

# 高効率白色 LED を用いた内照式照明装置の開発

小橋克哉

山口大学工学部

## 概要

近年、化合物半導体をベースとした発光ダイオード (Light-emitting Diode: LED) の性能が格段に向上し、外部量子効率 40% 以上、発光効率 30lm/W 以上の有彩色、白色 LED 光源が開発された。また、省エネルギーシステムとも相性が良いことから、LED は新光源として産業界から期待されている。本研究では内照用光源として LED の特徴を生かした照明装置を開発した。この技術をさらに省エネルギーシステムと応用しその特性を評価した。

## 1 はじめに

近年、化合物半導体をベースとした LED の性能が格段に向上し、外部量子効率 40% 以上、発光効率 30lm/W 以上の有彩色、白色 LED 光源が開発された。LED は光 - 電気変換効率が高いので消費電力が低く、これまで発光効率は 10 年につき約 1 桁の向上が見られている。また、光源が小さいことから小型化・薄型化・軽量化が可能であり、白熱電球の約 8 倍、蛍光灯と比較しても約 2 倍の発光効率があり、さらに長寿命であることから光源の取替えを必要としない。そして、直流電源点灯により駆動装置がシンプルとなるので回路設計が容易であり、付随装置の少なくなるので故障が少なくなる。なにより、固体素子発光なのでガス封入などの構造を持たない LED 自体も堅牢であるなどの優れた特徴を有している。これらの特徴を有する LED を多数集合させることによって従来の光源 (電球・蛍光灯) に置き換わる次世代の照明用新光源として産業界で大きな期待が寄せられている<sup>[1,2]</sup>。

本論文では、太陽光発電を用いた省エネ型 LED サインパネル照明装置の特性と駆動電源回路の周辺技術の現状・課題について述べる<sup>[3]</sup>。

## 2 LED のサインパネル用光源への応用

従来、蛍光灯やネオン管などの放電管を用いたサインパネルが汎用品とされて使用されている。しかし、放電管を利用することにより、使用電氣量が嵩む・高圧放電現象だから危険・高圧ガス封入が施されているので危険・ノイズが発生する・ランプ寿命が LED より短いので取り替える必要があるなど多くのデメリットが挙げられる。そこで、サインパネル用光源として LED を用いることによって、これらの欠点を一挙に改善することが出来る。

### 2.1 発光部の特徴

発光部では、今回使用する指向角 20 度の砲弾型 LED 光源による拡散板への照射によってサインパネル表示部が一様に発光して見えていることが最も重要となる。LED を隙間無く配置することによっても達成することは出来るのだが、LED の使用個数が増加しコストが高く現実的でない。また、LED の特徴にも適わない。しかし、単純に隙間を空けて配置しても、この砲弾型 LED の指向角 20 度という特徴により発光面に斑が発生する。したがって、使用する砲弾型 LED をどのように配置するかを検証するために最適配置のシミュレーションを試みた。今回のシミュレーションにはレイトレーシング法を用いて照明計算を行うソフトウェアを使用して最適配置を行った。

## 2.2 回路の設計

次に、設計した回路のブロック図を図1に示す。一般にLEDは電流制御によって明るさを変化させる。しかし、定電流駆動を行うならば定電流化のためにFETを用いた回路などの煩雑な周辺システムが必要となる。これらの回路では熱損失によるシステム全体の効率が落ちてしまうことも考えられる。また、設計するサインパネルには文字の認識が可能であるということがその役割であるので、LEDは点灯時間の経過に伴った電池電圧の低下による輝度の減少は表示性能にとって大きな影響を及ぼさないと考える。そして、通常の照明装置とは異なり、このサインパネル照明装置には調光の必要が無いので電流を可変するシステムを用いない。そこで、定電流駆動ではなく回路設計が簡便となる定電圧駆動による点灯回路システムを採用することにより、システム導入の簡素化も念頭に置いたシステム構成とした。

