

研究ノート

光ファイバー照明製品の開発

松生秀正*¹ 小久保弘樹*² 山本秀東*³ 伊藤健太郎*³ 伊藤忠廣*³

Development of the Products for Lighting used Optical Fiber

Hidemasa MATSUO, Hiroki KOKUBO, Hideto YAMAMOTO, Kentaro ITO and Tadahiro ITO

プラスチック光ファイバーは、光通信はもとよりディスプレイ照明用としても普及しているが、現在市場に出ている照明製品は大半が比較的大規模な照明システムであり、加工が容易、低コスト、コンパクトで軽量といった本来のプラスチック光ファイバー照明製品の特徴を生かしていないのが実状である。そこで、当センターでは株式会社光屋ライティング（安城市）と共同で、電源として太陽電池と二次電池、光源としてLEDを用いて、今までになかったプラスチック光ファイバー照明製品を開発し、以下の結果を得た。

- (1) 太陽電池と二次電池を組み合わせた高輝度LED点滅回路を製作した結果、昼間充電し、夜間高輝度LEDが10時間以上点滅（点滅周期2秒、点灯時間0.26秒）することを確認した。
- (2) 電圧昇圧回路を用いることにより、順電圧が比較的高い青色、白色LEDをはじめとするすべての高輝度LEDに対応することが可能となった。
- (3) 光センサ（CdSセル）あるいは太陽電池の出力電圧の変化を利用して明暗を判別し、暗くなった場合にLEDを点滅させることができるため、夜間の表示灯、誘導灯などに利用できる。
- (4) 人検出回路（赤外線センサ）を用いることで、明るさに関係なく人が近づいた場合にLEDを点灯させることができ、屋内の階段部分など人が通る場所で比較的照度の低い場所への応用が可能となった。
- (5) これらのプラスチック光ファイバー照明製品は、用途としては屋内、屋外ともに使用でき、メンテナンスフリー、低コスト、コンパクトで場所をとらない、などの特徴があり幅広い応用分野が考えられる。

1. はじめに

現在市場に出ているプラスチック光ファイバー照明製品は、ビル外壁、内壁の照明、商店街アーケードのアーチ型照明、人口滝壁面、噴水の照明、モニュメント、看板部分の照明、歩道、床面のライン照明など、応用範囲も広がりつつあるが、大半が比較的大規模な照明システムであり、加工が容易、低コスト、コンパクトで軽量といった本来のプラスチック光ファイバー照明製品の特徴を生かしていないのが実状である。

そこで、本研究では光源としてLED、電源として太陽電池と二次電池を用いて、今までになかったタイプのプラスチック光ファイバー照明製品を開発し、とくに一般住宅の屋内用照明、福祉分野など、新たな市場の開拓を目指した。

2. 実験方法

2.1 開発コンセプト

まず、製品を開発するにあたって、用途とハードウェアに関して開発コンセプトを設定した。用途については、以下の(1)～(3)である。

- (1) 昼間充電を行い、夜間あるいは暗くなった場合に高輝度LEDを点滅させる。夜間照明、非常時の誘導灯など、安全、緊急用照明として利用する。
- (2) 屋内の階段部分など、比較的照度が低く注意を要する場所の照明として利用する。人が近づいた場合にセンサで人を検出し、一定時間LEDを点灯させる。
- (3) 低コスト、コンパクト、メンテナンスフリーを目的とし、設置工事も極力容易にできるものとする。

また、ハードウェアについては、次の(4)～(9)である。

- (4) 電源は、太陽電池と二次電池を用いて、AC電源を使用せず、外部からの電源の供給を不要としてメンテナンスフリーとする。

*1 現)財団法人科学技術交流財団 *2 機械電子部

*3 株式会社光屋ライティング

(5) 二次電池は、Ni-Cd 電池（1.2V×2 本）を使用し、昇圧回路により 3.6V 以上の電圧を出力できるようにして、順電圧 3.6V の高輝度 LED を含めてすべての高輝度 LED に対応できるようにする。

