

# LED 発光型コースターの開発

## Development of a LED Light Emitting Coaster

渡邊 正和 \*1 野口 和久 \*1 植木 正則 \*2

Masakazu WATANABE, Kazuhisa NOGUCHI, Masanori UEKI

**要約** 平成 28 年度から共同研究「LED 発光型コースターの開発」を行った。ガラスの載置に反応して、コースター上部からカラーLED を発光させることによってガラスを光源色で演出するコースターを開発した。本コースターはリチウム・ポリマ蓄電池から電力供給されるが、充電制御 IC を用いることで USB 端子に接続された AC アダプターからも制御回路に電力供給ができ、また、同時にリチウム・ポリマ蓄電池に充電ができる。本稿では LED 発光型コースターの製作概要と充電制御 IC を用いた試験結果について述べる。

### 1 はじめに

平成 28 年度から共同研究「LED 発光型コースターの開発」を始めた。ガラスの載置に反応して、コースター上部にあるガラスを通して、カラーLED の発光によってガラスを光源色で演出するコースターである。

これは実用新案<sup>(1)</sup>として登録されているが、マイコン搭載によるソフトウェア制御での発色効果の演出を狙うこと、USB ケーブルを介した内蔵電池の充電機能を盛り込んで商品化の検討を行うため、コースターの試作が本研究の目的である。

設計は、共同研究先の株式会社 NISHIHARA が行い、筆者らは、製作・評価を担当した。製作したコースターを図 1 に、使用例を図 2 に示す。

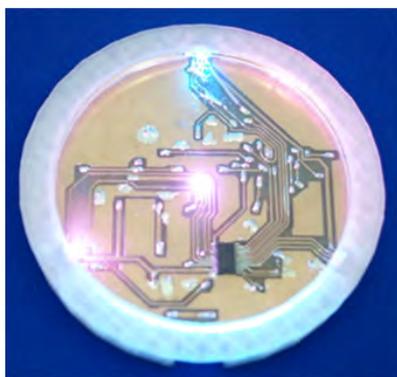


図 1 製作したコースター



図 2 コースター使用例

### 2 コースター制御回路と筐体の製作

プリント基板設計ソフトウェア Altium Designer10.0®を用い提供を受けた電子回路図のガーバーデータを作成した。プリント配線基板の製造では、最初に紫外線による感光の影響を排除するため、照明、外来光を抑制した状態で、感光基板にプリント基板加工機 Autolab (ミッツ社製) を用いてドリル穴加工を行った。次に、配線パターンを印刷した原画フィルムによる紫外線露光、現像処理及びエッチング装置 ES850MS (サンハヤト社製) によってエッチング処理を施し、配線パターンを両面に作成した (図 3)。両面の配線位置ずれ、配線パターンとドリル穴との位置ずれ等が生じ、プリント配線基板の製造過程で修正作

\*1 電子情報技術科 Department of Electronics and Information Engineering

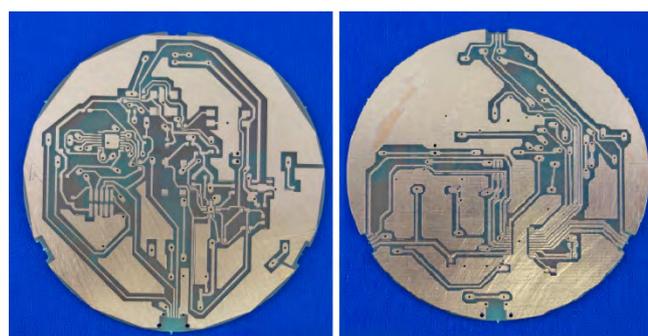
\*2 メカトロニクス技術科 Department of Mechatronics Engineering

業に多くの時間を費やした。続いてプリント配線基板に電子部品の実装を行った。最小の IC 部品として、正方形1辺3mmに4電極の16電極の部品(図4)には、実体顕微鏡を用いて実装作業を行った。