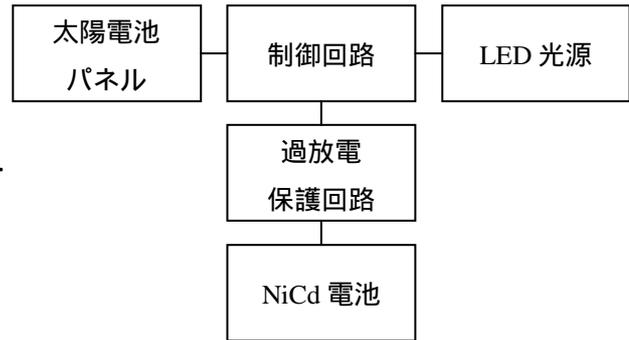


図1. 設計した回路のブロック図

このシステムで使用する砲弾型白色および有彩色（青色・緑色）LEDの1個当たりにおける定格駆動電圧は3.5V前後の値である。そのLEDを4個直列に接続した時のLED4個を駆動するのに必要な電圧は約14Vとなる。また、今回使用を予定している電源であるニッケルカドミウム充電電池の放電開始電圧は14V付近になる。したがって、4個のLEDを直列に接続することで適切な電流値を得ることが出来る。

このように定電圧駆動の回路システムを設計することにより、付随する周辺回路も少なくなり、さらにシンプルなシステムを構築することが可能となる。

また、定電圧駆動というこのシステムの特徴を活用するために、太陽電池出力電圧をフォトカップラに流れる電流より検出し、このフォトカップラ出力によりタイマーリレーを駆動し夜間点灯する構成としてさらなる簡素化を実現した。

さらに、ニッケルカドミウム充電電池の過放電を保護する回路も組み込んだ。この過放電保護回路部はそれぞれのニッケルカドミウム充電電池に取り付け、電池電圧が基準値以下になると電池部を切り離すことにより過放電から保護する。また、過放電保護回路は、過放電時に電池電圧の復帰によって起こると想定されるチャタリング現象が発生することも予測できる。これを防ぐためオペアンプに正帰還をかけてヒステリシスを持たせた。

さらに、ニッケルカドミウム充電電池の過放電を保護する回路も組み込んだ。この過放電保護回路部はそれぞれのニッケルカドミウム充電電池に取り付け、電池電圧が基準値以下になると電池部を切り離すことにより過放電から保護する。また、過放電保護回路は、過放電時に電池電圧の復帰によって起こると想定されるチャタリング現象が発生することも予測できる。これを防ぐためオペアンプに正帰還をかけてヒステリシスを持たせた。

## 2.3 実証実験用サインパネル照明装置の作製

実証実験用に作製したサインパネルを図2に示す。高さは約3m、横幅が約70cmの筐体の内部に文字部には白色LEDを560個、側面のサイドライン部には青・緑色LEDをそれぞれ120個ずつ用いている。同程度の規模のサインパネルをネオン管で作製すると約1kWの電力が必要とされるが、LEDを光源として利用することにより約1/20の48Wに抑えることになる。しかも、LEDの高輝度という特長によって正面から発光部を目視するとまぶしいくらいの明るさになる。また、開発したシステムでは電源供給に太陽電池とニッケルカドミウム充電電池を組み合わせたも



(a)夜景（点灯中）

(b)昼景

図2. 設置したLEDサインパネル

のを採用している。昼間は太陽電池で発電した電力をニッケルカドミウム充電電池に蓄える。夜間は充電電池に蓄えた電力を点灯用電源として利用している。ニッケルカドミウム充電電池は2次電池の主流製品である鉛蓄電池と異なり、電解液の補充をする必要も無く長寿命である。内蔵したニッケルカドミウム充電電池は1,920Whの電池容量を備えている。これは、使用したLED総数が800個なので、200個並列のLED回路がある計算により充電電池の定格12V、LEDの定格電流20mAで約40時間連続点灯することが出来ることを意味する。夜間を感知したリレー回路が駆動すると約5時間転倒するように設定しているのので、全く日照が無い日が8日間経っても点灯する能力を有する。したがって、サインパネルから非常用電源として外部に電源供給することもできる。

