

フルカラーLEDを使用したディスプレイ装置の開発

戸羽 篤也, 岩越 睦郎, 安田 星季
中村 直好*, 嶋澤 康範*

Development of Display Equipments using Full-Color LED

Atsuya TOBA, Mutsurou IWAKOSHI, Seiki YASUDA,
Naoyoshi NAKAMURA*, Yasunori SHIMAZAWA*

キーワード：高輝度LED，フルカラーLED，発光特性，真空注型

1. はじめに

LED(発光ダイオード)は、電気エネルギーから光エネルギーへの変換効率に優れ、また寿命が長いことなどの特徴を有することから、従来の電球や蛍光灯等に替わる照明機器や標識・信号などの光源に広く用いられるようになった。

近年、一個のパッケージに赤色、緑色、青色に発光するLED素子をマウントしたフルカラーLEDも容易に入手可能になり、これを光源に用いたディスプレイ装置の開発を行った。

特に、ディスプレイ装置は発光面を外から見たときに一様な明るさにすることも重要であり、そのための光源の配置や散光板の条件を実験により見出した。

また、動作電流と発光光度との関係を試験するとともに、LED発光の明るさや色のパターンを効率よく設計しそれを装置にプログラムとして記録するための手法についても検討したので報告する。

2. LED光源および散光板の配置条件

2.1 実験方法

発光面を外からみて一様な明るさにするためのLED光源とその光を拡散させる散光板の最適な配置条件を得るための実験を行った。光度測定は、図1に示すように暗室に光源、散光板、及びデジタルカメラ(OLYMPUS製CAMEDIA Z3030型)を配置し、散光板側からLED光源の発光状態をデジタルカメラで撮影して行った。その際、散光板とカメラの距離を500mmに固定し、撮影条件は予め定めた絞りとシャッ

タースピード(F:5.6, 1/30 秒)で、2,048×1,536ピクセルの解像度にて撮影した。光度は、その写真を画像解析ソフト(Adobe製PhotoShop)でデータ処理し評価した。

散光板は板厚3mmと5mmの乳白色の半透明アクリル板を用い、適宜組み合わせて使用した。光源は、指向特性70°の白色高輝度LEDを用い、図2に示すように各光源間の距離を16mmと24mmの2つの条件を設定し、散光板と光源の距離を変

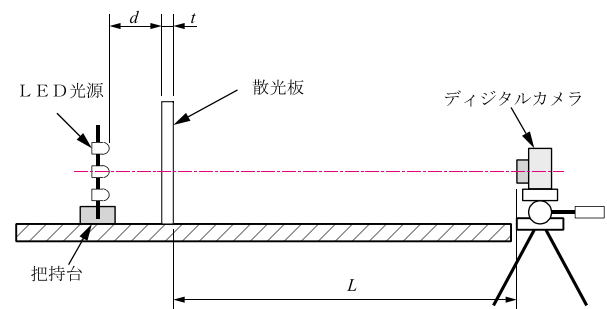


図1 発光特性の計測実験方法

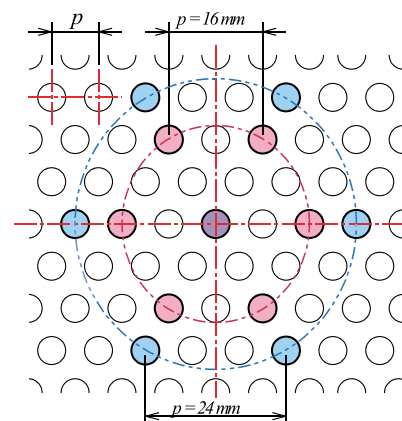


図2 実験に用いた光源の配置条件

*日の出工業株式会社

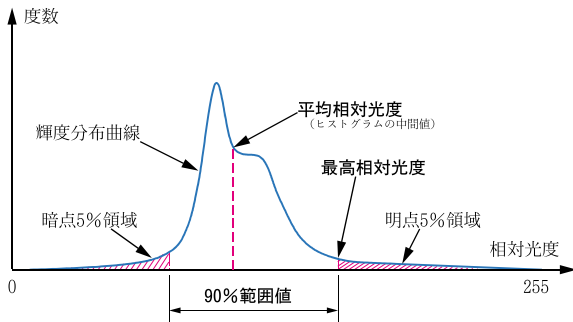


図3 光度および光度ムラ評価方法

化させたときの散光板表面の光度分布の状態を調べた。

2.2 光度および光ムラの評価方法

光度測定は、デジタルカメラを利用した簡易な方法で行った。光度は、撮影条件を固定して撮影した写真を画像解析ソフトでモノクロ256階調の画像に変換して得られた0～255の値を指標として相対的に評価した。