プリント配線基板、電池を収納するためのコースター筐体の設計には3DCADソフトウェアSolidWorks2011®を用いて設計し、3DプリンターDimension bst1200es(ストラタシス社製)を用い筐体模型を作成した(図5)。なお、筐体設計には変更修正が多く生じたことから、3Dプリンターダヴィンチ mini w (XYZプリンティング社)も活用した。コースター上部にはLED透過光を通すため本来はガラス材を用いるのであるが、3mm厚の透明アクリル板を円形に加工したものを代用し、筐体にはめ合わせた。製作したコースターは、内蔵電池を含めて重量は64.5g、直径86mm、高さ18mmとなった。



(a)蓋抑え (b)コースター筐体 (c)蓋  
 図5 製作したコースター筐体



(a) コースター底面側 (b)コースター上部側  
 図3 製作したプリント配線基板

### 3 ハードウェアの構成

制御回路のブロック図を図6に示す。電力供給はUSB端子に接続されたACアダプター又は、リチウム・ポリマ蓄電池1セル400mAhによって供給される。充電制御IC bq24230HR(テキサスインスツルメンツ社)によって電力は、USB端子、リチウム・ポリマ蓄電池を切り替えて供給する。充電制御ICから3.3V出力のレギュレータICを介してマイコンに電力が供給される。LED点灯制御は、入力スイッチによって電源が起動する。マイコンはARM Cortex-M0+®を搭載した32bitマイコンであるLPC811(NXPセミコンダクタ社)を用い、LEDドライバIC MY9221TE(MY-Semi社)を通してカラーRGBLED SDEF0500BC1(星和電機社)を点灯制御する。

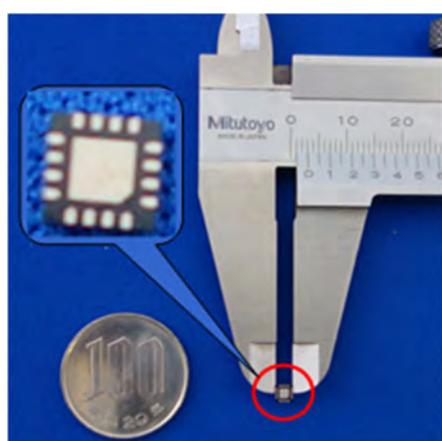


図4 充電制御IC(電極面)

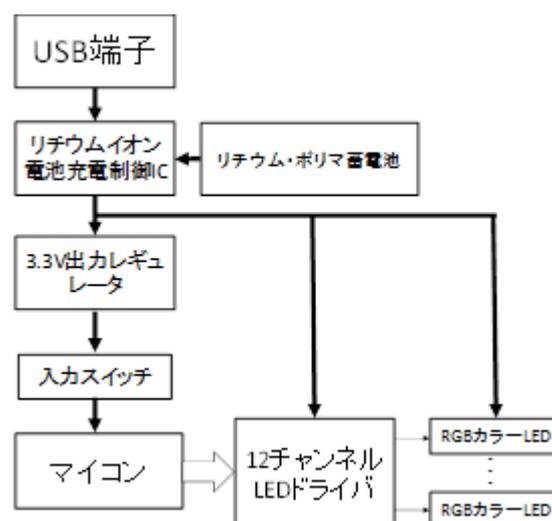


図6 ハードウェアシステム

## 4 制御ソフトウェアの構成

制御ソフトウェアは開発環境 LPCXpresso®8.2.2 を使用して、C 言語でプログラミングした。コースターの LED 点灯制御プログラムは、LED ドライバ MY9221TE に対して、LPC811 からシリアルデータ通信によって 16bit のコマンドデータと 208 ビットのグレイスケールデータを送信する。<sup>(2)</sup> 例えば、コマンドデータはグレイスケールの分解能や内部発振周波数を指定する。

