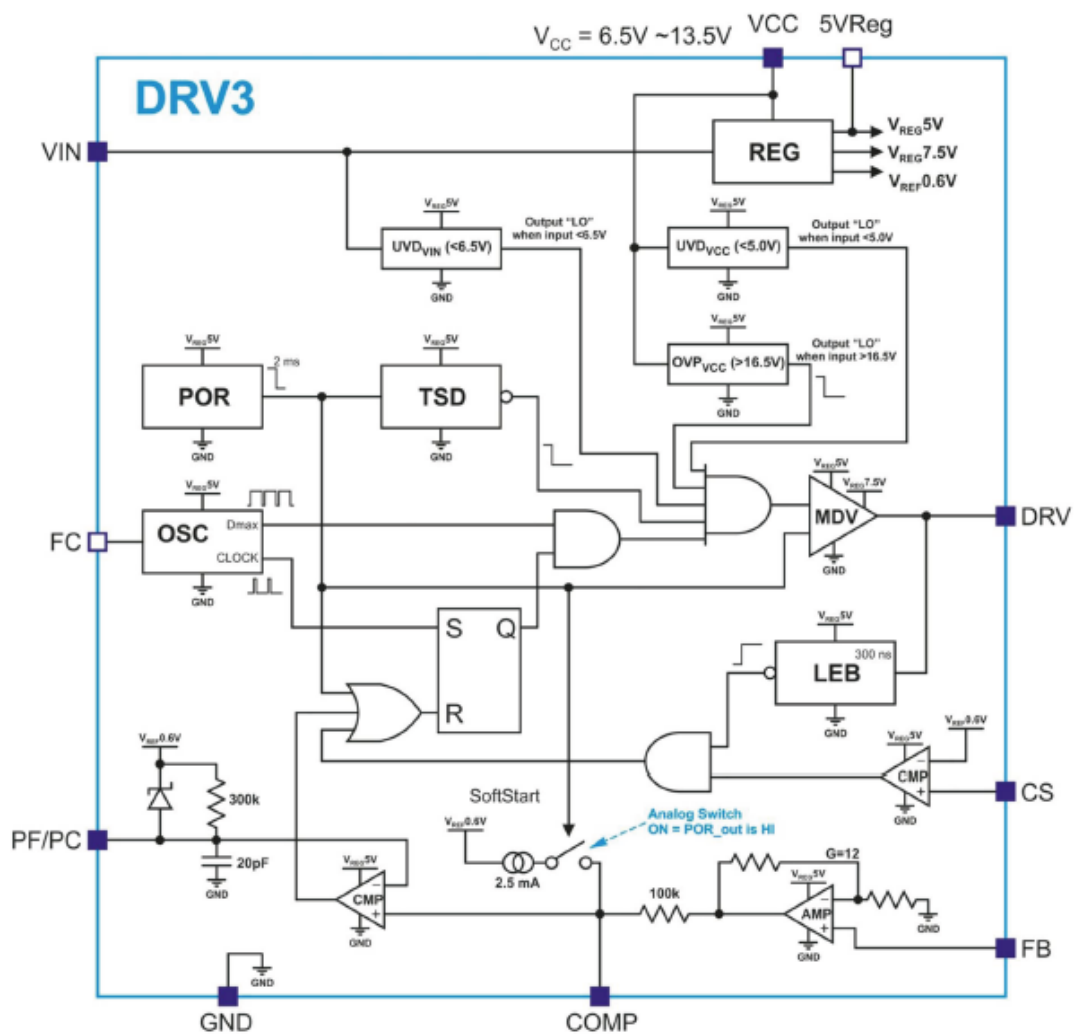


Fig. 2-12 DRV3の内部ブロック

Parameter	Symbol	Values			Unit	Conditions
		MIN	TYP	MAX		
Power Source						
VCC Minimum Start Voltage	V _{CC(ON)}	5.5	6.0	6.5	V	V _{IN} rising
Stop Supply Voltage (VCC Under Voltage Lock Out)	V _{CC(OFF)}	5.0	5.5	6.0	V	V _{IN} falling
VIN Minimum Start Voltage	V _{IN(ON)}	7.0	8.0	9.0	V	
Stop Supply Voltage (VIN Under Voltage Lock Out)	V _{IN(OFF)}	6.5	7.5	8.5	V	
VCC Current Available	I _{CC}	—	0.6	1.0	mA	After START
Internal Regulator						
Internally regulated voltage	V _{REG}	4.5	5.0	5.5	V	
Oscillator						
Average Oscillator Frequency	f _{OSC(ave)}	60	67	74	kHz	FC is non-connect
Maximum Oscillation Frequency	f _{OSCmax}	—	200	—	kHz	R _{FC1} = 80 kΩ
Minimum Oscillation Frequency	f _{OSCmin}	—	50	—	kHz	R _{FC2} =400kΩ
Random Oscillations	Δf	0.02 f _{OSC}	0.07 f _{OSC}	0.14 f _{OSC}	kHz	
Maximum ON Duty	D _{max}	75	85	92	%	
Minimum ON Time	T _{ON(MIN)}	—	420	—	ns	
Current Sense Comparator						
Current Sense Blanking Interval	T _{LEB}	—	280	—	ns	
Current Sense (CS) Input Current	I _{IL}	—	10	—	μA	U _{IN} = 0.6 V
Current Sense Threshold Voltage	V _{CS(high)}	540	—	660	mV	0.6 V Reference
Current Feedback amplifier						
Amplifier Gain	FB _{gain}	10	12	14		
Input Bias Current	I _{BIAS}	—	—	50	nA	
Reference Voltage	V _{L(REF)}	540	—	660	mV	0.6 V Reference
Over Voltage Protection / Thermal Shut Down						
OVP Threshold Voltage	V _{CO(OVP)}	13.5	15	16.5	V	
TSD Junction Temperature	T _{J(TSD)}	135	—	—	°C	