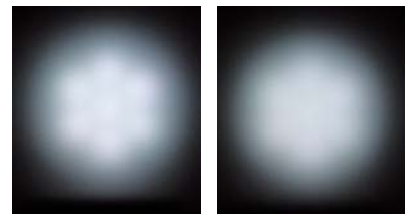
画像処理の対象とする範囲は、図2で示す中央のLEDを中心に光源ピッチを半径とする円の内部領域とした。撮影面の明るさおよび光ムラの評価方法は、画像処置対象領域に属するピクセルの光度データに対して、図3に示すように0から255の値でヒストグラムをとり、全体のピクセル数に対して暗点と明点それぞれ5%に相当する数のピクセル数を除外したデータ値の幅(90%範囲値)と、その範囲の中における最大値および中間値をとり、光度ムラ、平均相対光度、最高相対光度を定義した。光度ムラは90%範囲幅が小さい場合に全体の光度が平均化していることを意味するので、この値が小さいほど光度にムラが少ないものと評価した。

2.3 実験結果および考察

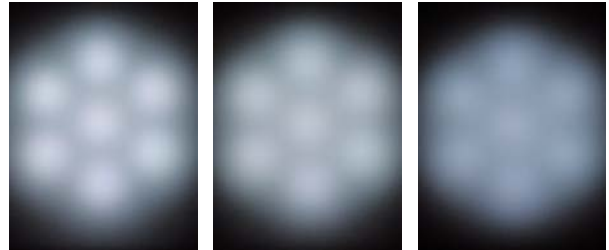
実験方法で示した条件により散光板表面を撮影した写真を図4および図5に示す。

図4は、散光板と光源との距離を10mmに固定し、散光板の厚さを変化させた場合の散光板表面の状態を撮影したものである。上段はLEDを16mmピッチで配置した光源を用いた場合であり、下段は24mmピッチに配置した光源を用いた場合のものである。いずれも、散光板の厚さが大きくなるにつれてLEDの光が拡散されて光度ムラが減少していくが、その一方で全体の明るさが減少する様子がわかる。

図5は厚さ3mmの散光板を用い、散光板と光源の距離を変えた場合の実験結果を示す。図の左側の列は、LEDを16mmピッチで配置した光源を用いた実験の結果であり、右側の列は同じく24mmピッチに配置した光源を用いた実験結果である。上段から、散光板と光源との距離を10mmから徐々に離し、30mmにいたるまでの光度の状態を示している。いずれも、散光板と光源の距離が離れるにつれて光度のムラが