### 3 駆動電流の測定

太陽電池による2次電池の充電状況とサインパネル点灯状況を確認するために、太陽電池-制御回路間および制御回路-LED光源部間に1.0Ωのシャント抵抗を設置した。この抵抗の電圧降下を電流値に換算した結果を図3に示す。測定日は8月の比較的晴れた日である。図で示すように午前中に充電電流が少ない理由は太陽電池パネル東側に樹木があるために太陽光が遮られている為である。昼頃より午後4時頃まで充電していることがわかる。午後6時30分頃に太陽電池パネルが発電しなくなると同時にLED光源の点灯が始まることわかる。

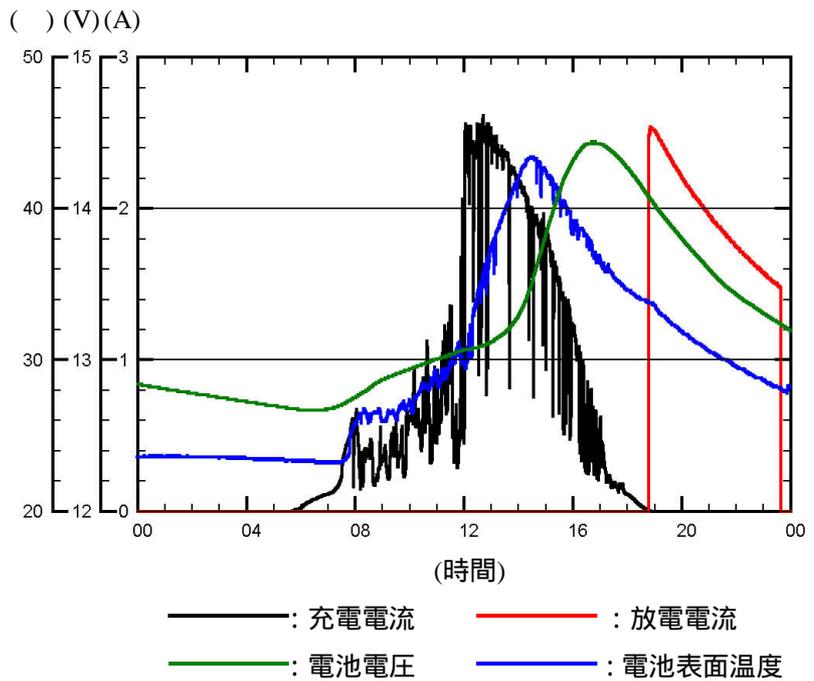


図3. 駆動電流などの時間変化

### 4 サインパネル照明装置の移設工事に伴う影響

昨年度、実証実験に利用していた場所から移動する必要が生じた。その結果、計画時より太陽電池による発電量が1/2にまで減少してしまった。また、LEDの性能も向上し、より明るい光源と交換した。その結果、駆動電圧も上昇してしまい、13V前後の電圧で4個直列接続のLEDを点灯させると、5mA程度の電流しか流れなくなってしまった。したがって、明るさも減少してしまった。そこで、充放電コントローラ-LED光源間に、図4に示すように、電圧を12V前後から15Vまで昇圧するDC-DCコンバータと14V程度まで電圧を降下させ、20mA程度の定電流化させるための抵抗器を組み込んだシステムを作製した。また、ニッケルカドミウム充電電池の劣化により、2次電池を鉛蓄電池に交換した。交換後の2次電池の電池容量は設置スペースの関係で480Whしか準備出来なかった。これでは約

