

電子制御工学実験報告書

実験題目 : 光センサの使い方
報告者 : 3 年 32 番 平田 蓮
提出日 : 2019 年 7 月 22 日
実験日 : 2019 年 7 月 1 日, 7 月 8 日, 7 月 22 日
実験班 : 第 10 班
共同実験者 : 8 番 小林 歩夢
21 番 相馬 拓杜

※指導教員記入欄

評価項目	配点	一次チェック ・ ・	二次チェック ・ ・
記載量	20		
図・表・グラフ	20		
見出し, ページ番号, その他体裁	10		
その他の減点	—		
合計	50		

コメント :

1 目的

どのような制御システムでも、制御対象の現在の状態を知って次の適切な操作を決めるために、状態を計測するセンサが不可欠である。ここでは光センサの使い方について学ぶ。

2種類の光センサを使用して、その特徴や基礎特性をまず理解する。次にセンサとして使用するための回路について検討し、その応用技術を身に付ける。

2 光センサの種類と選定

光センサといっても様々な種類がある。例えば、フォトダイオード、フォトトランジスタ、光導電素子 (CdS セル)、焦電素子、光電管、カラーセンサ、個体イメージセンサ (CCD) などがある。光センサの検出対象として、「近赤外線、可視光線、紫外線といったどの波長を検出するのか?」また、「どのような応答速度が必要なのか?」等の要因が重要になる。言い換えれば、検出対象の特性によって光センサの選定をする必要がある。

3 CdS 光導電セル

3.1 構造と原理

CdS セルは流下カドミウムを主成分とした光導電素子の一種であり、照射光によって内部抵抗が変化する一種の光抵抗器と考えることができる。照射光が強くなるとその内部抵抗は低下する。

図1にCdSセルの回路記号を示す。CdSセルはその性質上応答速度が非常に遅く、高速の光スイッチングには不向きである。その為、用途は緩やかな照度変化のセンシングに限定される。

また、CdSセルには極性がない。

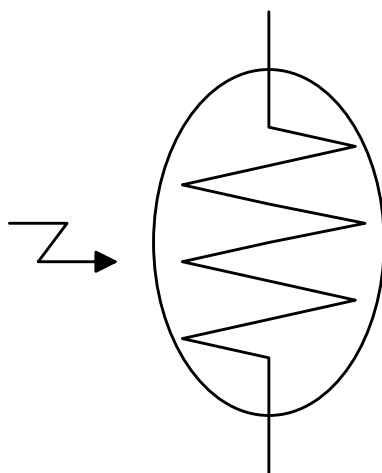


図1 CdS セル回路記号

3.2 基礎特性

光源に LED を用いて、照射光の強さにより CdS セルの抵抗値が変化することを確認する。なお、LED に流れる電流と発光強度は正比例しない。

3.2.1 実験方法

1. 図 2 のように配線を行う。
2. 電源電圧を 0[V] から徐々にあげると電流 I_F が増加し、LED の明るさが変化することと、同時に CdS の抵抗値 R_C が変化していることを確認する。
3. 組立済回路部分に暗幕を被せ光を遮断し、電源電圧を変化させ、 I_F が 1[mA] から 20[mA] の時の R_C を測定し、表にまとめる。
4. 作成した表より、 I_F - R_C グラフを両対数グラフで作成する。

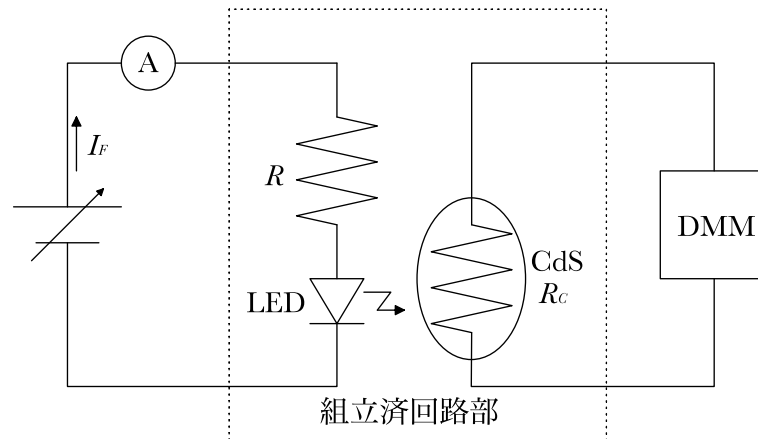


図 2 CdS セル基礎特性測定回路

■使用素子・使用器具

組立済回路 CDS-A1

CdS セル MKY-54C348

LED L-513SGT3

デジタルマルチメータ EC-12

直流電源 Ec-01

電流計 341

3.2.2 結果

図 3, 4 に結果の表とグラフを示す.