Fig.2-13 DRV3 の電氣的仕様

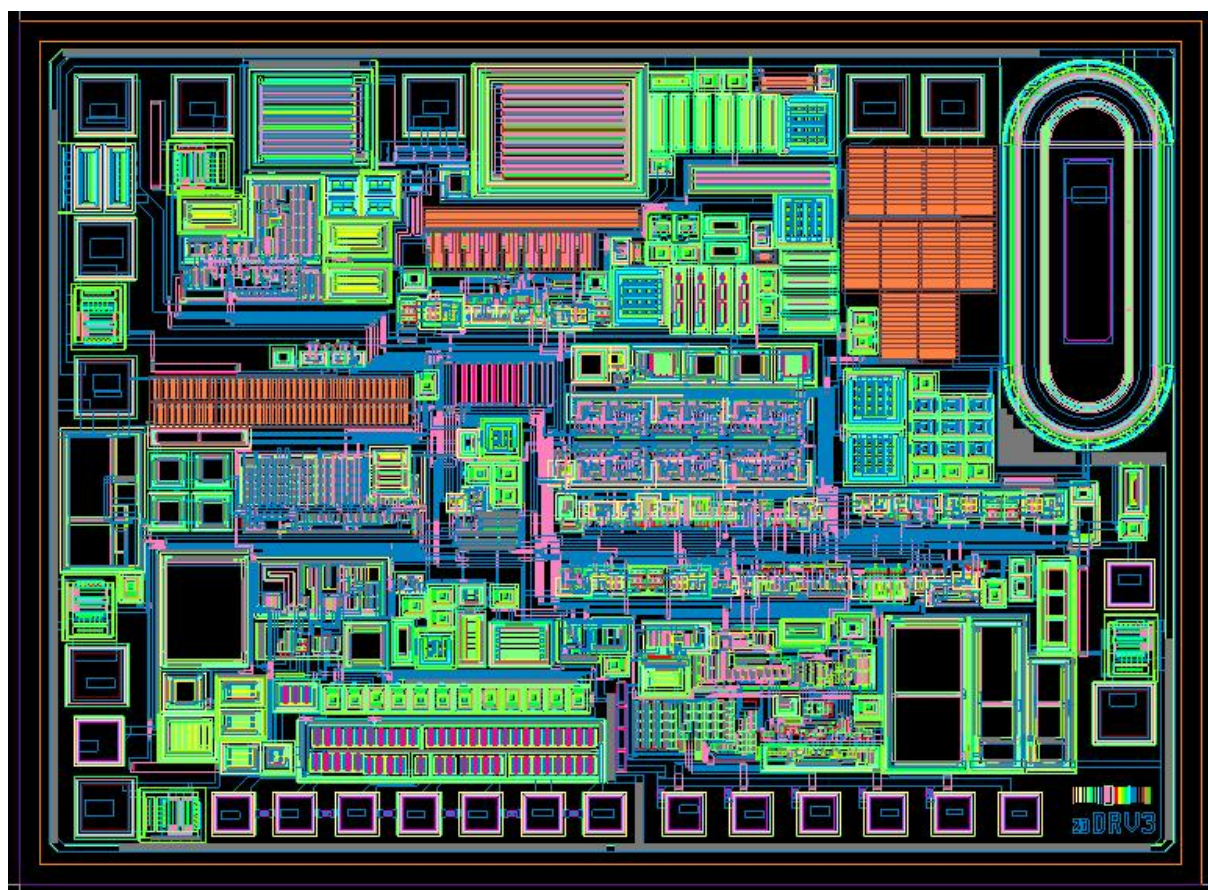


Fig. 2-14 DRV3 のGDS レイアウトデータ

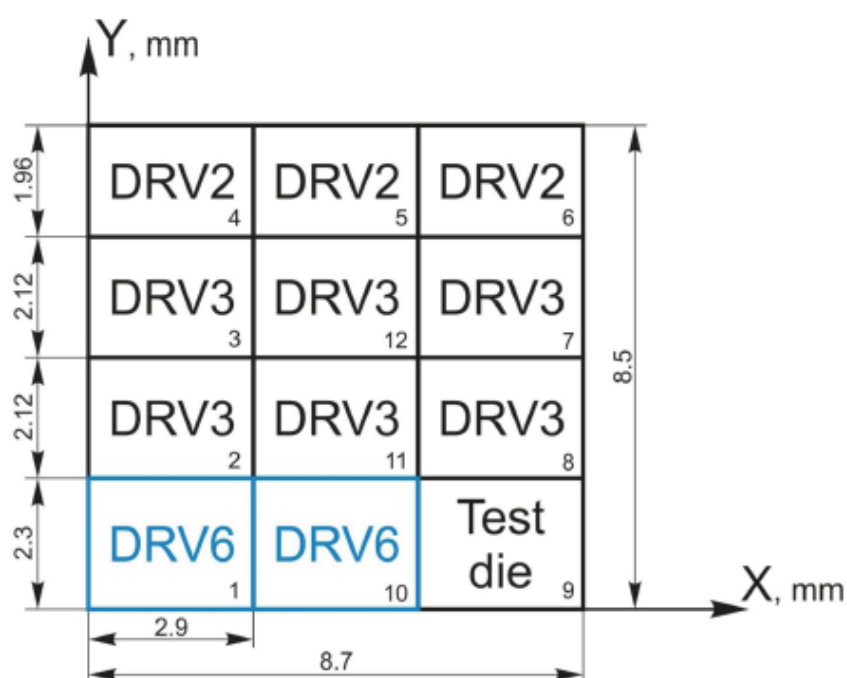


Fig. 2-15 TEG-IIの面付け図における DRV6

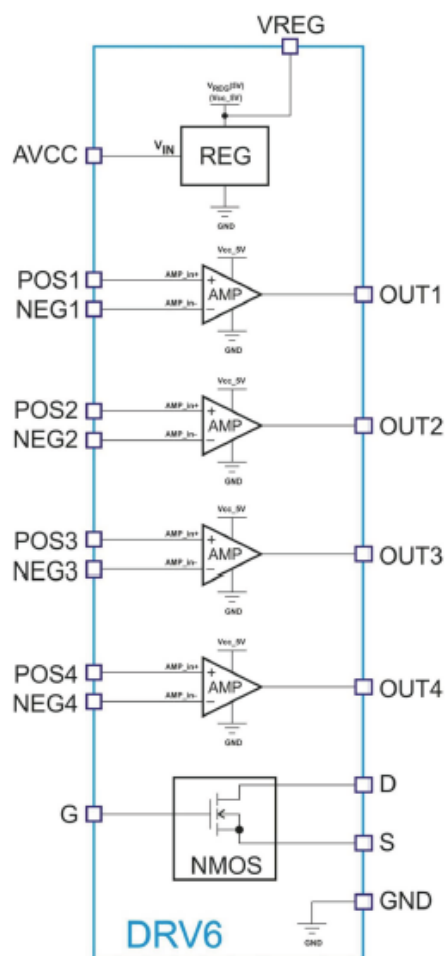


Fig. 2-16 DRV6の内部ブロック

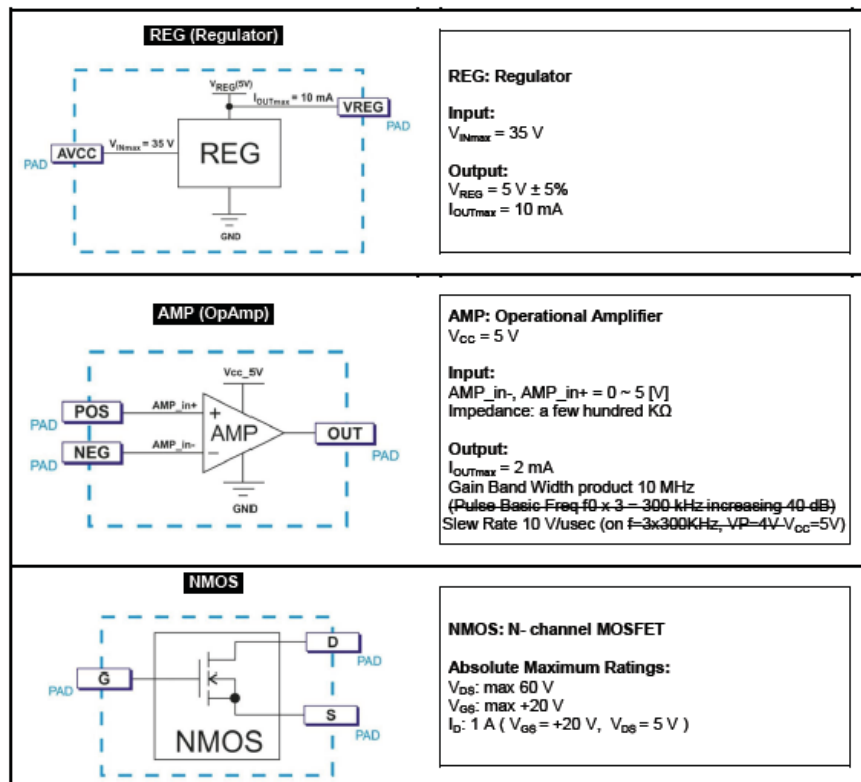


Fig. 2-17 DRV6 の電氣的仕様

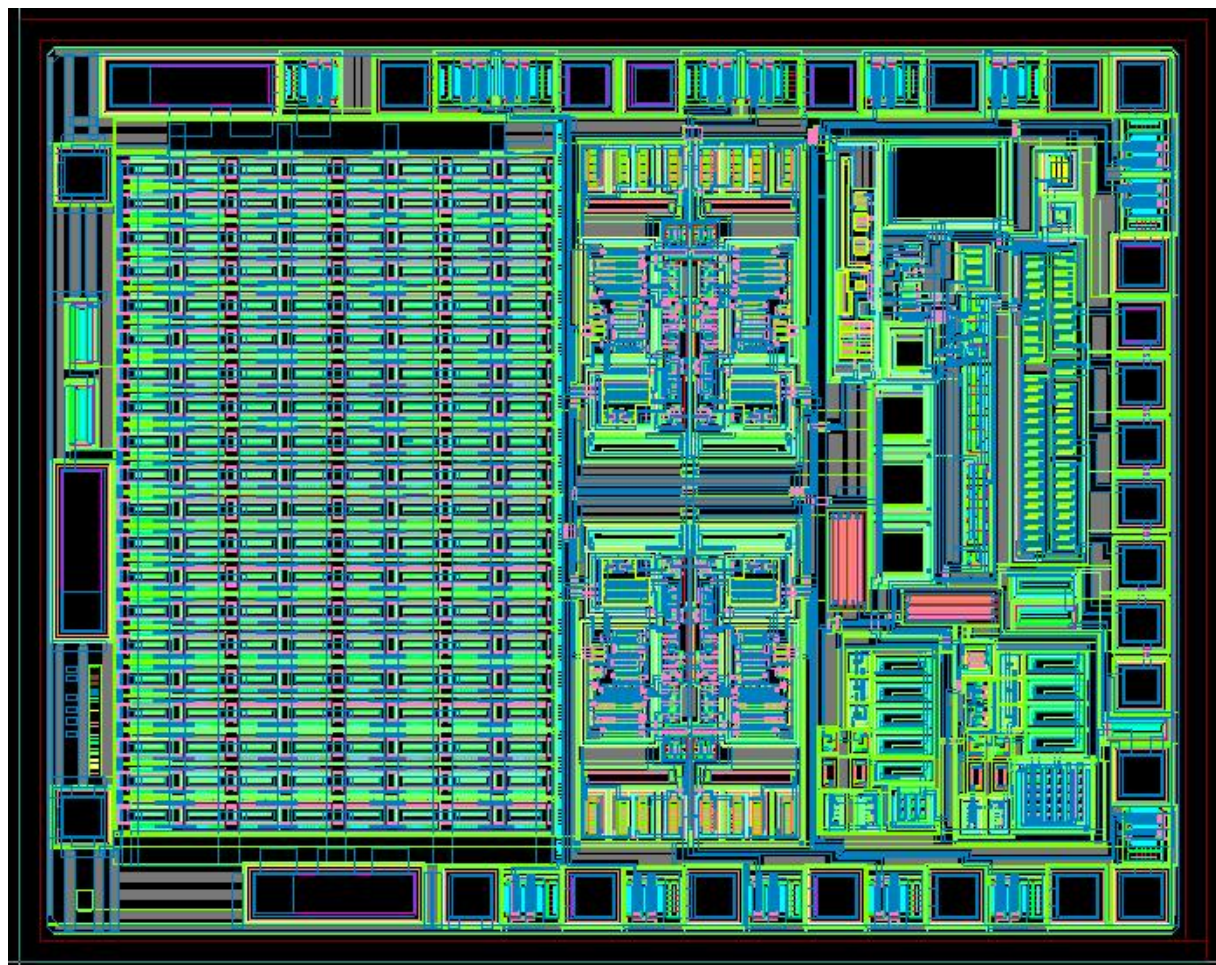


Fig. 2-18 DRV6 のGDS レイアウトデータ

COB への搭載

完成チップをダイボンディング、ワイヤボンディング、ポッティング（エポキシ）により COB 上に搭載し、プロービングなしで電気的評価ができる形とした。これにより IC パッケージ（後工程）に近い形で、基板上に装着して実験することができる。

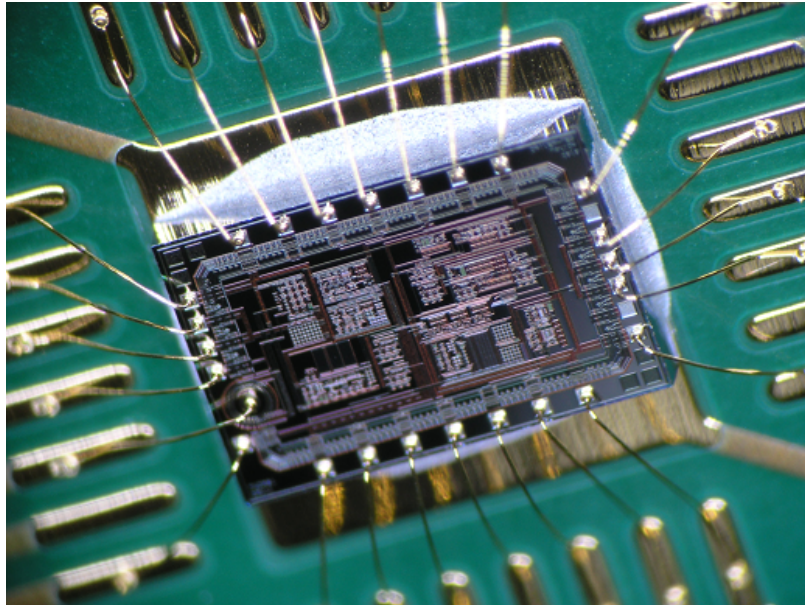


Fig. 2-19 ダイボンディング、ワイヤボンディング後の2×3 mmチップ



Fig. 2-20 チップ搭載済みの COB

COB または評価用セラミックパッケージに TEG チップをダイボンディング、ワイヤボンディング後、AC 直付け LED 駆動電源として評価するボードを製作した。下図は評価用セラミックパッケージ搭載時に LED を発光させている様子である。