LED 点灯では、MY9221TE は 1 個で RGB の各 1 色に対して 4 チャンネル、つまり、12 チャンネルを同時出力できる。各色のグレイスケールデータの組合せで多彩な色の発光が可能となる。本研究では常時点灯と滑らかなに連続した色相変化をさせることを目標とした。また、試験評価することを考慮して、コースター全体で点灯色が同色となるように、色相と強度を変化させることとした。

## 5 実験

実用上の機能として動作時間、充電時間は重要な要素である。これを調べるため、リチウム・ポリマ蓄電池の駆動による制御回路での、カラーLED による連続点灯をさせたときの動作時間と充電時間及び電極間電圧を調べた。

### (1) 連続点灯試験

LED 発光型コースターの連続点灯試験を行い、リチウム・ポリマ蓄電池の電極間電圧の経過時間を調べた。使用したリチウム・ポリマ蓄電池の定格容量は 400mAh で、室温は 28.0°C であった。充電し電極間電圧 4.10V となったものを用いた。点灯動作は実際の使用を想定することとし、RGB の各 LED の明るさの組合せによる点灯色を変化させた。これはガラス全体の点灯色が緑から白色、白色から赤紫、赤紫から水色、水色から白、橙色から赤へと色を変化させたものを 1 サイクルとした。1 サイクルは 100 秒を要し、その平均電流は 70mA であった。これを繰り返して連続点灯させた。

供給電流は点灯色によって変動するので、電圧値の測定結果のみを図 7 に示す。試験開始直後のバッテリー電極間電圧は 4.0V で、200 分間 (3 時間 20 分) の

連続点灯試験を実施した。リチウム・ポリマ蓄電池のカットオフ電圧は 3.2V であったが、2.9V まで測定を行った。点灯色は、充電制御 IC から LED ドライバ IC に電力供給されており、電池電極間電圧が低下すると、青、緑色の LED 点灯色に影響がみられた。

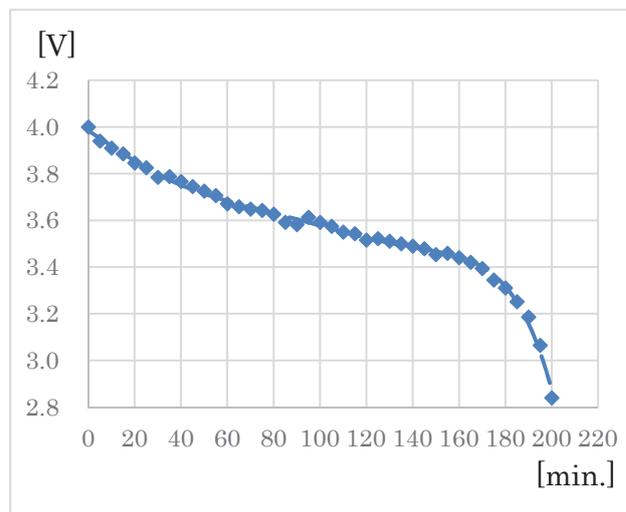


図 7 点灯動作時間と電池の電極間電圧との関係

### (2) 充電試験

次に、バッテリー充電制御 IC により市販の AC アダプターからリチウム・ポリマ蓄電池 (400mAh) に充電する機能を調べるため、充電動作試験を行った。これは LED 発光型コースターを十分点灯させて、リチウム・ポリマ蓄電池の電極間電圧が 3.2V 下回る直前で点灯動作を止めてから、充電動作試験を開始した。室温は 29.6°C であった。LED 点灯の入力スイッチが OFF の状態で試験を行った。

充電動作の開始時は電池の電極間電圧は 3.33V を示していた。電極間電圧が 4.0V まで充電にかかる時間は 120 分 (2 時間) を要した。本動作試験の結果を図 8 に示す。充電上限電圧は 4.2V であるが、安全のため 4.1V で測定を打ち切った。