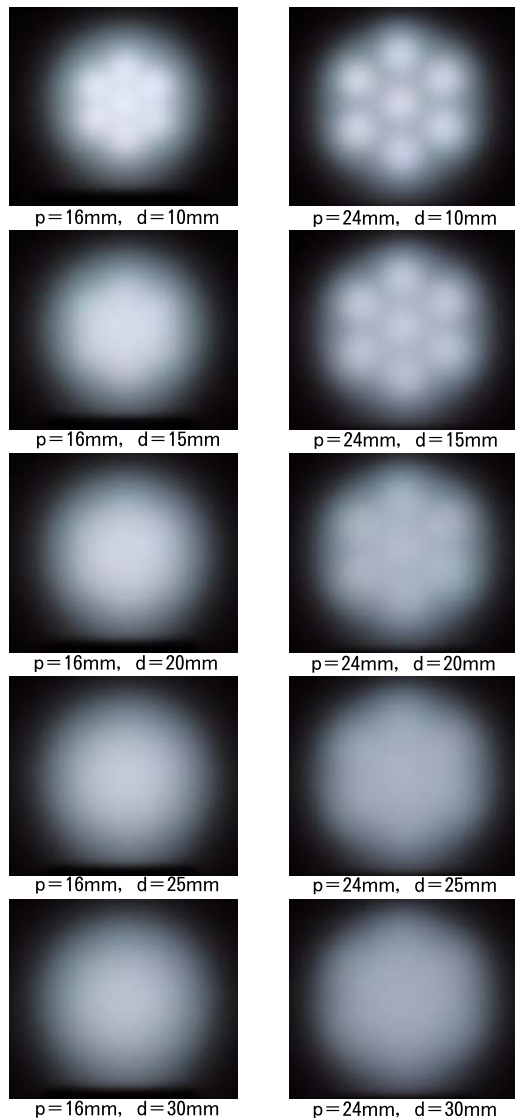


(a) $t = 3 \text{ mm}$ (b) $t = 5 \text{ mm}$
(実験条件：光源距離10mm, 光源ピッチ16mm)



(a) $t = 3 \text{ mm}$ (b) $t = 5 \text{ mm}$ (c) $t = 3 + 5 \text{ mm}$
(実験条件：光源距離10mm, 光源ピッチ24mm)

図4 散光板による光の拡散と減光度



(実験条件：遮光板厚3mm)
図5 光源撮影実験により得られた画像

少なくなっていくと同時に全体の明るさも低下する様子が見えてくる。

これらの実験結果から、散光板の厚さを増すことと散光板と光源との距離を離すこととはほぼ同じ効果があり、光度ムラを小さくして一様な明るさで表示させるためには、散光板の厚さか散光板と光源との距離のいずれか、あるいはこれらの組み合わせで制御できることがわかる。

この実験の場合、散光板を厚くするという事は散光板の透明度を低下させることと同義であり、散光板の透明度が低下するという事は光源の光が透過しにくくなって表面に出てくる光の量が制限されるということである。LED光源が発する光のエネルギーを効率よく利用するという観点から考えると、光ムラを小さくするために散光板の透明度を低下させるのはあまり好ましくない。

また、実際のディスプレイ装置の設計において散光板の厚さは装置としての強度を確保する意味から一定の厚さが要求される。したがって、光度のムラを少なくする散光板の透明度を制御して行うよりは、光源と散光板の距離を調整して行う方法を採用の方が現実的であると考えられる。

これらの写真を画像解析して散光板と光源との距離を変化させた場合の平均相対光度および90%範囲値(光度ムラ)の変化をグラフにして図6、図7に示す。

図6は、散光板と光源との距離および散光板の板厚の変化

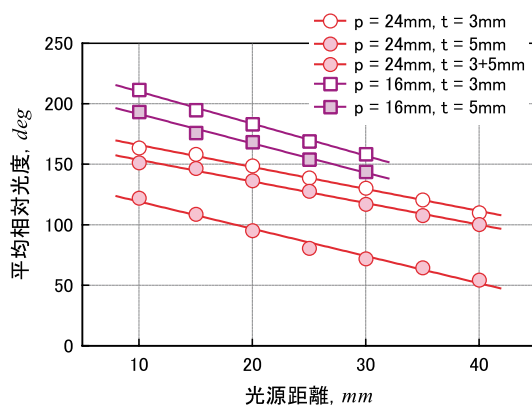


図6 光源距離と平均光度

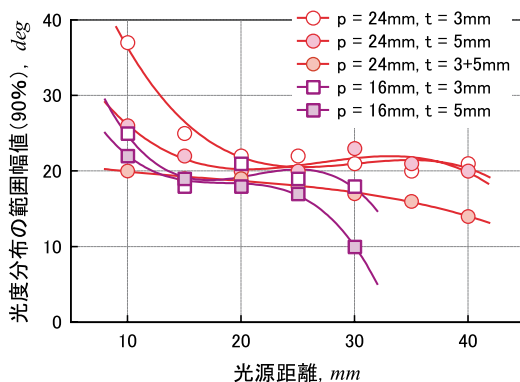


図7 90%範囲値による光むらの評価

に対する平均相対光度(全体の平均的な明るさ)の変化の様子を示す。平均相対光度は、LEDの配置間隔が短い16mmピッチの光源を用いた場合の方が光源の密度が高いため明るくなるが、いずれも散光板の厚さが増すにつれ、あるいは散光板と光源の距離が離れるにつれて全体の明るさが減少する傾向を示している。