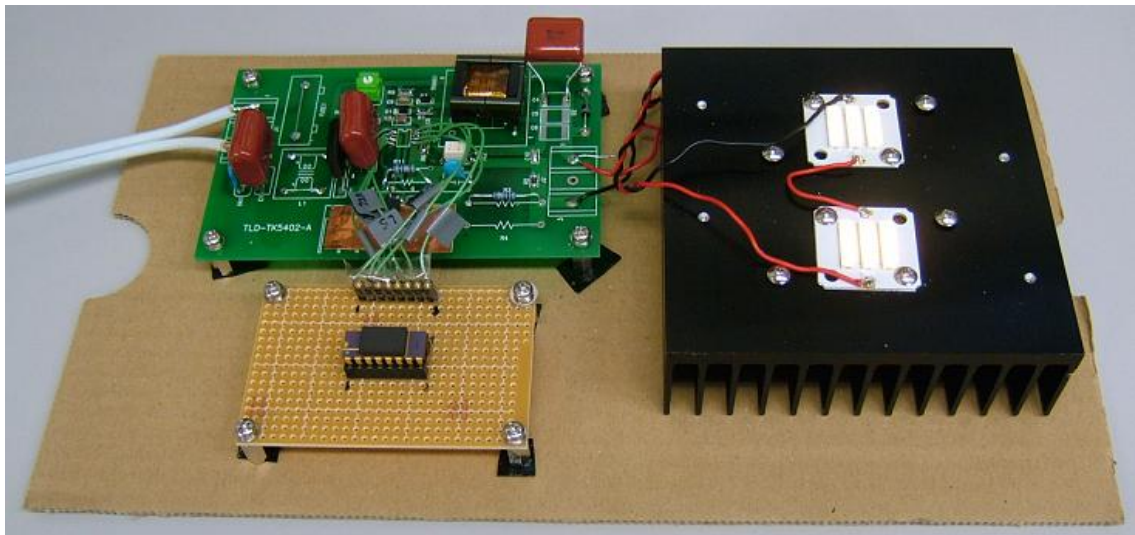


Fig. 2-21 COB またはセラミックパッケージ評価用ボード

新規に作成したケミコンレス方式駆動 IC を動作させ、観測した電圧波形を示す。ケミコンレス駆動であるため、全て脈流のまま動作している。

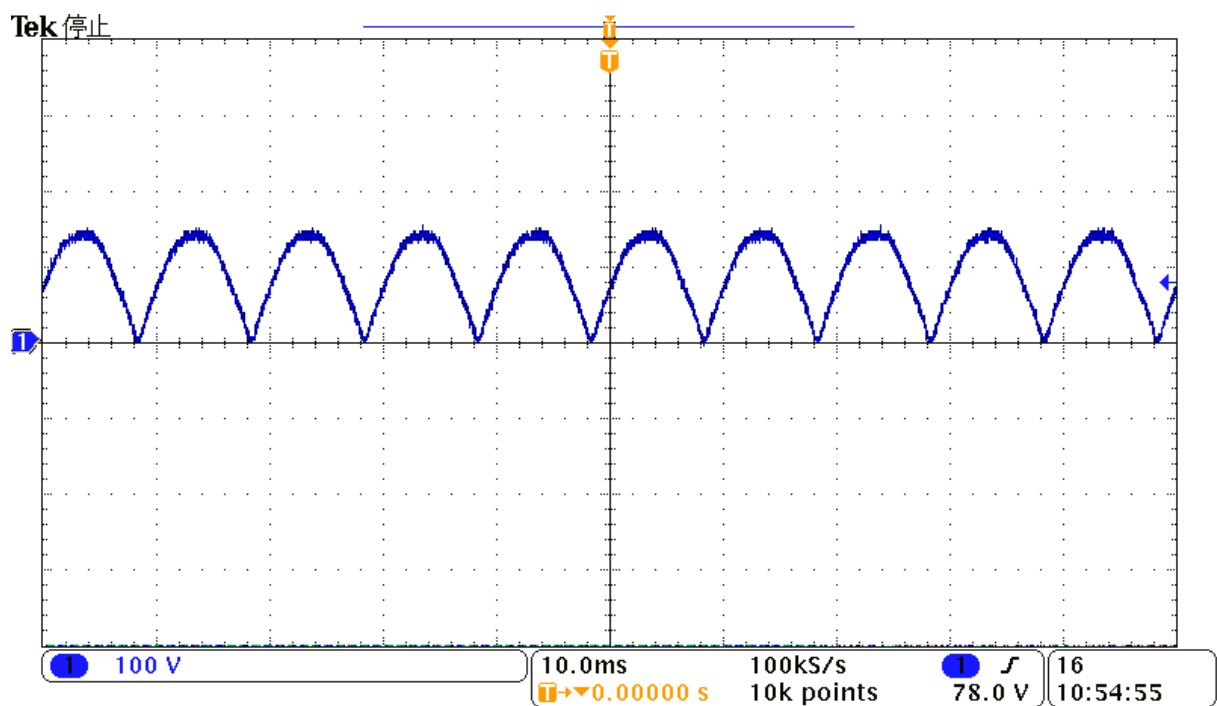


Fig. 2-22 商用 AC 電源入力を全波整流した脈流

67 kHz で MOSFET をスイッチングしているため、パルス周期は $15\mu\text{s}$ である。

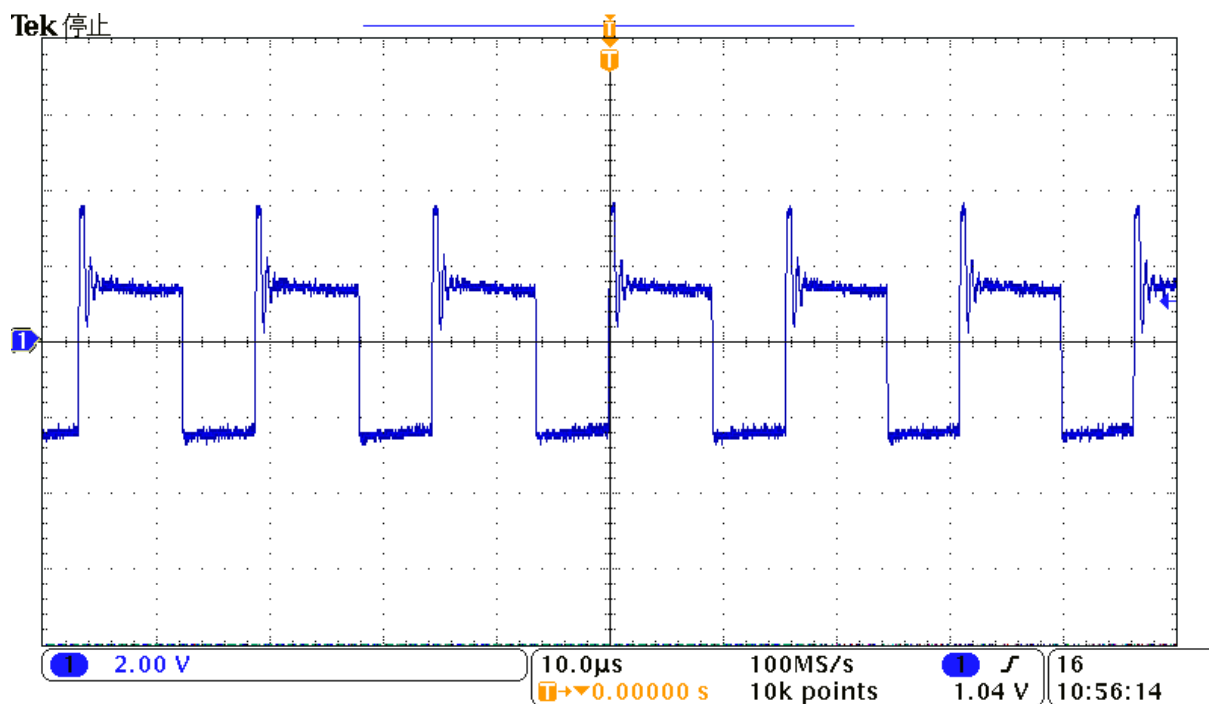


Fig. 2-23 スイッチング MOSFET のゲート電圧

本来脈流の先頭電圧は141Vであるが、フライバックトランス一次側のインダクタンスにより 300V を超えるスパイクが数多く生じていることが分かる。

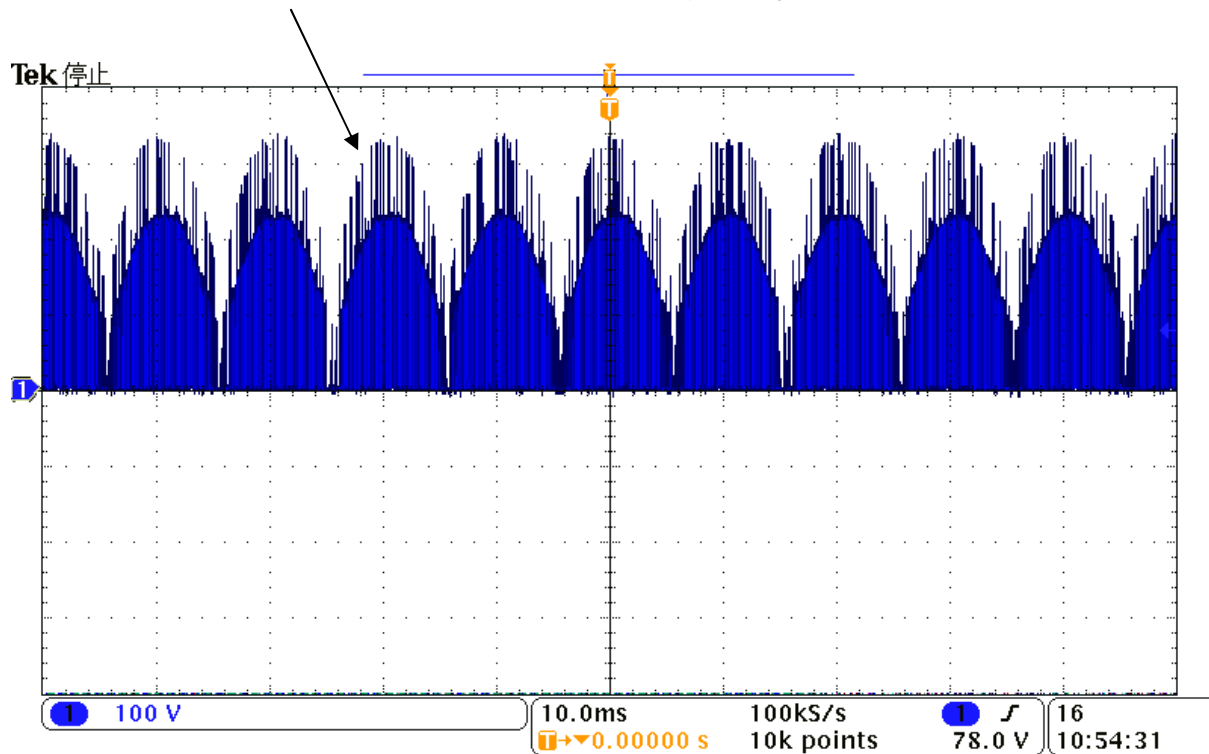


Fig. 2-24 スイッチング MOSFET のドレイン電圧

②新規駆動回路方式と PLC 機能の融合検討

新規駆動方式と PLC 機能の融合を目指して、前年度に設計・製作・評価を行った B/B（ブレッドボード）を元に、①において製作した HIC による電源モジュールを製作した。当初の研究目標では、ベアチップ HIC 高密度実装にて E17 電球への実装を可能とする大きさに収まるものとしていたが、内容積の理由から E26 電球への実装とした。

システム概念

ブレッドボード並びに電球型サンプル共通の試験システム構成は下図である。子機として ID を持っているので、1つの制御 PC から複数制御ができるが、本開発では1対1対応までとする。

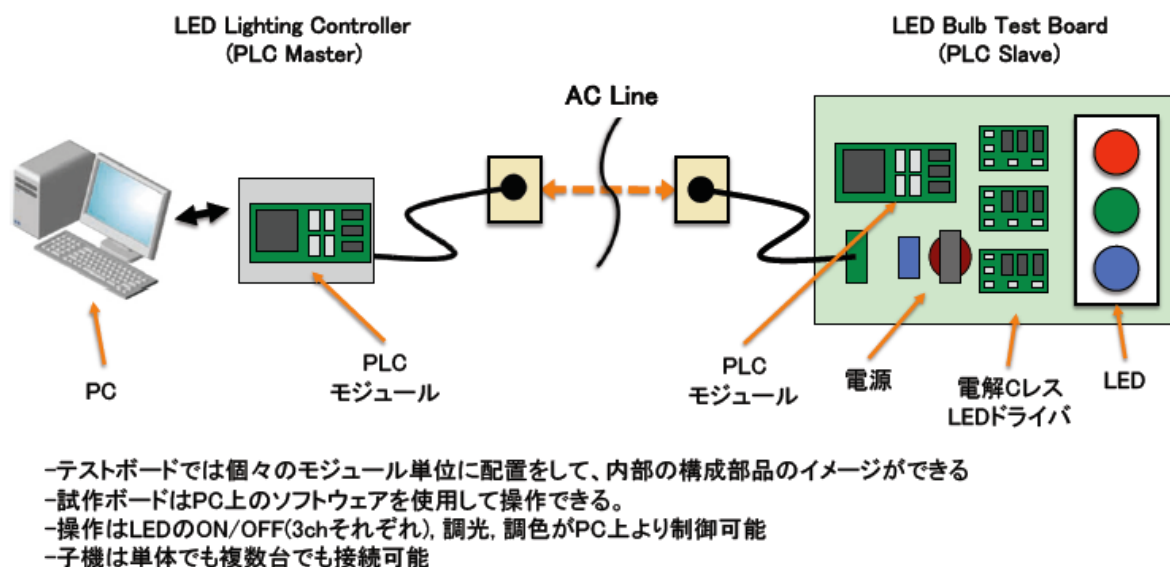


Fig. 3-1 PLC システム

PLC モジュール

PLC-IC 単体では必要な入出力信号を得ることができないため、局部発振器と I/O デバイスを含めた PLC モジュールとして組み上げ、ブレッドボード上にソケット接続する形式とした。これにより、照明器具内に組み込む場合もこのまま使用可能である。

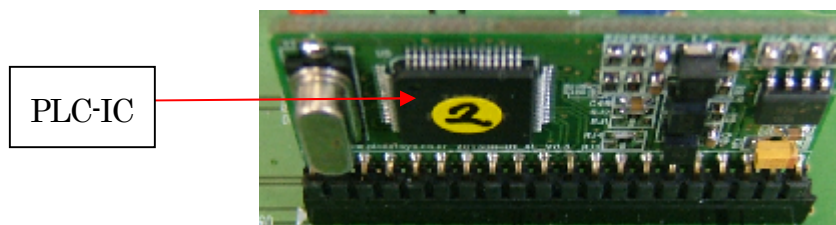


Fig. 3-2 PLC モジュール

ブレッドボード

22年度は、PLC 接続可能な PWM 調光機能を持つケミコンレス方式 LED 駆動ブレッドボードを試作し、ケミコンレス方式が外部制御に適することの検証を行った上で駆動回路を 3 チャンネル分搭載し、PLC ユニットとフィルタ、電源部も含めたオールインワン動作可能なブレッドボードを製作した。計測を含めた動作状態把握と小型化を容易にすることを狙い、各部をモジュール化した。

動作仕様

- ・ SS 方式
- ・ 10k~450kHz (屋内外)
- ・ 半二重 360bps
- ・ 最大伝送距離 2000m
- ・ 出力 5W/チャンネル

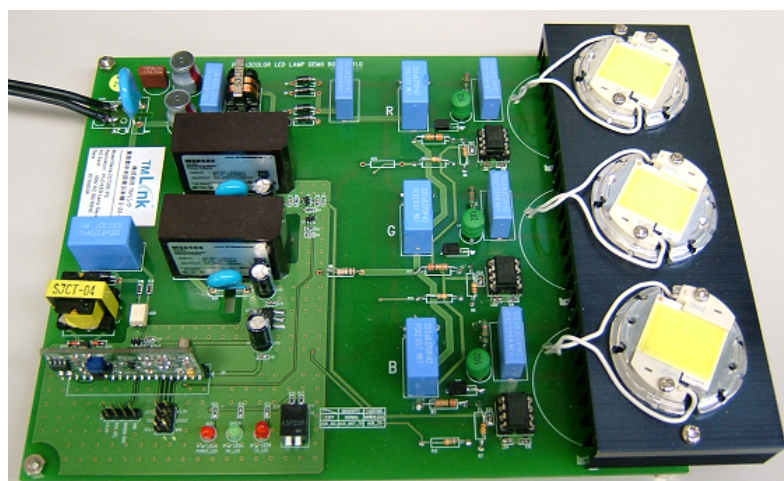


Fig. 3-3 3 チャンネルブレッドボード

制御ソフトウェア

3 チャンネルブレッドボードを制御するソフトウェアを作成した。Windows XP 上で動作し、ローカル通信条件設定と複数ボード制御を可能にする ID 指定、10 段階の RGB 独立調光、オール ON/OFF 機能を備えている。

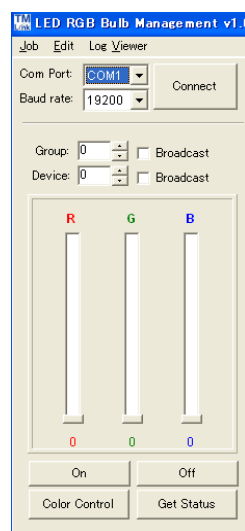


Fig. 3-4 ブレッドボード制御ソフトウェア

電源モジュール化

PLC 回路モジュールとケミコンレス方式新規駆動 IC（3 チャンネル）を組み合わせ、電球筐体に内蔵できるように配線した。基板周辺の追加絶縁を施した上で、電源電圧を印加すれば動作する。