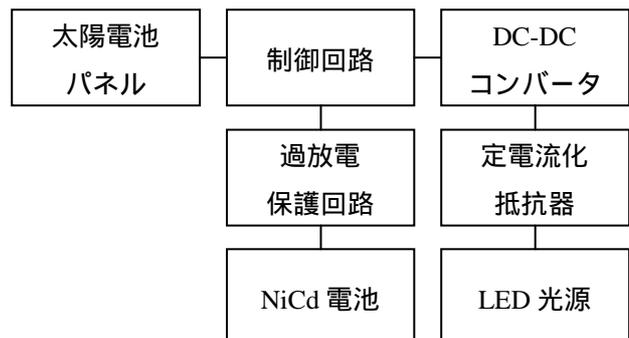


図4. 設計した回路のブロック図

10 時間の連続点灯分しか充電出来ず， ( ) (V)(A)

無日照 2 日程度の能力しか持ち合わせていない現状となっている。

システム改造後の駆動電圧などの時間変化を図 5 へ示す。測定日は 12 月の冬至付近の比較的晴れた日である。図で示すように午前中に充電電流が少ない理由はサインパネル照明装置ならびに太陽電池パネル東側に建物があるために太陽光が遮られている為である。また、午後 2 時頃から午後 3 時頃までに充電電流が少ない理由は太陽パネルに照射される太陽光をサインパネル自身が遮ってしまっている為である。図で示すように、充電は昼頃から午後 2 時頃まで

と午後 3 時頃から午後 4 時頃までしか行われていない。そして、DC-DC コンバータの導入に伴い、使用電力量も増加している。今後の課題として LED 光源の高効率化による使用個数の減少、DC-DC コンバータの改良、2 次電池の容量増加などが挙げられる。

## 5 まとめ

LED サインパネルでは太陽光発電とニッケルカドミウム充電電池を組み合わせたシステムによって、商用電源の利用や多くのメンテナンスを必要としない完全独立型の半永久的な使用が可能な照明設備を構築できる。

## 謝辞

本技術研究は METI/NEDO/JRCM 高効率電光変換化合物半導体開発（通称“21 世紀のあかり”）プロジェクトおよび MEXT 知的クラスター創生事業の援助を受けて行われたものである。

## 参考文献

- [1] 田口 常正, “白色 LED と照明システム”, O plus E, 平成 12 年 8 月, 1028–1034
- [2] 田口 常正, “白色発光ダイオードによる次世代照明技術”, 電子情報通信学会誌, 平成 13 年 8 月, 618–620
- [3] 小橋 克哉, et al, “高輝度白色 LED 多点光源の照明システムへの応用”, 光アライアンス, 平成 14 年 1 月, 19–23

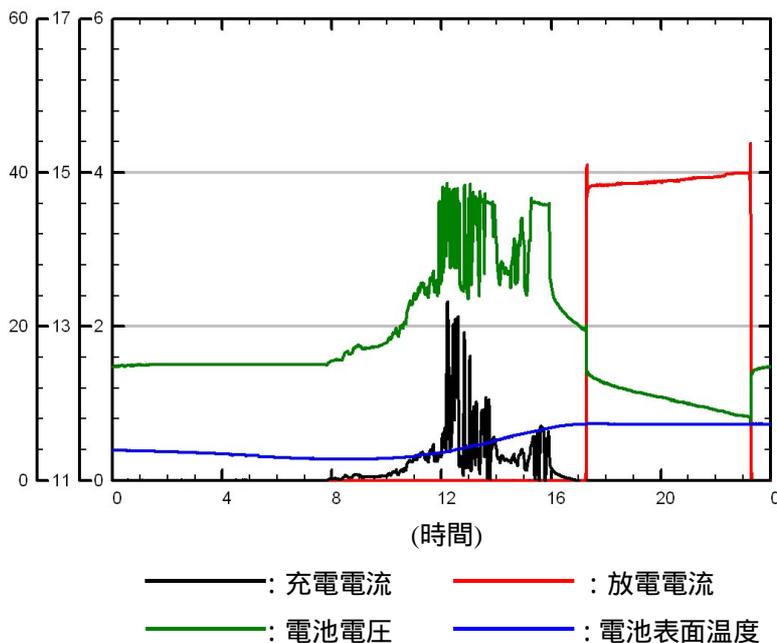


図 5. 駆動電流などの時間変化