一方、図7は散光板と光源の距離によって光度ムラの状態を評価する指標である90%範囲値が変化する様子を示したものである。それぞれの条件下で、散光板と光源の距離が離れるにつれて90%範囲値が小さくなり、次第に光度が一様になっていく様子が見える。

そのうち、LEDを16mmピッチで配置した光源を用いた場合は、散光板と光源が約15mm程度まで離れた時に変曲点が認められ、このあたりまで離れると、それ以上距離を離しても一様な明るさを得る上で有効な効果が得られないことを示している。LEDを24mmピッチで配置した光源を用いた場合は、散光板と光源が20mm以上離れたところで同様の変曲点が認められる。

これらにより、指向特性が70°のLED光源を使用する場合には、LEDを配置する際の間隔距離と散光板と光源との距離をほぼ同じにすることで、最も効果的な面発光状態となるという設計指標が得られた。

3. ディスプレイ装置の試作

LEDを光源とした発光型のディスプレイ装置の製作に関わる技術的な問題を明らかにするとともにそれらの課題を解決するために、具体的にディスプレイの試作を行って実際の製作工程を検証した。

作成するディスプレイは木製の板に社名をNCで彫り抜き、その文字をフルカラーLEDで種々の色に発光させる製品を試作目標とした。

3.1 散光板の製作

散光板は、不透明の樹脂板などを文字の形に切り抜いてはめ込む方法も考えられるが、切り抜き精度や手間を考えると真空注型の技術を応用して散光板を形成する手法を採用することとした。

図8に真空注型による散光板の製作工程を示す。まず、定板を水平に置き、その上に文字の枠となる板材を設置する。この際、定板の水平度が十分でない場合散光板の板厚が一様にならないので水平器等を利用して正確に水平になるように注意する。文字枠は後で定板から取り外すので定板の表面を離型性の良い被膜ができるように塗装等を施すか、離型しやすいように定板と文字枠の間にフィルム等を挟む。

これに白色の顔料を一定割合混合させたエポキシ樹脂を注入する。このときの注入量は形成する散光板の厚さになるように

調整する。散光板の厚さはディスプレイの設置条件などから必要とされる強度を補償できる厚さを決定し、混入する白色顔料の量を調整して散光板の最適な透明度になるようにする。