PLC 制御回路に供給する電源回路にケミコンを 1 個使用しているが、長時間使用の際、熱により静電容量が抜けても電源回路として安定動作していれば問題はない。

当初目標の通り、従来基板より面積比 40%以上の削減を達成している。

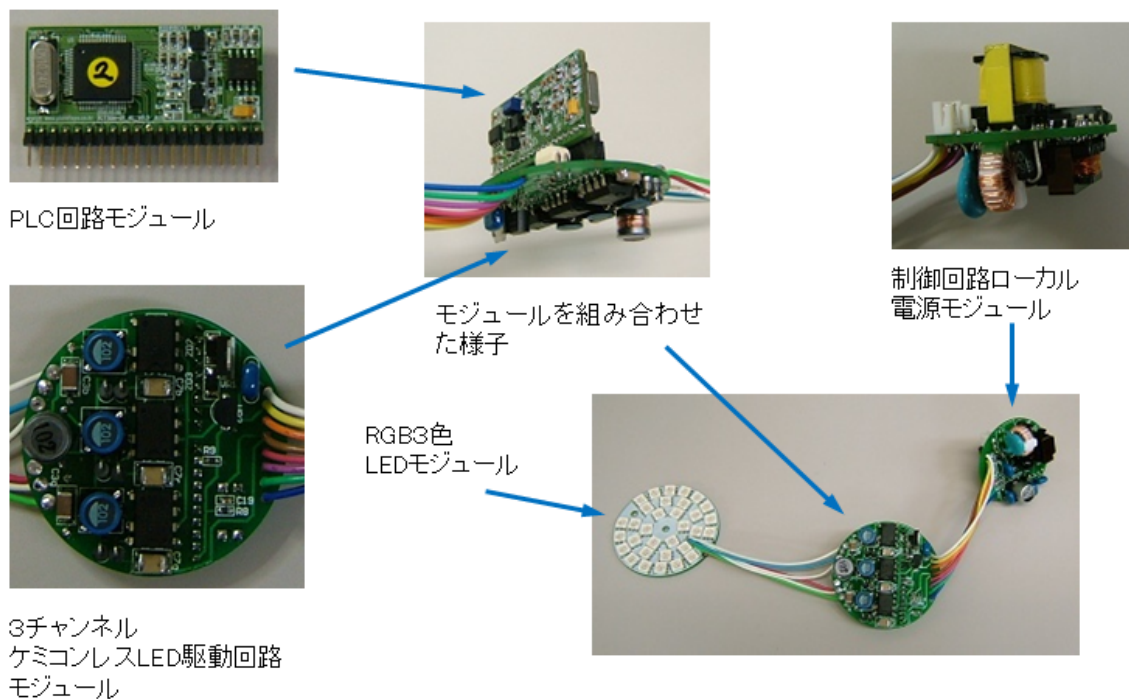


Fig. 3-5 ケミコンレス電源モジュールの組み込み概念

③新規駆動回路方式と変調機能の融合検討

前年度は変調方式の検討として、3チャンネル LED 調光・調色回路設計と、従来方式の見直しと新規方式の発案を行った。また新規光学系の構想として、LED マトリックスによる虚像光学系を発案した。これを元に、今年度は新規変調方式の具体化と試験ボード製作実験を行い、光学設計と新規（投影）光学系照明試作品を完成させた。

システム構築

主に位相検出方式による変調LED光源のシステム構成を行った。従来からの基本構成を継承しているが、以下に周辺光雑音の影響を少なくするかが重要である。

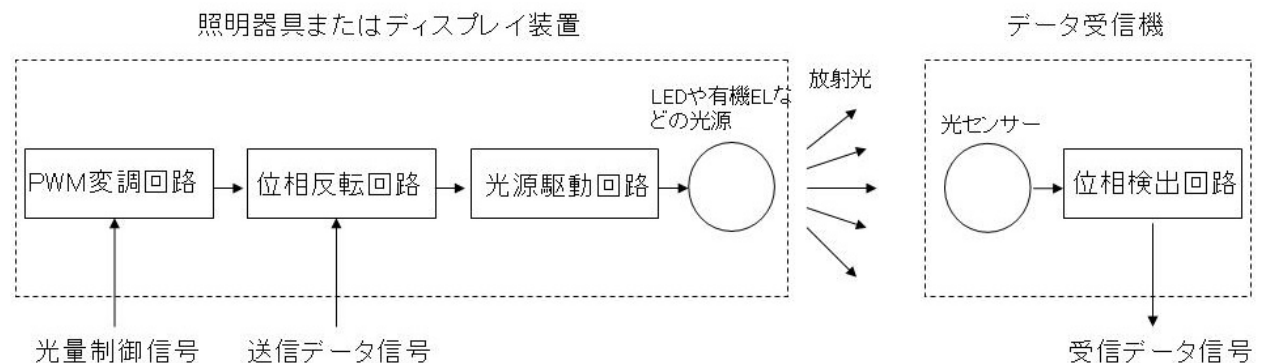


Fig. 4-1 システム

単チャンネル試験基板

本システム変調機能の評価を実現するための試験基板を製作した。4つのユニット構成とし、小型ボックス内に組み込んだ。

- ① データ入力・変調試験基板：動作速度を重視し、FPGA に論理回路を組み込んだ。
- ② 発光ユニット：コンパクト平置きとした
- ③ 受光ユニット：コンパクト平置きとした
- ④ 復調・データ出力試験基板：既成品オペアンプ、ロジック回路を組み込んだ

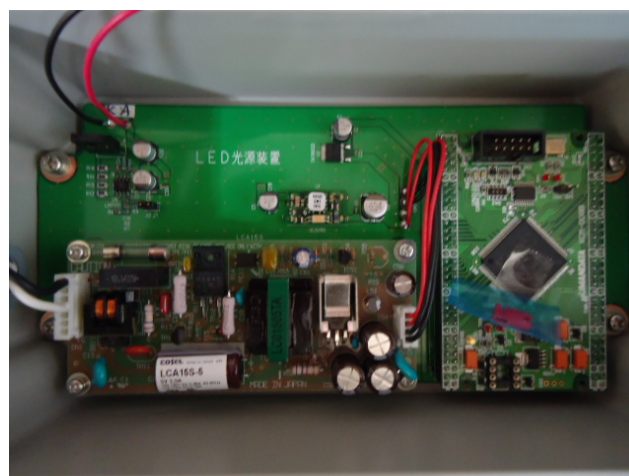


Fig. 4-2 データ入力・変調試験基板



Fig. 4-3 発光ユニット

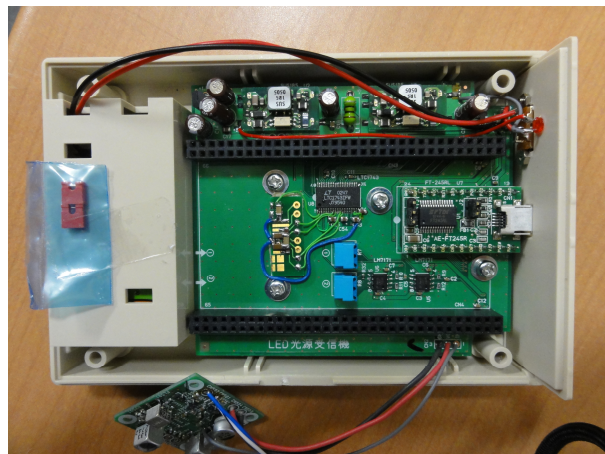


Fig. 4-4 受光ユニット

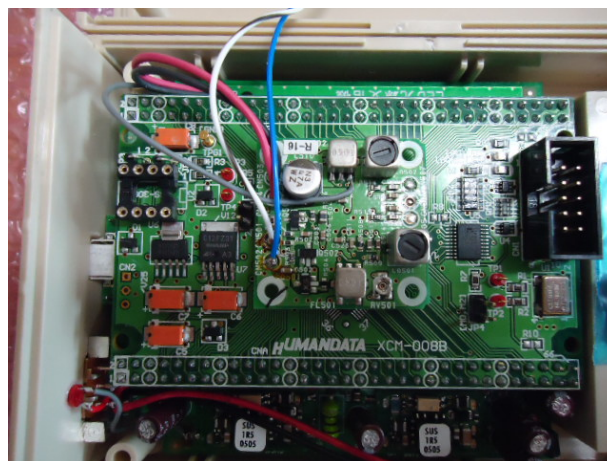


Fig. 4-5 復調・データ出力試験基板

可視光通信の変復調実験

回路の設計次第で自由な光変調が可能であることから、変調試験基板を特殊な案内板照明にも応用可能であることを検証した。図は慶應大学日吉協生館において、試作回路による光変調照明を動作させている様子であり、実際に音声変復調のデモンストレーションができる。



Fig. 4-6 案内板照明に応用した光変調照明

駆動方式

マンチェスタ方式等の標準的な可視光通信の方式の他に、フリッカが生じ難い変調方式の検討を行った。人間の目でちらつきが感じられるパルス周波数範囲とデューティを考慮した上、4値PPMを使用して光量を少なくする時は正論理、光量を多くする時は負論理とすることで対応するアイデアをまとめた。

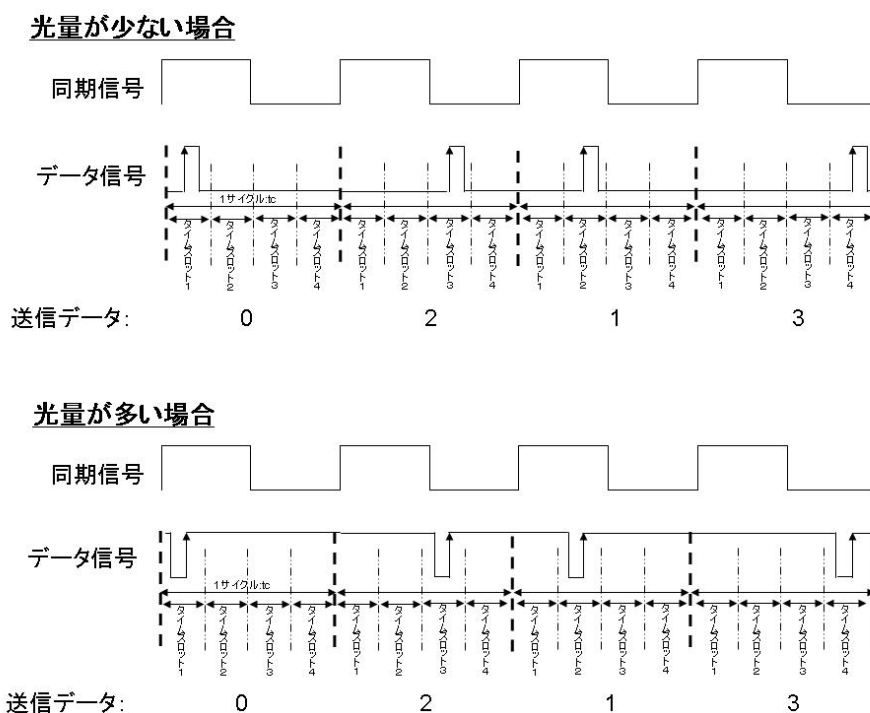


Fig. 4-7 4値PPMの概念

LED 投影光学照明

例えば自然光源である炎に近いLED 光源を実現するには、LED マトリックスにてランダムに揺らぐ炎を映し出す光学系を成し、光源と周囲の状況をセンスするシステムを作れば良い。

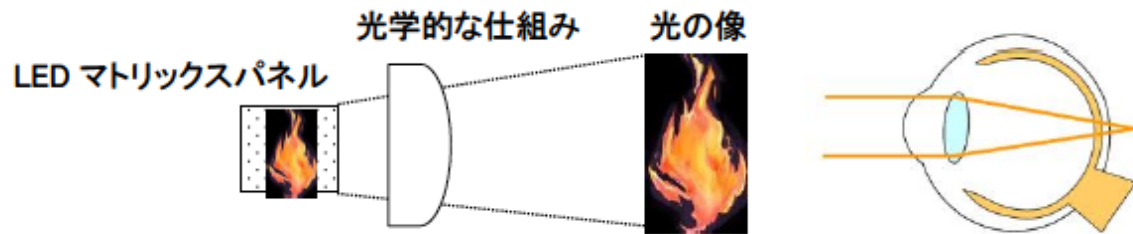


Fig. 4-8 擬似炎照明の光学系

炎など一定の形がある光源を映し出すために、任意の発光パターンを表示するLED マトリックスを使用し、その投影を利用する光学系の試作を行った。アイディアの基になった特許が示す虚像光学系は弱い反射面を持つキャビティを利用したものであり、拡散材を使用せずに配光角を広げることができる。これを発展させた投影光学系アクリルサンプル試作を行った。LED マトリックス駆動回路一式を格納し動作させることで、光源の投影画像を見せる照明器具を試作することができた。