(6) 太陽電池は、二次電池に電流を供給できるよう Ni-Cd 電池の出力電圧（2.4V）より 1～1.5V 高い電圧が供給できるものとし、出力電流は数 10mA でサイズの小さいものを使用する。

(7) 明暗の判別は、太陽電池の出力電圧の変動、または光センサを用いて検出する。

(8) 人の検出には小型の赤外線センサを用いる。

(9) 回路は消費電力を極力抑え、長時間の点灯ができるようにする。

(10) できる限り回路部分のサイズを小型化して、場所を問わず設置できるようにする。

(11) 光ファイバーには、側面発光タイプのものを用いて、ライン状または曲線の照明ができるようにする。

以上の点を開発コンセプトとして、製品の開発を行った。

2.2 構成部品

構成部品の仕様を表 1 に示す。使用したプラスチック光ファイバーは、外径 6.5mm のフレキシブルタイプと、同じく外径 6.5mm の白色反射板入りのハードタイプである。電源は、外部からの電源の供給を不要とするため、太陽電池と二次電池を用いた。太陽電池は、松下電池工業製の CdS/CdTe 薄膜太陽電池¹⁾、二次電池には Ni-Cd 電池 2 本を用いた。LED は、高輝度タイプを選択してできるだけ光ファイバー照明が明るくなるようにした。表 1 には代表的な高輝度 LED を示してある^{2)~4)}。明暗判別用の光センサには、回路構成が簡単で低価格の CdS セルを用いた。人の検出には、赤外線センサと信号処理回路、レンズが一体となっており、比較的低価格の松下電工製の赤外線センサ（モーションセンサ）を用いた⁵⁾。

図 1 に、今回使用した太陽電池の照度と短絡電流の関係を示す。二次電池に充電するためには 1mA は必要なので、太陽電池を使用する環境の照度は 6000 lx 程度必要となる。通常の部屋の照度は数 100 lx 程度のため、10000 lx 程度ある窓ガラス、蛍光灯の近辺、または蛍光灯の裏側のカバーの部分の様な所に設置すれば充電するのに十分な照度が得られる。

2.3 回路設計と製作

まず、開発コンセプト(1)にある昼間充電、夜間点灯タイプの製品の電子回路を製作した。図 2 がその回路図で、昇圧回路、明暗判別回路、LED 点滅回路から成っている。昇圧回路は、電圧コンバータ MAX631 を用いて Ni-Cd 電池の出力電圧 2.4 V を次の(1)式により計算される電圧 V_{out} (MAX631 の 5 番端子) に昇圧する⁶⁾。

$$V_{OUT} = 1.31 \left(\frac{R_1}{R_2} + 1 \right) (V) \quad (1)$$

表 1 の高輝度 LED の中で最も高い順電圧は 3.6 V なので、 $R_1=220 \text{ k}\Omega$ 、 $R_2=120 \text{ k}\Omega$ として、 $V_{out}=3.7 \text{ V}$ に電圧を設定した。

明暗判別回路は、CdS セルとトランジスタで構成している。CdS セルは暗くなると内部抵抗値が高くなり、明るいときは抵抗値が低くなる光センサで、照度が低くなると CdS セルの抵抗値が高くなり、トランジスタ Tr1 のベース電圧が低くなり、Tr1 がオンして次の LED 点滅回路がオンになり LED が点滅するようになっている。

表 1 構成部品の仕様

構成部品	仕 様			
プラスチック光ファイバー	外形 6.5mm のフレキシブルタイプと 外形 6.5mm の白色反射板入りハードタイプの 2 種			
太陽電池	CdS/CdTe 薄膜太陽電池 松下電池工業製 動作電圧 3.4V、動作電流 40mA、サイズ 37×82mm			
二次電池	Ni-Cd 電池 1.2V×2 本			
高輝度 LED	発光色	光度 (mcd)	順電圧 (V)	メーカー
	赤	8000	2.0	(東芝)
	橙	7000	2.1	(東芝)
	黄	8000	2.1	(東芝)
	緑	4500	2.2	(東芝)
	緑	5600	3.5	(豊田合成)
	青	1800	3.5	(豊田合成)
	青	2000	3.6	(日亜化学)
	白	4000	3.6	(日亜化学)
光センサ	CdS セル 浜松ホトニクス製			
人検知センサ	赤外線センサ (モーションセンサ) 松下電工製 信号処理回路内蔵、レンズ付き、動作電圧 DC3～6V			