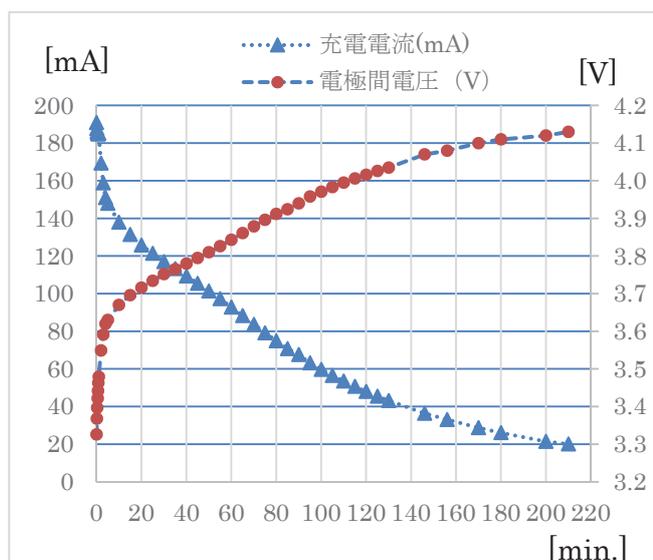


図8 充電経過時間と充電電流、電極間電圧との関係

## 6 考察

本研究では、LED 発光型コースターを製作し、LED ドライバ IC を用いることで、RGB の各 1 色 65536 階調で変化させる多彩な色の表示機能を、ARM マイコンでプログラム制御できることを実現できた。プログラム制御の機能により、4 か所に配置されているカラーLED の点灯同期時間を遅らせることで、動きのある色彩表現の演出が可能となった。

点灯動作試験ではリチウム・ポリマ蓄電池 400mAh を用いて、3 時間連続点灯できることを確認した。しかし、電池残量が低下すると発光色の再現が出来なくなることが判明した。これは電源制御 IC からドライバ IC に電力を供給しており、カラーLED の青、緑色の LED の順方向電圧は 3.1V、3.0V であり、赤色 LED の 1.8V より高かったことが原因と考える。駆動電圧が不足する場合、残量低下の表示をさせるなど対応が必要である。

AC アダプターからリチウム・ポリマ蓄電池への充電では、約 2 時間で充電できることが確認できた。また、電池を充電しながら、カラーLED を点灯制御させることが確認出来た。AC アダプターを接続して連続点灯が可能である。

本回路では外部発振回路部が含まれるが、マイコン内部の発振機能を用いることができるので、更に部品点数を少なくすることができる。

## 7 まとめ

本研究では、次の①～③の成果を得ることができた。  
①RGB カラーLED による多彩な色を表現できた。  
②連続点灯で 3 時間以上、電池の充電では約 2 時間であることを確認した。  
③飲料を扱う場合の水濡れ、結露が時として生じるため、リチウム・ポリマ蓄電池では発火の危険性が高いことから<sup>(4)</sup>、ワイヤレス給電方式などの電源を分離し、コースターを密閉型としたリチウム・ポリマ蓄電池の使用を抑える等の防水の検討が必要である。

## 8 謝辞

透明アクリル円形板の加工、提供には電気エネルギー制御科 能開准教授 若林 革氏 にご協力いただきました。ここに感謝申し上げます。共同研究の分担企業である株式会社 NISHIHARA 代表取締役社長 中山 孝良氏 には設計図面、電子部品のご提供及び数々の議論の場を設けていただきました。厚く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中山孝良、コースター、実用新案登録第 3202126、2016 年 1 月 21 日
- 2) MY9221 12-Channel LED Driver With Grayscale Adaptive Pulse Density Modulation Control  
[http://akizukidenshi.com/download/ds/mysemi/MY9221\\_DS1\\_0.pdf](http://akizukidenshi.com/download/ds/mysemi/MY9221_DS1_0.pdf)
- 3) bq2423x USB-Friendly Lithium-Ion Battery Charger And Power-Path Management IC  
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24232.pdf>
- 4) 佐藤裕二、とことん実験！小型リチウム・イオン蓄電池、トランジスタ技術 2014 年 1 月号、CQ 出版、p55、2014 年 1 月