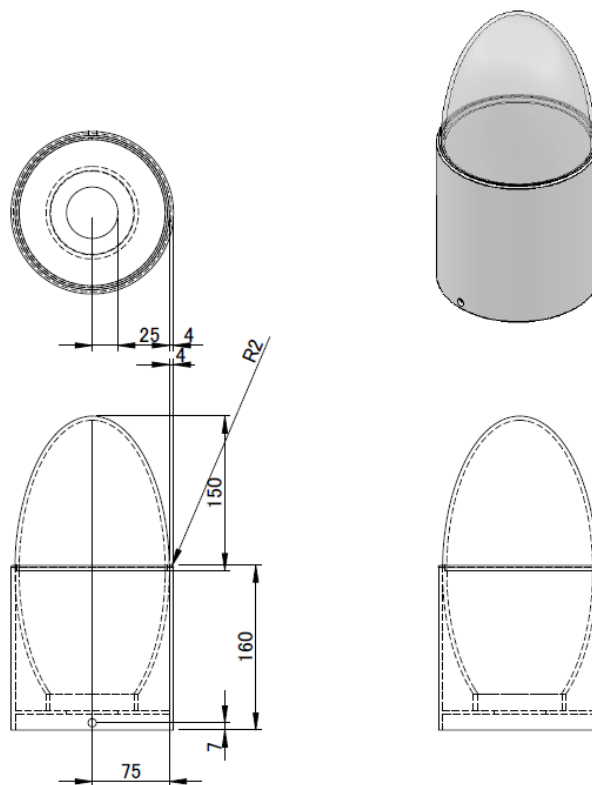


Fig. 4-9 投影光学系アクリルサンプル（設計図）

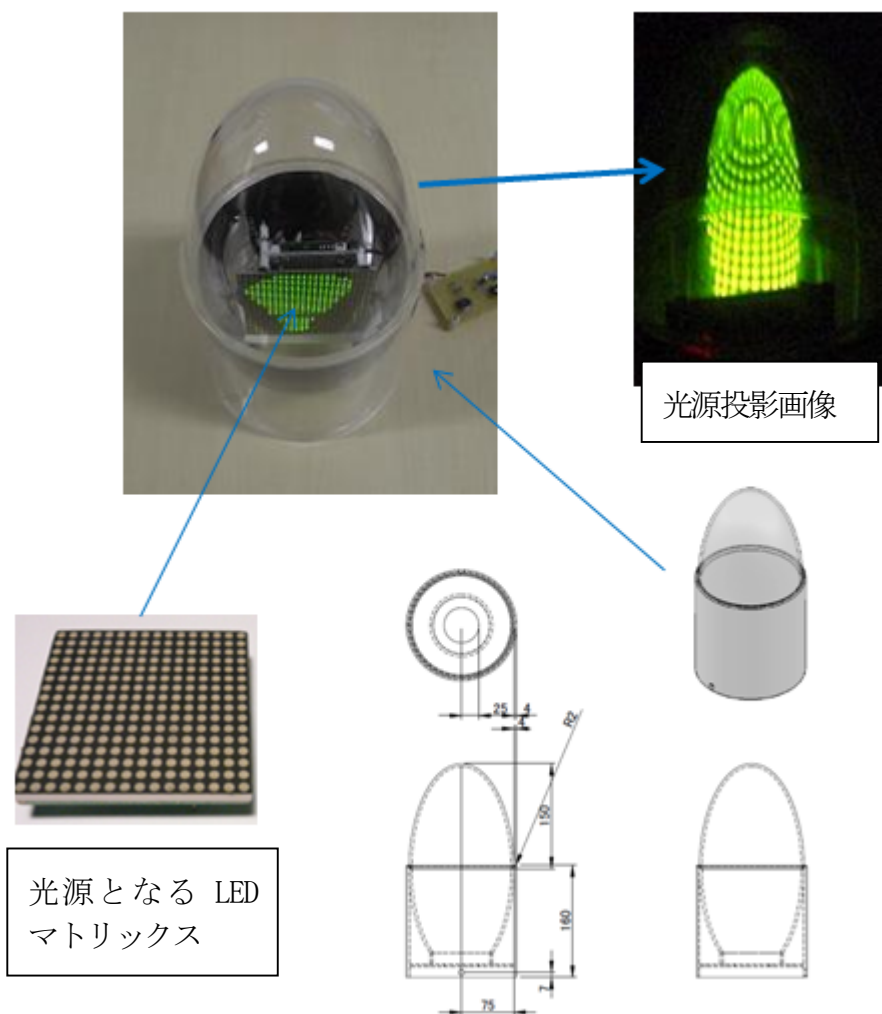


Fig. 4-10 投影光学系アクリルサンプル (LED マトリックスとの組み合わせ)

④センサ機能搭載研究

前年度において行ったセンサチップの使用可能性検証、基本トポロジーの策定と回路試作をもとに、さらに実験改良を重ねてセンサ方式の具体化と試験ボード製作実験、光学設計と試作品を完成させる。駆動回路方式と投影光学系について特許出願を行った。

システム構築

周辺光量を感知して、これが多ければ光束を弱め、少なければ光束を強めることで不要な点灯時間を削減して省エネ化する照明製品は既に市場にある。ケミコンレス方式駆動回路で実現する場合、以下の様なシステム構成を考えることができる。

本開発では考え方を進めて、LED 照明の弱点である①冷たい感じ、②規則的な感じとして表現される不自然さを軽減するセンサシステムを考案した。①は前記テーマである調色機能により大きく軽減されるのでテーマ④では扱わない。②は光源を2次元、3次元化し、ランダム変調を加えることで軽減可能であると考えた。そのために複数個かつ個別変調可能なLEDを使用する。

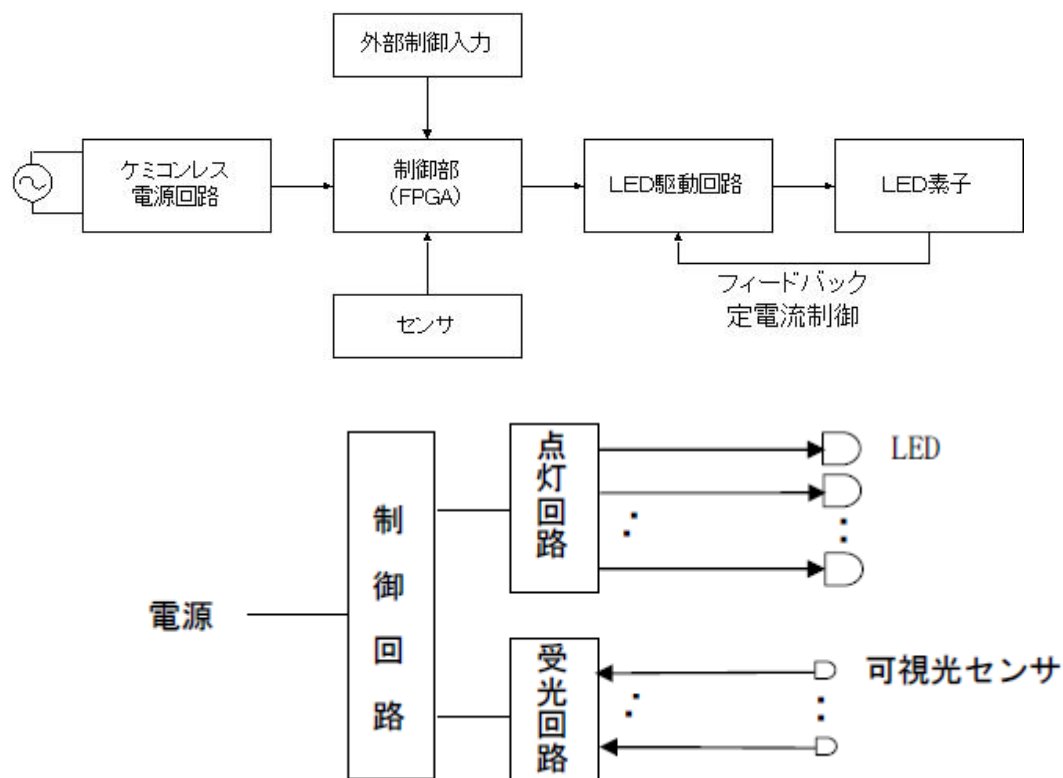


Fig. 4-11 センサシステムの概要

基本的には種々のセンサを用いたフィードバック調光制御であるが、光については光量のみならず、色見、光源の形をセンスし不自然さを軽減するため、最適調光システムと呼ぶ。

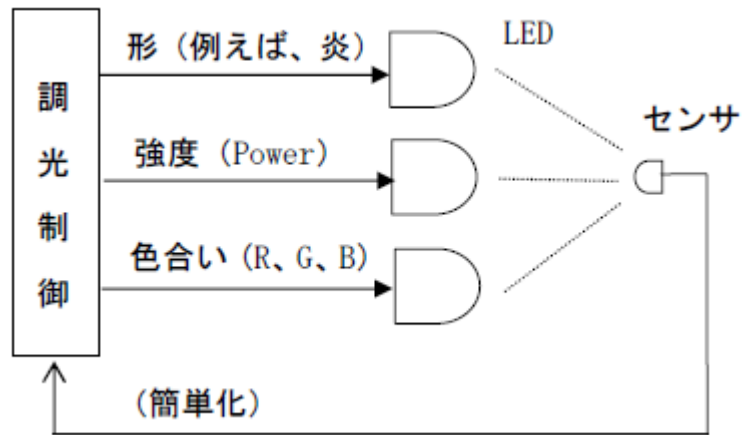


Fig. 4-12 最適調光システム

最適調光システムの基礎実験を行うための計測システムを製作した。AD/DA 変換器とマイコン、FPGA を備えており、ファームウェアにより柔軟な動作シーケンスを設定可能である。

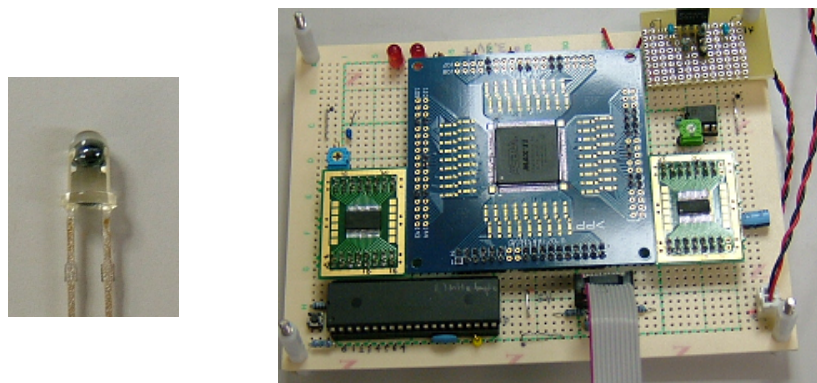
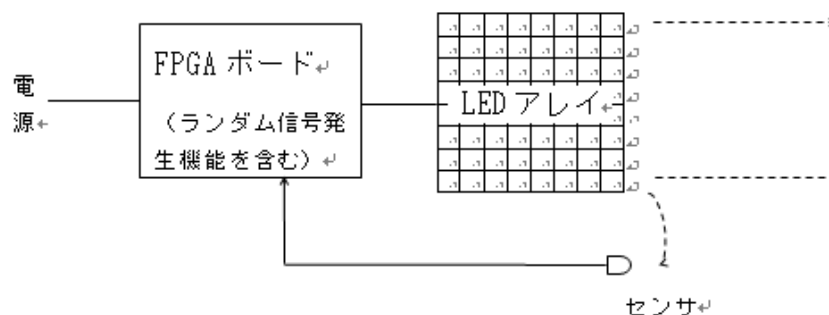


Fig. 4-13 光センサとして使用した球状太陽電池と AD、DA 変換計測システム

LED マトリックス駆動

単なる並列または直列接続 LED のみならず、LED マトリックスでの駆動方法を開拓することは、さらに高機能照明器具への応用範囲を広げる。非点灯時、LED マトリックスのキャリアをセンスすることで、光量センサとして使うことができる。システム構想、FPGA と LED アレイによるマトリックス駆動方式システム構想、回路設計を行った。



LED マトリックス駆動用試験回路を以下に示す。自然光によく見られる揺らぎをLED 光に変調させることで不自然さを軽減する方法がある。マトリックス駆動回路が照明としての光源駆動電流にランダム信号を重畳することで、ランダムな揺らぎを生じさせる。