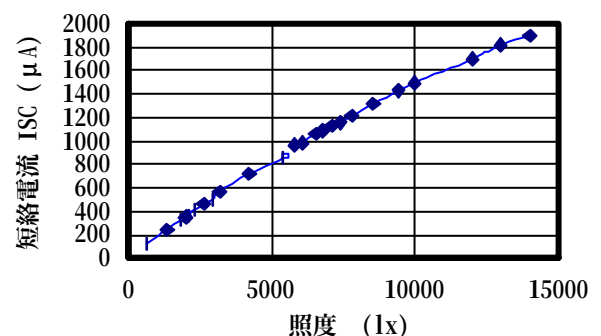


図 1 照度と短絡電流の関係

松下電池工業 CdS/CdTe 薄膜太陽電池（光源：蛍光灯）

LED 点滅回路は、タイマー IC ICM7555 と抵抗、コンデンサで構成しており、次の(2)式により点滅周期 f_{OSC} 、1 周期中の発光時間 $t_{emission}$ 、非点灯時間 t_{off} を設定する⁷⁾。

$$f_{osc} = \frac{1.46}{(R_A + 2R_B)C_2} \quad [Hz]$$

$$t_{emission} = 0.685R_B C_2 \quad [sec] \quad (2)$$

$$t_{off} = 0.685(R_A + R_B)C_2 \quad [sec]$$

いま、 $R_A=470 \text{ k}\Omega$ 、 $R_B=82 \text{ k}\Omega$ 、 $C_2=4.7 \mu\text{F}$ とした場合、点滅周期 f_{OSC} は 0.49 Hz 、すなわち約2秒の周期で点滅し、1周期中の発光時間 $t_{emission}$ は 0.26 秒 である。このように点滅周期、発光時間は抵抗2本とコンデンサで自由に設定することができる。

図3は、明暗判別を太陽電池の出力電圧の変動により行う回路である。昇圧回路とLED点滅回路の部分は、図2の回路と同じである。使用した太陽電池は、屋内の比較的明るい場所で3V程度の出力電圧があるが、暗くなると電圧が低下するため、太陽電池の出力電圧と基準電圧（回路中では、約1.9V）を電圧コンパレータTLC393Pで比較して、照度が低くなった場合にトランジスタTr1がオンして、LEDが点滅するようになっていく。

図4は、モーションセンサを使用して人が近づいたときにLEDを一定時間点灯させる回路である。昇圧回路部分は図2、図3の回路と同じである。モーションセンサは、赤外線センサ、信号処理回路、レンズが一体となったセンサで、人体からの赤外線を検出すると直流電圧を出力し、トランジスタTr1がオンして次のタイマーIC ICM7555を作動させるようになっている。図2、図3の回路と違ってタイマーIC ICM7555を点滅動作ではなく、ワンショットマルチバイブレータとして作動させる。モーションセンサからの信号を検出すると、抵抗RXとコンデンサCXを使用して次の(3)式でLEDの点灯時間 t_{ON} が決められる⁷⁾。

$$t_{ON} = 1.1R_X C_X \quad [sec] \quad (3)$$

いま、 $R_X=470 \text{ k}\Omega$ 、 $C_X=10 \mu\text{F}$ とした場合、点灯時間 t_{ON} は約5秒となる。

3. 実験結果および考察

図2のCdSセルによる明暗判別回路では、消費電流はLED非点灯時 $200 \mu\text{A}$ 以下、LED点灯時 3mA となっており、照度が6000(1x)程度の環境下で8時間充電した場合、高輝度LEDは10時間以上点滅(点滅周期2秒、点灯時間0.26秒)することを確認した。図3の太陽電池の出力電圧の変動で明暗判別をする回路では、低消費電力の電圧コンパレータTLC393Pを用いることで、図2のCdSセルによる明暗判別回路と同様、LED非点灯時で $200 \mu\text{A}$ 以下となり、LED点滅時間に関しても同様の特性を示した。このように明暗判別で2種類の回路を製作したのは、