エポキシ樹脂の注入が終わったら真空容器に移設して減圧

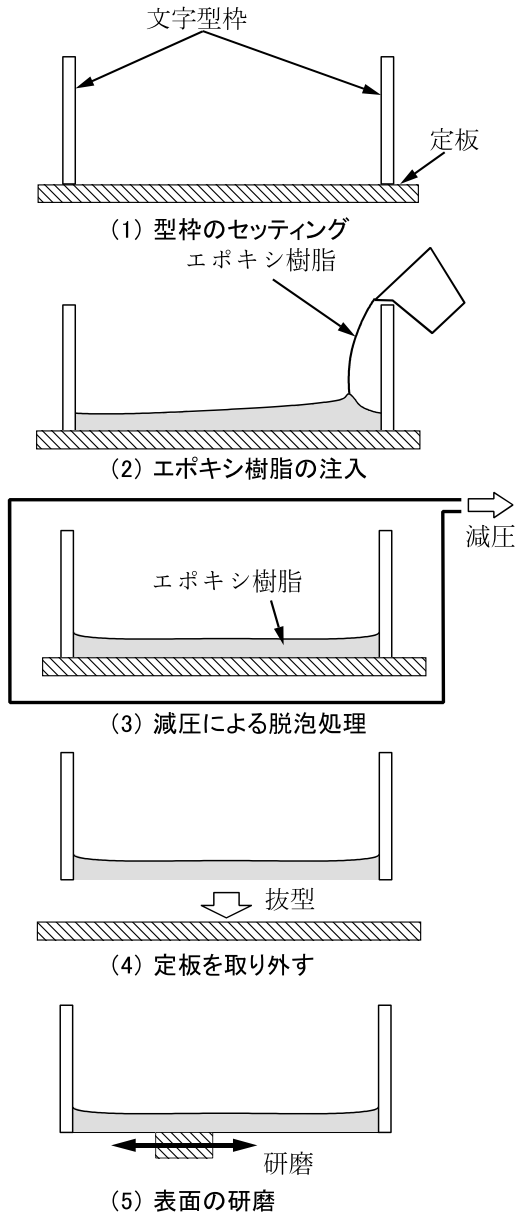


図8 散光板の製作工程



図9 散光板の試作実験例

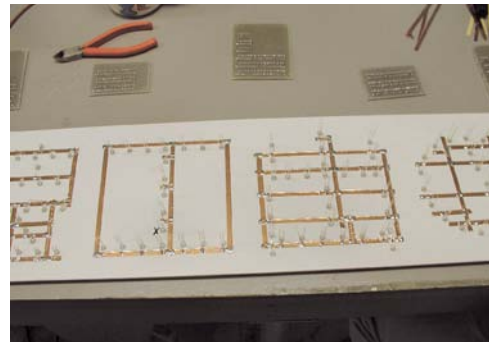
し、定板と文字枠との隙間や、樹脂内に混入した気泡などを取り除き、一様な厚さと透明度を有する散光板を形成する。

エポキシ樹脂が十分に硬化したところで定板を取り外し、その表面をエメリー紙等で研磨して仕上げる。実験段階の試作例の写真を図9に示す。

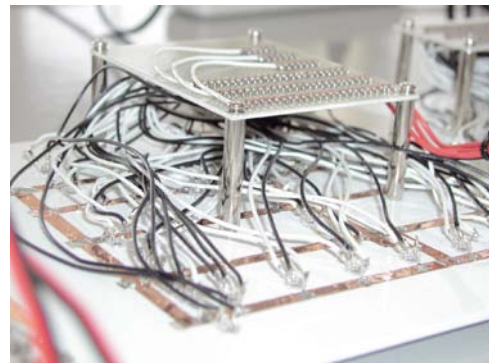
3.2 フルカラーLEDの設置

フルカラーLEDを用いた光源基板は、白色のプラスチック板に、文字幅および散光板との距離から約20mmピッチで文字の形にそって直径 5 mmの穴をあけ、フルカラーLEDをその穴に埋め込む形式で配置した。

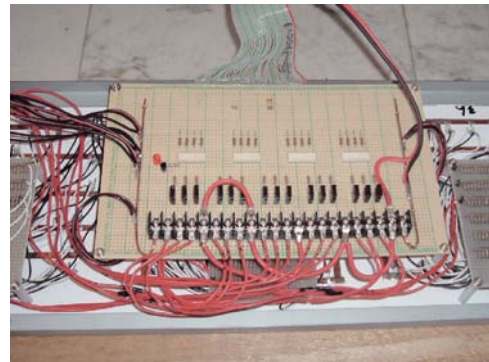
フルカラーLEDは、4本の端子があり、赤色、緑色、青色に発光する素子の陽極端子が各1本と共通の陰極端子1本を配線する型(カソードコモン型)のものを使用した。共通の



(a) フルカラーLEDの配置



(b) 電流制御用抵抗の配線



(c) 点滅スイッチング制御I/F基板の取り付け

図10 LED 光源基板の製作工程

陰極は、図10-aに示すようにLEDの配置位置に沿って細い銅板を貼りつけ、これに共通陰極端子を半田付けした。

他の電極は、図10-bに示すように、それぞれ電流調整用の電気抵抗素子を介して文字ごとに並列に配線した。最終的に文字ごとに赤色、緑色、青色に配線をまとめ、図10-cに示すようにそれらの点滅を制御するためのインターフェース回路の基板に配線した。