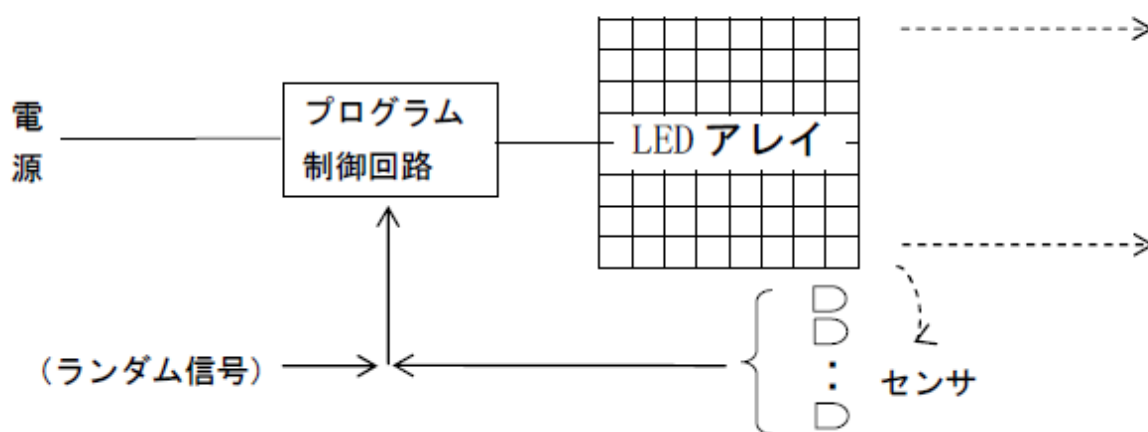
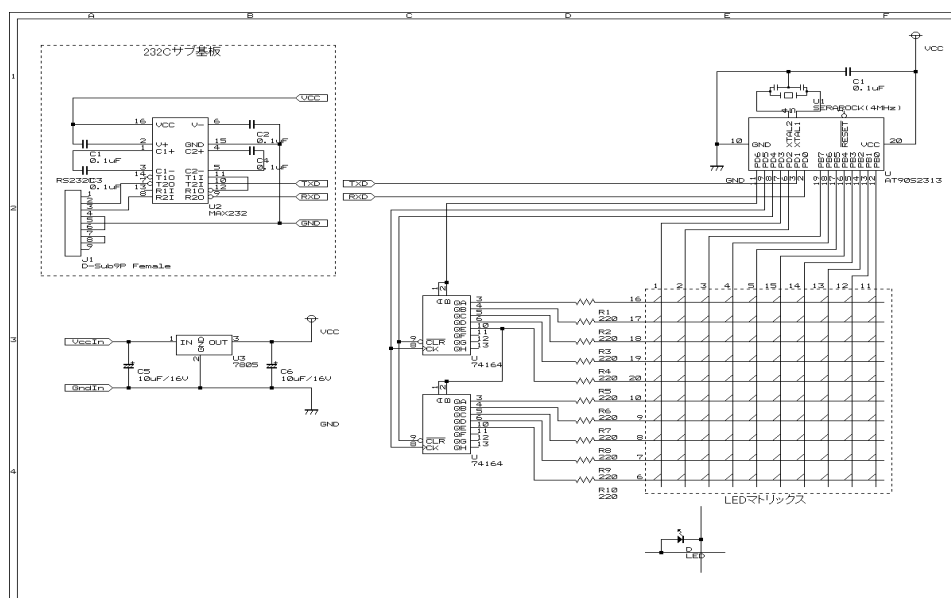


Fig. 4-14 ランダム信号重畳 LED マトリックス駆動回路

実際に製作した LED マトリックスと FPGA による駆動回路ユニットが下図である。当初は LED マトリックスとドライバ/FPGA が分かれてフラットケーブルで接続されているシステムとしたが、照明器具内の限られた空間に収納する必要性から一体構造とした。

LED マトリックスは線順次駆動なので、任意のフレームレートで発光パターンを書き換えることができる。

前項の疑似炎照明に応用した場合、センサとしてマイクにより風音を拾うことで、炎を揺らす動作が可能である。炎の形状に揺らぎとなる時間変化を持たせれば、インタラクティブ照明器具となる。

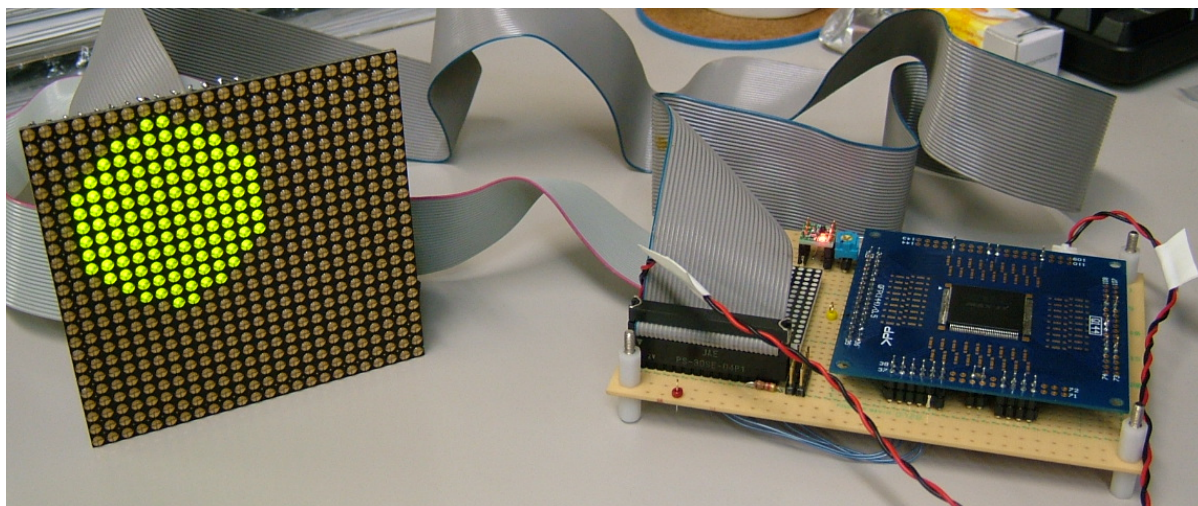


Fig. 4-15 LED マトリックスと FPGA による駆動回路 (分離型)

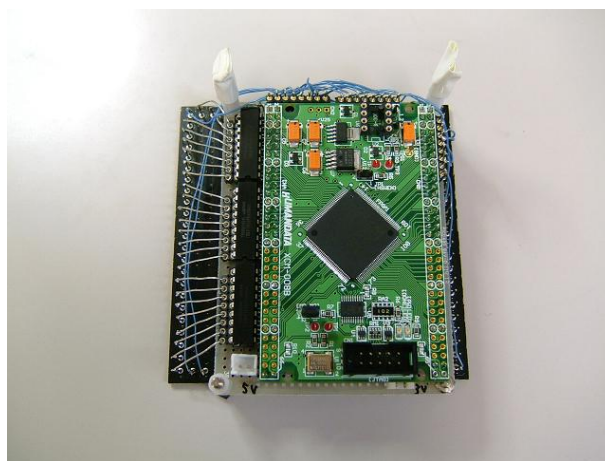
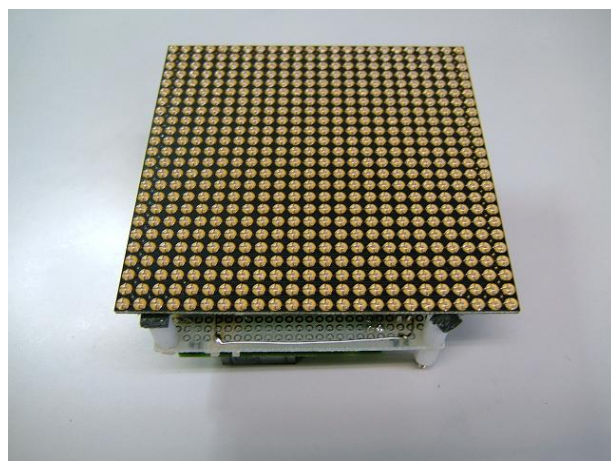


Fig. 4-16 LED マトリックスと FPGA による駆動回路 (一体型)

⑤完成体ランプ製作・評価

製品信頼性を確保するため放熱性能に優れた電球ケースに、製作したモジュールを組み込んだユーザ評価可能な電球型ランプを製作した。

電力変換効率 80%以上、6W の自己消費、筐体表面で最高温度域にて 50℃以下の目標仕様はほぼクリアしている。

電球筐体への組み込み

22 年度製作のブレッドボードを小型化し、E26 型電球筐体へに内蔵した。制御回路ローカル電源モジュールと 3 チャンネルケミコンレス LED 駆動回路モジュール、RGB 3 色 LED モジュールの 3 枚構成とした。当初の研究目標では、ベアチップ HIC 高密度実装にて E17 電球への実装を可能とする大きさに収まるものとしていたが、モジュール化による E26 型電球への組み込みとなった。

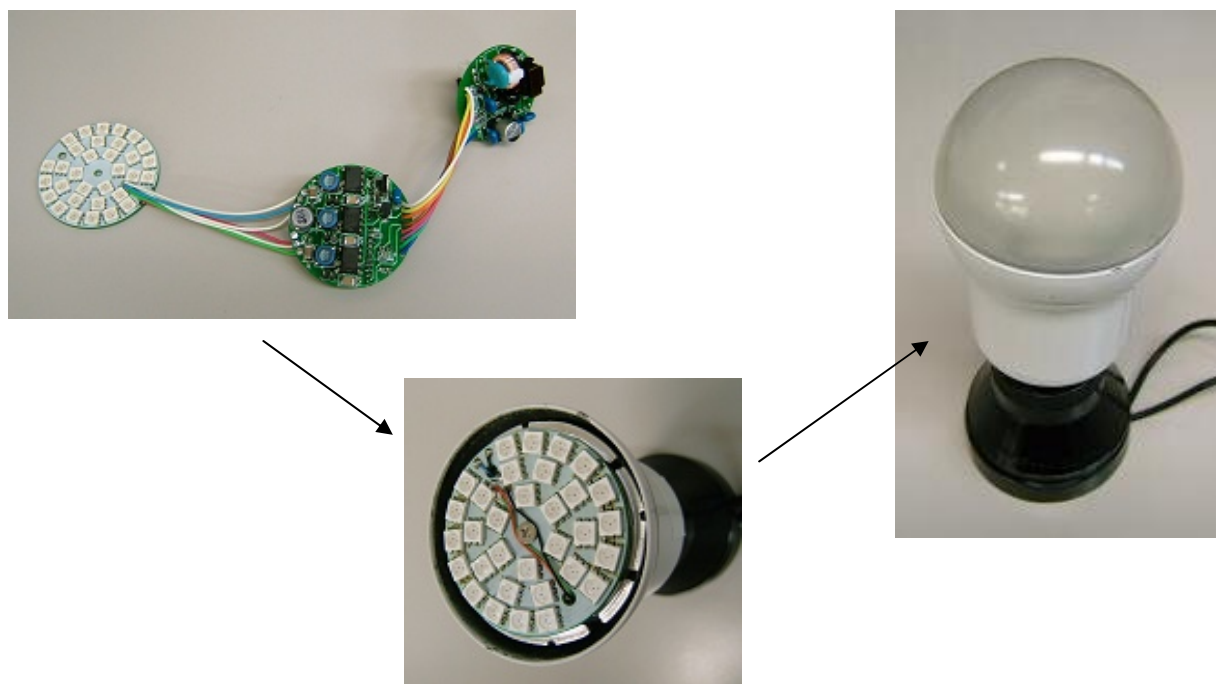


Fig. 5-1 PLC 調光電球筐体への組み込み

制御ソフトウェア

ブレッドボード用ソフトと異なり、より詳細な色見設定を可能とするカラーパレットを表示する。Windows XP 上で動作し、ローカル通信条件設定と複数ボード制御を可能にする ID 指定、調色の他、オール ON/OFF 機能、8 ビット毎の HSV 指定機能を備えている。