CdSセルを用いた場合は太陽電池を設置する場所の照度とは関係なく明暗を判別できるという利点があるため、太陽電池の出力電圧で判別する回路とは使用する場所により使い分けができる。

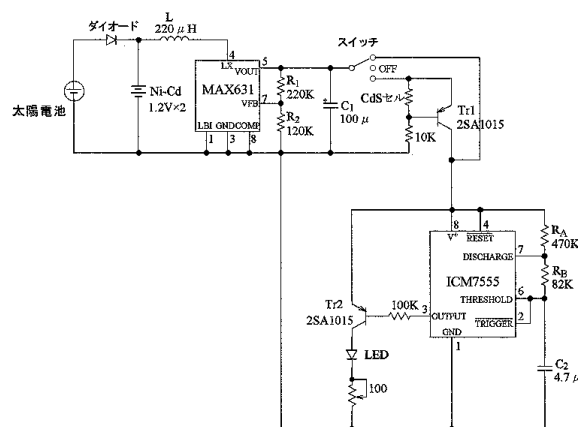


図2 太陽電池電源昇圧LED点滅回路
(CdSセルにより明暗判別)

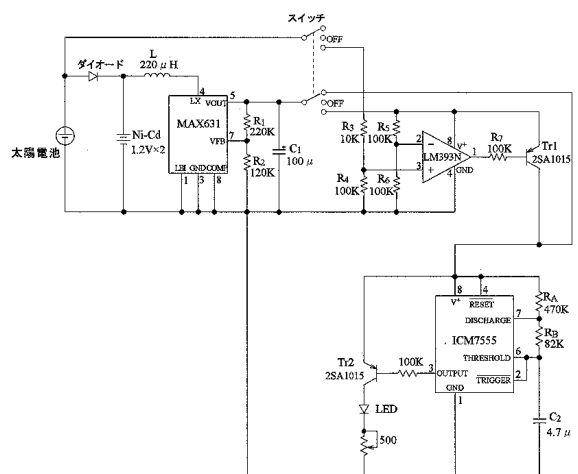


図3 太陽電池電源昇圧LED点滅回路
(太陽電池出力電圧により明暗判別)

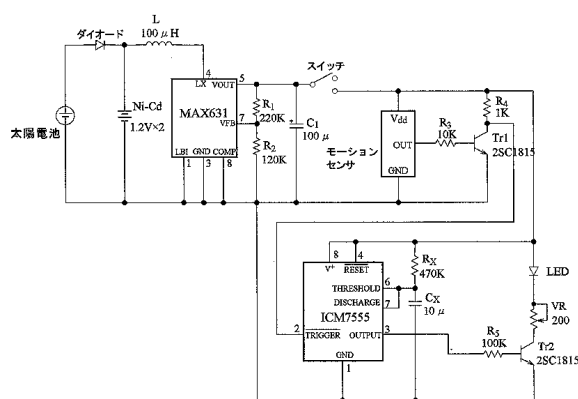


図4 ヒト検出回路
(人を検出してLEDが一定時間点灯)

図4のモーションセンサを用いた回路では、人が近づいた時だけLEDを点灯させるという効率的な光ファイバー照明が可能であり、図2、図3の回路と同様の低消費電力回路で、太陽電池を6000 lxの照度環境で使用できれば、メンテナンスフリーで半永久的な使用も可能である。