3.3 フルカラーLEDの点滅制御

フルカラーLEDは、赤色、緑色、青色の光量を調節することによって、各色に発光するように見える。LED素子の

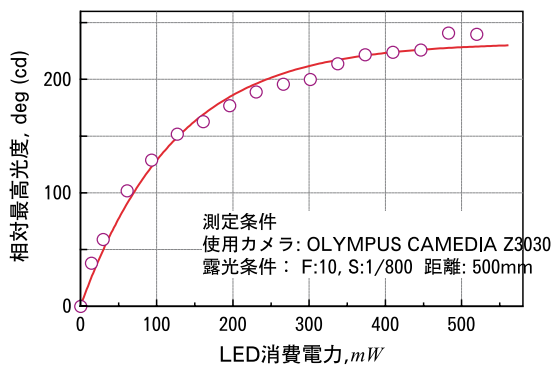
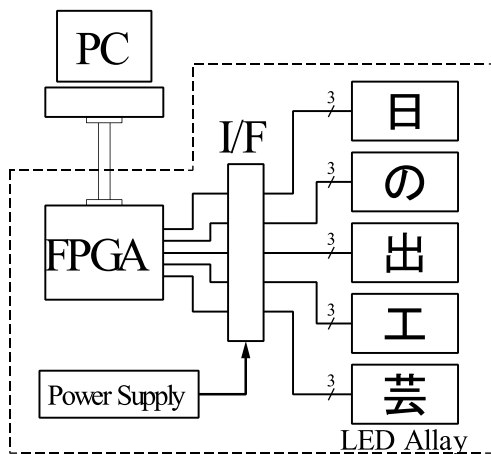
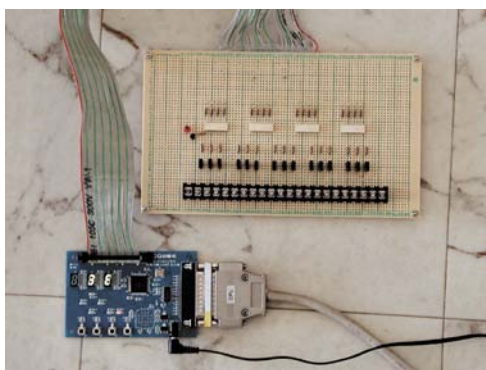


図11 LED消費電力量と発光光度の関係



(a) LED点滅制御系の模式図



(b) FPGAおよび信号制御系の外観

図12 FPGAによるLED点滅制御系

発光量の調整は、一般に素子に流す電流値を制御することで行われるが、図11に示すように、LEDの発光量と消費電力の関係は必ずしも線形ではなく、微妙な発光量の調整がしにくいという、電流の調整を行う回路が必要になるため、装置コストおよび消費電力の点で不利である。

これに対して、一定の電流値を設定しておいてこれを点灯あるいは消灯させるだけの制御回路であれば、単純なスイッチング回路で済むので、電子回路素子や消費電力のコストの面で有利である。

細かい時間で点灯と消灯を繰り返すと、人の目には中間の明るさで点灯しているように見える性質を利用し、点灯時間と消灯時間の比率を変えることで発光量を調整する方式を採用した。

この発光パターンや時系列の変化を簡単な方法で行うために、図12に示すFPGAと呼ばれるプログラム可能な集積論理回路素子を用いた制御系を利用した。

これらの方式により、簡単に数諧調の明るさの制御が可能となり、赤色、緑色、青色の中間色を相対的に調整することでフルカラーの発光制御を容易に行うことができた。

図13に試作したディスプレイ装置を示す。FPGAの不揮発メモリに発光パターンをプログラムすることによりそれぞれの文字ごとに独立して各色に発光させることができるディスプレイを試作することができた。



図13 試作したディスプレイ装置の外観

4. おわりに

フルカラーLEDを光源を用いた発光型ディスプレイ装置を製作するための基礎データの収集を行い、真空注型を利用した散光板の成形とFPGAによる各色の点滅制御による発光制御の技術を背景にディスプレイ装置の開発に取り組み、試作品を製作した。

これまで、いくつかの展示会等にも出品し一定の評価を得ている。今後は、製品化に向けた耐候性の向上や、少ない消費電力で効率的に光量を得るなどの電力効率の向上、さらには発光パターンを簡単な操作で変更させるなどの商品としての付加価値の向上などの視点から、さらに検討を進めていく予定である。