各部説明

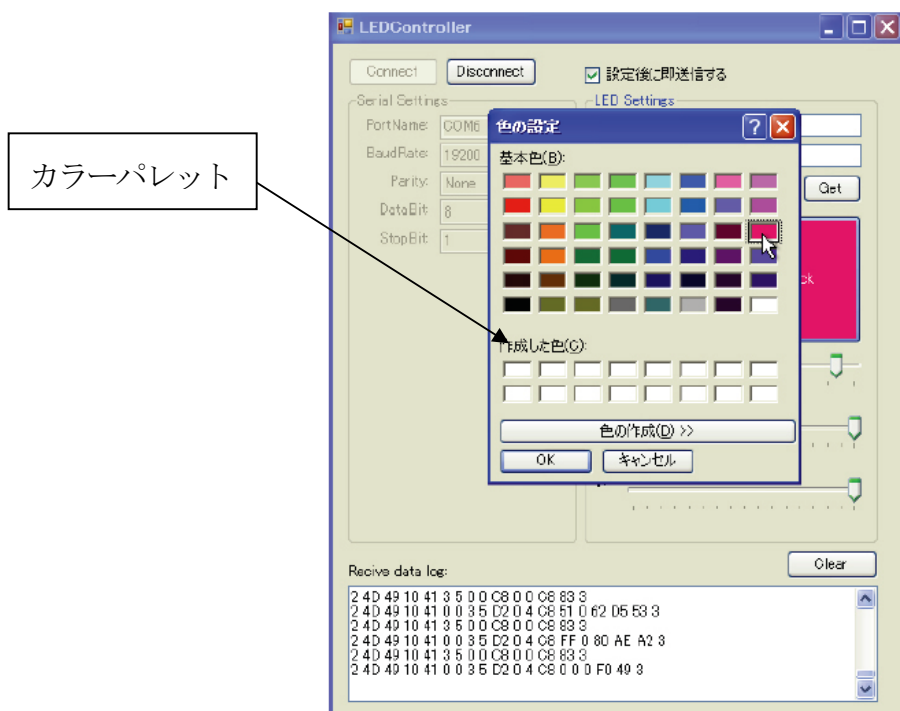
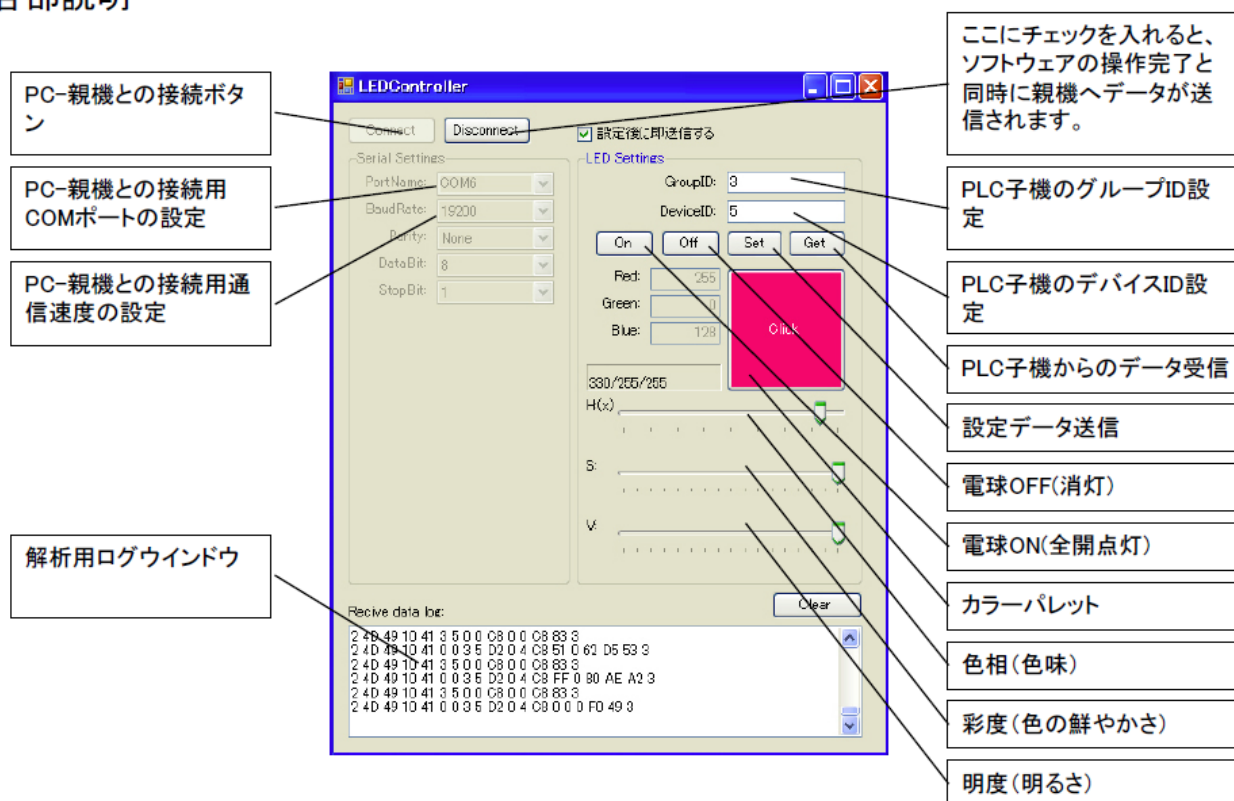


Fig. 5-2 PLC 調光電球を制御するソフトウェア

実際に動作させた様子を示す。カラーパレットとの色整合性をチェックした結果、若干混色の誤差が見られたが、微調整することで意図した発色を可能としている。通常 Yellow から肌色にシフトした発光は単色 LED では困難であるが、微妙な調色により実現している。



Red



Green



Blue



Yellow

Fig. 5-3 調色の様子

達成した仕様

電力変換効率 80%以上、消費電力 5W、力率 75%、筐体表面で 50℃以下の仕様を達成した。これは目標仕様である、「電力変換効率 80%以上、6W の自己消費、筐体表面で最高温度域にて 50℃以下の達成。」をクリアしている。

他の目標仕様である、消費電力 6W で白熱球換算 60W の輝度：光束で 120lm/W は追ってクリアすべきとする。

(1) 差動伝送による可視光 LED 変調方式についての特許出願 (特願 2011-004977)

1. 目的

高速かつ、周辺光や他送信光源からの影響を受けにくい可視光通信システムの構築

2. 手段

情報伝送チャンネルを Blue とする。Red と Green から得た差動信号をクロックとし、このクロスタイミングと H/L レベルから Blue の H/L を判定する。

受信 RGB の強度相対値しか見ない。波長以外で差を取る方法を用いても良い。

目標とする送信光源にロック後は、他光源から受けないようにする。

3. 留意点

いずれかの LED が ON するためフリッカが少ない。

RGB タイプの照明は演色性に優れるが、効率は良くない。

受信側で RGB の各フィルタが必要。

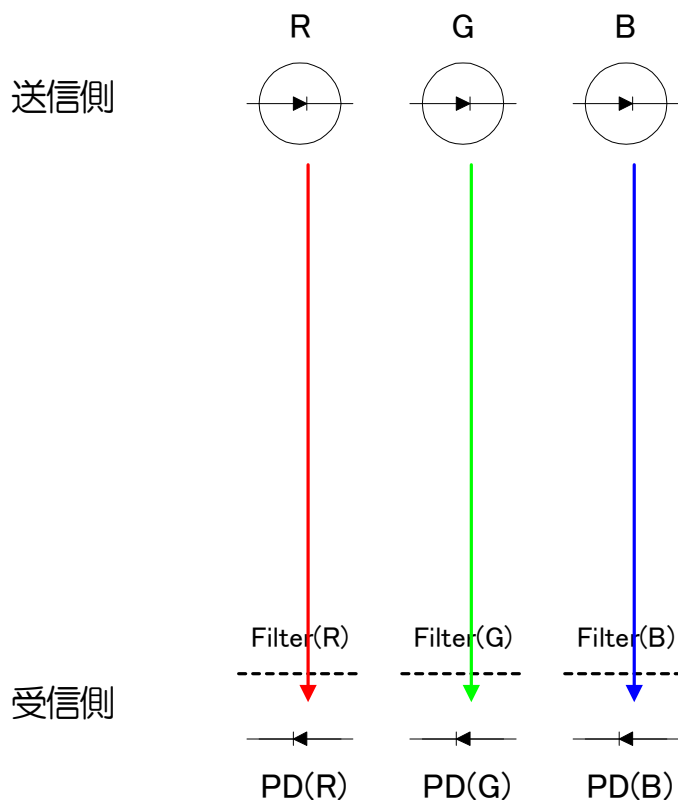
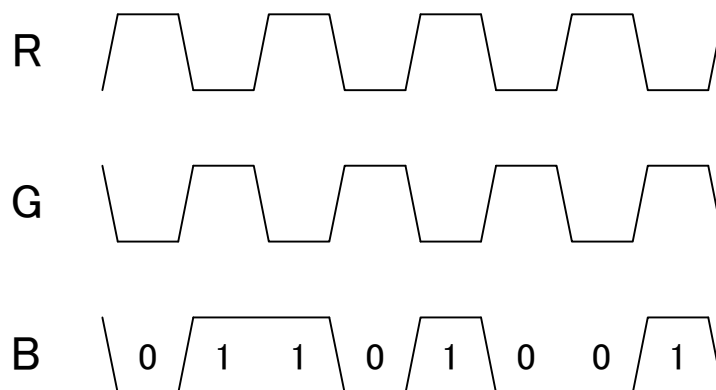


Fig. 6-1 差動伝送による可視光 LED 変調

送信側の信号レベル

R と G をクロック生成、B をデータ変調に使用した場合。



受信側の信号レベル

R, G, B の受光強度に演算処理を行い、クロックとデータ生成する。

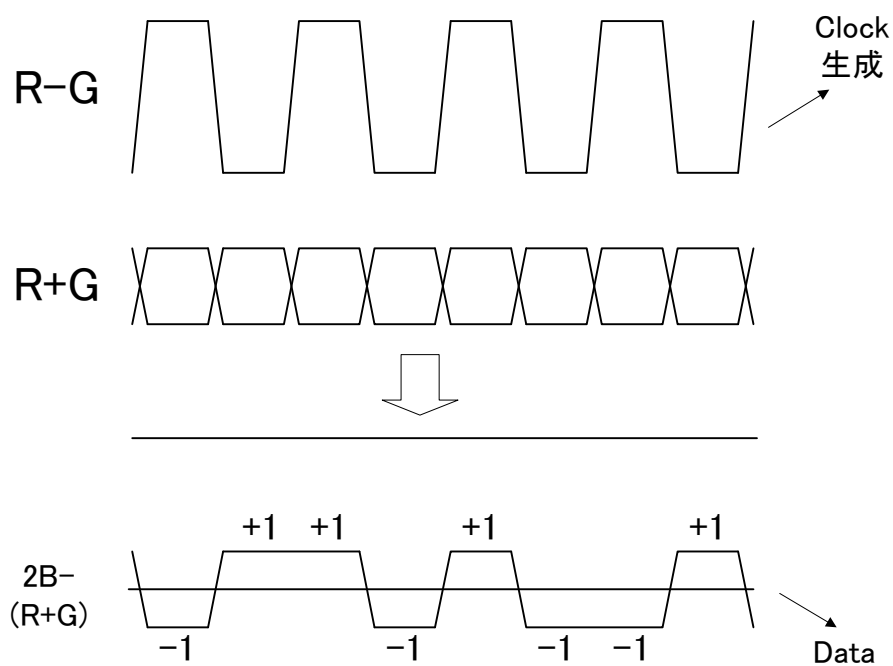


Fig. 6-2 差動伝送の信号レベル

(2) 商用電源利用のLED駆動回路についての特許出願（特願 2011-171605）

1. 目的

商用AC電圧を整流して得られる脈流によりLEDを直接駆動する場合に、フリッカを目立たなくすることができるLED照明装置の提供

2. 手段

商用AC電源によりLEDをケミコンレスで駆動する場合、駆動電流波形は図(A)の様な脈流となり、谷の部分でLEDがOFFとなるためフリッカを生じる。そこで、谷の前後の駆動パルスの先頭値電圧を(B)の様に高く設定することで視覚的にフリッカを低減する。

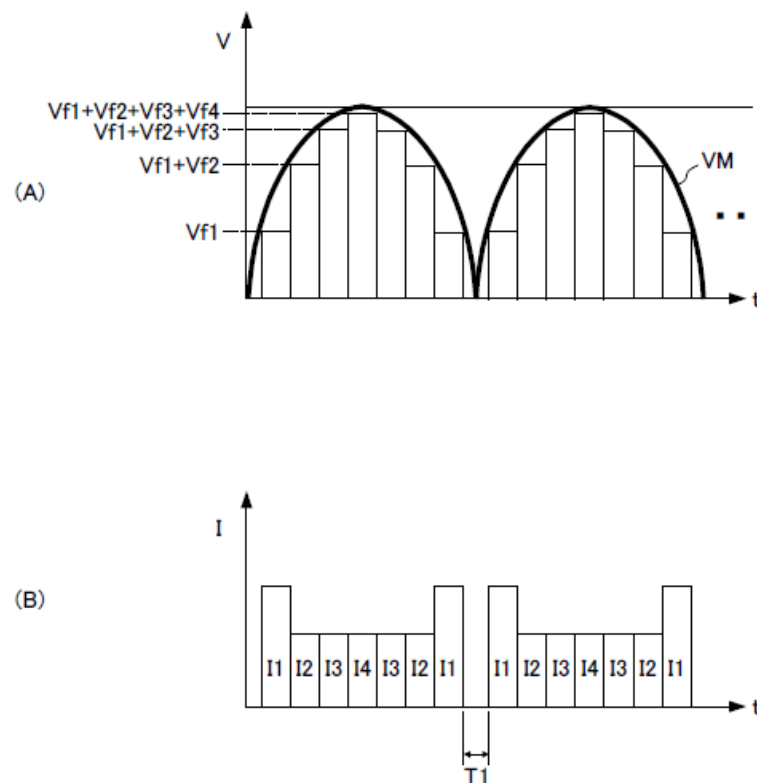


Fig. 6-3 脈流波形と駆動パルスの工夫

3. 留意点

本案はアナログ方式及びデジタル方式双方で実現でき、デジタル方式とした場合、AD、DA変換器とコントローラ、切替スイッチで構成する。

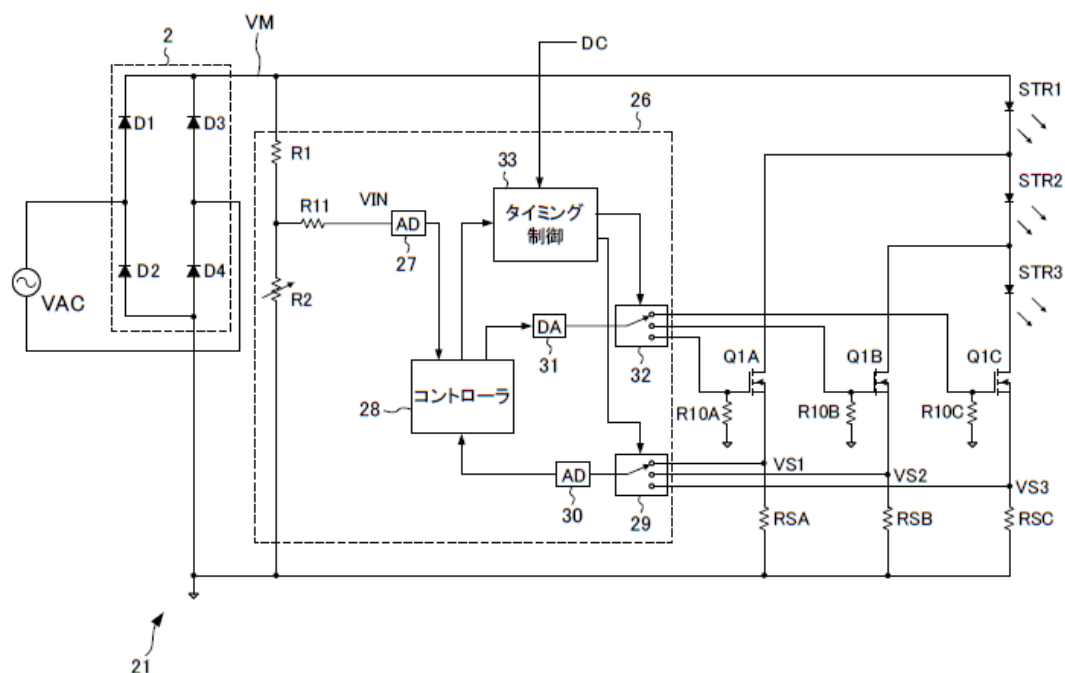


Fig. 6-4 デジタル方式によるフリッカ低減LED駆動システム

(3) LED の反射光を利用した投影光学照明装置についての特許出願 (特願 2012-61241)