写真1(a)は今回試作した照明製品(夜間点滅タイプ)である。ケース左上にあるのが太陽電池、ケース下にあるのがプラスチック光ファイバー(ハードタイプ)である。写真1(b)はケース内部の二次電池と回路である。ケース部分のサイズについては、今回は試作品ということでユニバーサル基板により製作したため、80×100 mm程度の大きさとなったが、回路パターンをあらかじめ製作することにより、半分程度の大きさまでコンパクト化は可能であると思われる。

4. 結び

- (1) 太陽電池と二次電池を組み合わせた高輝度LED点滅回路を製作した結果、照度が6000(lx)程度の環境下で8時間充電した場合、高輝度LEDは10時間以上点滅(点滅周期2秒、点灯時間0.26秒)することを確認した。
- (2) 消費電流は、LEDが点灯していない場合200 μ A以下で、低消費電力回路にすることにより、屋内あるいは屋外のさらに照度が高い条件下では、より長時間にわたるLEDの点灯と複数のLEDにより高輝度化が可能である。
- (3) 電源となる太陽電池の出力電圧は約3V、Ni-Cd電池は2.4Vであるが、昇圧回路を用いることにより、順電圧3.5V以上の青色、白色LEDをはじめとするすべての高輝度LEDに対応することが可能となった。
- (4) 赤外線センサを用いることで、明るさに関係なく人が近づいた場合にLEDを点灯させることができ、屋内の階段部分など人が通る場所で比較的照度の低い場所への応用が可能となった。
- (5) これらのプラスチック光ファイバー照明製品は、用途としては屋内、屋外ともに使用でき、階段、通路など比較的照度の低い場所や非常時の誘導灯など、福祉分野を含めて幅広い応用分野が考えられる。

参考文献

- 1) 松下電池工業、太陽電池カタログ、1998。
- 2) 東芝、LEDランプカタログ、1998。
- 3) 豊田合成、LEDカタログ、1999。
- 4) 日亜化学工業、LEDカタログ、1998。
- 5) 井狩、高田、桐畑：松下電工技報、Sep.、52(1998)。
- 6) マキシム社、MAX631データシート。
- 7) マキシム社、ICM7555データシート。

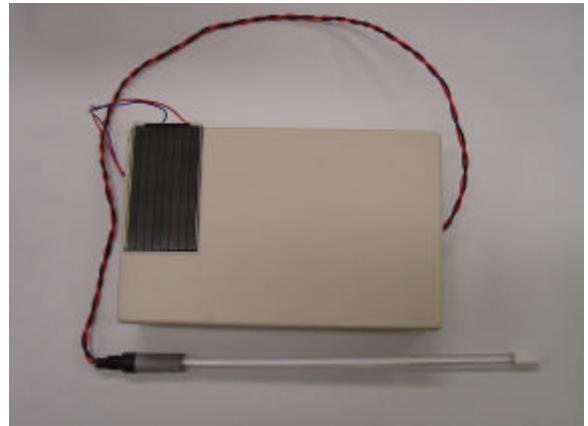


写真1(a) 光ファイバー照明製品(夜間点滅タイプ)

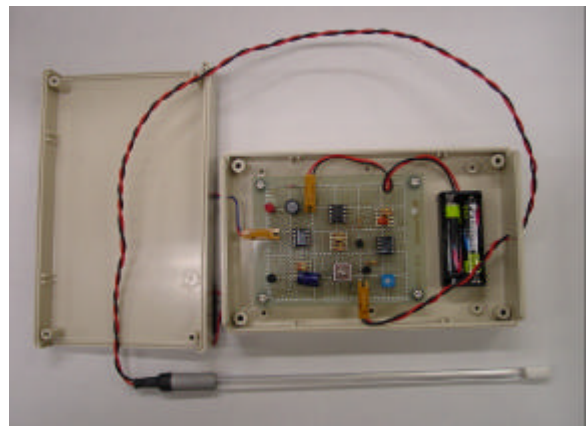


写真1(b) 二次電池(右)とLED点滅回路