1. 目的

指向性が強く直進性がある LED 放射光を反射鏡にて反射させて、適度に分散させながら LED 光源も視認できるとともに周囲も明るく照らせる照明装置を提供する

2. 手段

LED からの光を直接装置の外部に出すのではなく、ミラーやハーフミラーにより反射させて投影することにより、光源が浮いている様に見せるか、目を刺激しない間接光を出す照明器具を構成する。

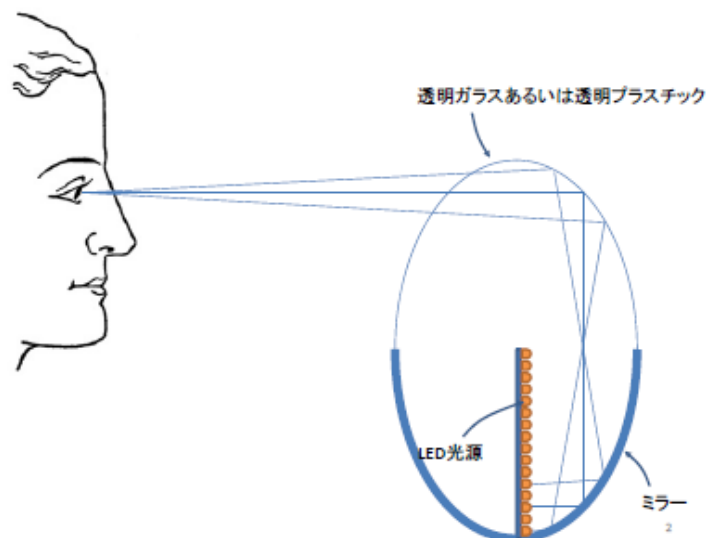


Fig. 6-5 LED 反射光利用による投影光学照明の概念

最終章 全体総括

動作デモ可能なケミコンレス方式電球サンプルを完成させたという点で、技術的達成度はほぼ満足行くものであった。E26 型電球筐体へのモジュール組み込みの形となったので、続く開発業務においてさらに小型化する予定である。現時点で事業化に向けた動きに遅延や支障はない。

当初の事業化に関する見通しでは、屋内屋外用各種照明の概観を行ったが、プロジェクトを進める内にアミューズメントや家庭用装飾照明や植物工場照明という具体的なターゲットが浮上してきた。今後も事業化の見通しを立てやすい特化した用途を考え、ターゲット市場を探す。

製品として見た場合の技術的課題と事業化に際しての課題は、今後続行する業務にて解決を図る。

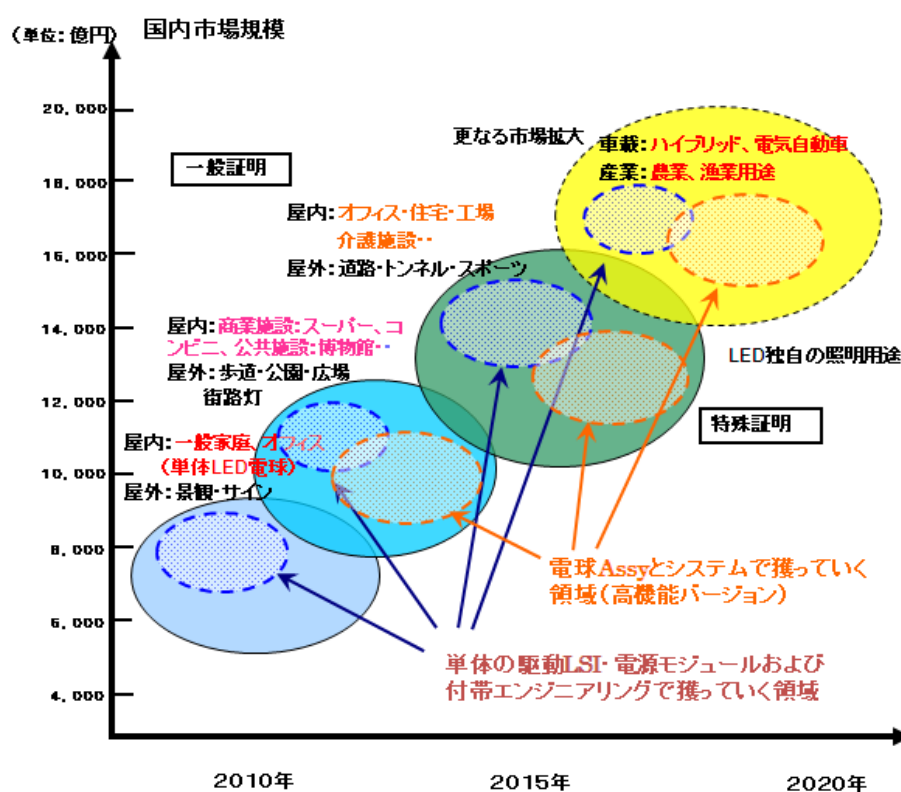


Fig. 7-1 LED 市場規模予測

技術内容

以下、前年度と今年度を通してテーマ別に概観する。

サブテーマ①新規駆動回路の LSI 化

新規 LED 駆動 IC に向けた TEG 設計について、22 年度は仕様策定、回路設計、レイアウト設計、LSI (WS1) の製作を完遂、23 年度は LSI (WS2) の製作、電源モジュールを製作した。機能はそのまま、さらに小型軽量化する余地があるので継続改良とする。

サブテーマ②新規駆動方式と PLC 機能の融合検討

PLC 試験基板の製作、動作検証について、22 年度は PLC モジュールとケミコンレス駆動回路の合体を達成、23 年度は小型化の構想、設計、デモ可能な電球型ランプの試作を行った。PLC の照明制御は市場に広まりつつある分野であり、通信信頼性の向上と共に普及が期待されるので開発は継続する。

サブテーマ③新規駆動方式と変調機能の融合検討

22 年度は、3 チャンネル LED 調光・調色回路設計達成、またマンチェスタ方式など従来方式の見直しと新規方式の検討を行い、23 年度は新規方式の具体化と試験ボード製作実験を行った。また 22 年度に LED マトリックスによる虚像光学系を発案し、23 年度に光学設計と試作品を完成した。実用に向けた場合、さらに改良する余地があるので、継続して進める。

サブテーマ④センサ機能搭載研究

22 年度に基本トポロジー策定を行い、23 年度にセンサ方式の具体化と試験ボード製作実験、光学設計と試作品を完成させた。実用に向けた場合、さらに改良する余地があるので、継続して進める。

サブテーマ⑤完成体ランプ製作・評価

ユーザデモ可能な電球を製作した。営業アイテムとして有用であり、展示会デモにも使用できる。

特許出願

LED 駆動、可視光通信システム、投影光学系に関する特許を 3 件出願した

技術的な課題を以下に挙げる

重さ：高機能化する程、高密度基板となり重量が増す。チップサイズを小さくした HIC 化で解決を図る予定である。

耐ノイズ性：電源ライン上に強力なノイズ源があると、低速規格でも通信できなくなる。到達距離を短くし、トレードオフで耐ノイズ性を上げる試みを行う。

高出力化：現状サイズの電球よりも高出力な仕様要求があった場合、一体化照明では放熱手段の見直しを行わなければならない。

事業化

植物工場の LED 照明には RB（赤と青）の高出力光が要求されるので、調色電球は当初考えていた植物工場へのニーズよりも、むしろアミューズメントや家庭用装飾照明に向くと考ええる。しかし、植物工場用途でも成長に適した波長を PLC 経由で選択する機能は有用であり、他社になく差別化できるのでこれも視野に入れている。

投影（虚像）光学照明器具ではアミューズメント以外の需要は考えていないが、可視光通信変復調との組み合わせで全く新しい製品として投入することができると推測する。

美術館や博物館で使用する展示用照明は、展示品を傷めずに演色性を最大にする必要があ

ることからコモディティ化し難い分野であり、ケミコンレス駆動と組み合わせることで差別化できると考えている。

ターゲット製品

①植物工場用設備照明

RGB でなく生育に適した RB の発光で、下記特長を持つ製品化が可能である。

- ・ PLC による一斉点灯
- ・ 成長の段階に適した RB 比に調整する
- ・ ケミコンレスによる長寿命を活かす

②美術館・博物館案内システム

サブテーマ⑤で製作した電球型よりも、LED 列で構成された展示用照明の形態とした方が好都合である。従って、サブテーマ③において製作した可視光通信の変復調実験装置を、ほぼこのまま使用することができる。

③アミューズメント照明

投影（虚像）光学系による立体投影や、センサによるインタラクティブ（対話型）照明 としての需要が見込まれる。

④一般家庭用照明

調光調色シーリングライトは市販されており、リモコン対応が適するのでメインターゲットとはしない。

PLC 宅内 LAN で制御するのであればターゲットとなりうる。

事業化に際しての課題は以下である。

価格：通常の LED 電球の価格帯が千円程度であるが、PLC 付き 3 色調光 LED 電球の価格はその 3 倍程度となる可能性がある。従って、コモディティ化せずハイエンド品としての価格設定を予定している。ただしローコスト化の見通しが無いわけではなく、モジュールの改良で部品点数を削減することや筐体の変更による低価格化の余地はある。

競合他社：1～2 社が PLC 制御照明を販売しているが、ケミコンレスでなく若干大型である。本開発による照明はケミコンレスで電球に 3 チャンネル収まる程小型であることを、明確にアピールすることで差別化する。

用語の解説

PLC :

Power Line Communication 電力線搬送通信。交流商用電灯線の電圧に変調をかけて情報の送受信を行うシステム

変調 :

電圧や光量の振幅や周波数、タイミングを変化させて情報を重畳すること。ここでは光の ON/OFF タイミングにより、デジタル信号論理の H/L を乗せる。これを赤外線に応用したものを赤外線通信 (IrDA)、可視光線に応用したものを可視光通信と呼ぶ。

TEG : Test Element Group

IC を構成する各部分を、単独評価のためウエハ上に作り込んだもの。主にトランジスタ等のデバイス単体、回路ブロックなど。

力率 :

有効な電力をどの程度負荷に与えているかを示した割合。電圧と電流の位相やタイミングが全く異ならなければ力率 1.0 (100%) となるが、実際は多少異なることで有効でない電力、即ち無効電力が生じ、その分は電灯線に戻って他の機器に悪影響を与える。力率改善回路が無い状態では 0.5~0.6 程度、力率改善を行って 0.8 以上となる。

電解コンデンサ (ケミコン) :

電荷を蓄積するキャパシタの一種で、容量を大きくするために電解液を使用するので高温に弱い。

FPGA : Field Programmable Gate Array

任意の論理回路を構成し、容易に書き換えることができるロジック IC。VHDL , Verilog などのハードウェア記述言語で書き込みを行う。

LED マトリクス (LED アレイ) :

LED を例えば縦 16 個×横 16 個という形で複数配置したもの。特定の LED を ON/OFF することで、単純な絵や文字を表示させることができる。

レイアウト設計 :

ここではファブ (受託製造可能な半導体プロセス設備を持つ工場) が提供しているトランジスタ、抵抗、キャパシタなどのデバイス情報を元に、これらを回路図に従って配置し、配線接続する作業。成果物としては GDS データ、検証サマリなどがある。

ドライバ IC :

駆動用 IC を指すが、ここでは LED 駆動を実行する制御回路やスイッチング用素子も含む。これと周辺部品も含めて駆動回路と呼ぶ。

定電流制御：

負荷となる LED に与える電流を一定とすることにより、LED が熱暴走して壊れたり、光量が変わることを防ぐ電氣的制御法

調光：

照明器具の光量を調整すること

調色：

照明器具の光の色を調整すること



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。