図 3 基礎特性測定結果

I_F [mA]	R_C [k Ω]	I_F [mA]	R_C [k Ω]
1	3.343	11	0.450
2	1.758	12	0.426
3	1.185	13	0.405
4	0.959	14	0.388
5	0.796	15	0.372
6	0.685	16	0.358
7	0.618	17	0.345
8	0.560	18	0.334
9	0.514	19	0.324
10	0.478	20	0.314

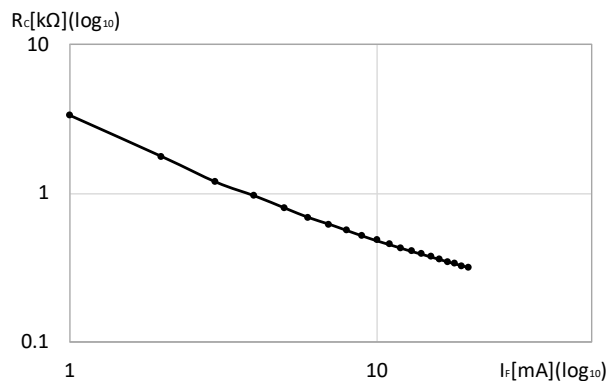


図 4 基礎特性グラフ (両対数)

グラフから、線型性が見て取れる。傾きは負なので、CdS セルの抵抗値は LED に流れる電流のべき乗に反比例することがわかる。

3.3 明暗判定回路

CdS セルを用いて、暗くなったら赤色 LED を点灯させる簡単な回路を作成してみる。

3.3.1 実験方法

1. 図 5 のように配線を行う。VR は 10[k Ω] の半固定抵抗とし、R は 1[k Ω] の炭素皮膜抵抗とする。また、IC には 5[V] の電源電圧を供給する。
2. CdS セルに蛍光灯の光が当たっている場合には LED が消灯し、CdS に当たっている光が遮断された場合には LED が点灯するように VR を調節する。

■使用素子・使用器具

CdS セル MKY-54C348

LED L-513LE1T

IC 74HC04

デジタルマルチメータ EC-12

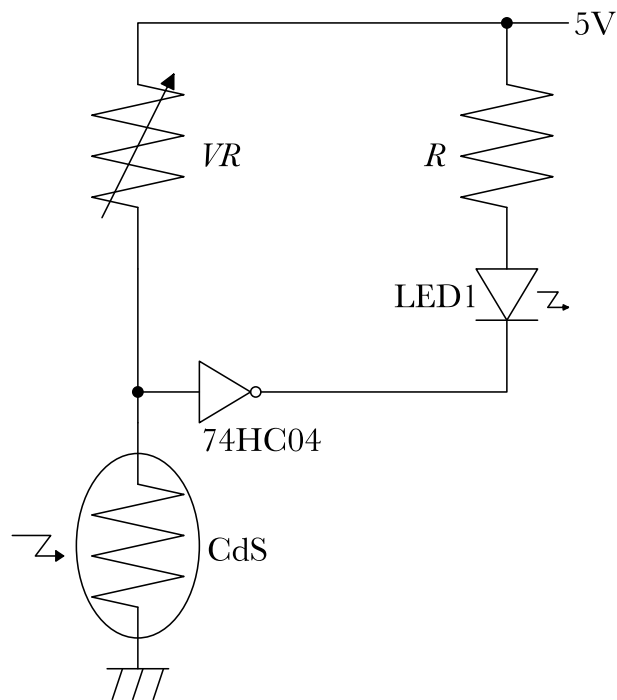


図 5 明暗判定回路

直流電源 Ec-01

ブレッドボード EC-16

3.3.2 結果・考察

CdS セルに指をかざすと LED が点灯し、指を離すと再び点灯した。

これは、光が遮断されることで CdS の抵抗値が増え、C 点での電圧が高くなり、NOT を通した B 点の電圧が低くなり、A-B 間に電位差が生まれるためである。

3.4 応用回路

CdS セルに蛍光灯の光が当たっている場合には緑色の LED を点灯させ、CdS 暗幕で覆った場合には赤色の LED を点灯させる回路を設計・作成してみる。3.3 節を参考にすると簡単に設計することができる。

ただし、使用器具は 3.3 節と同様で、素子は以下のものを使用する。

■使用素子

CdS セル MKY-54C348

LED1(赤色) L-513LE1T

LED2(緑色) L-513SGT3

IC 74HC04

半固定抵抗 (1 個) 10[k Ω]

炭素皮膜抵抗 (2 個) 1[k Ω]

3.4.1 設計・組立

図 6 に設計した回路図を示す.

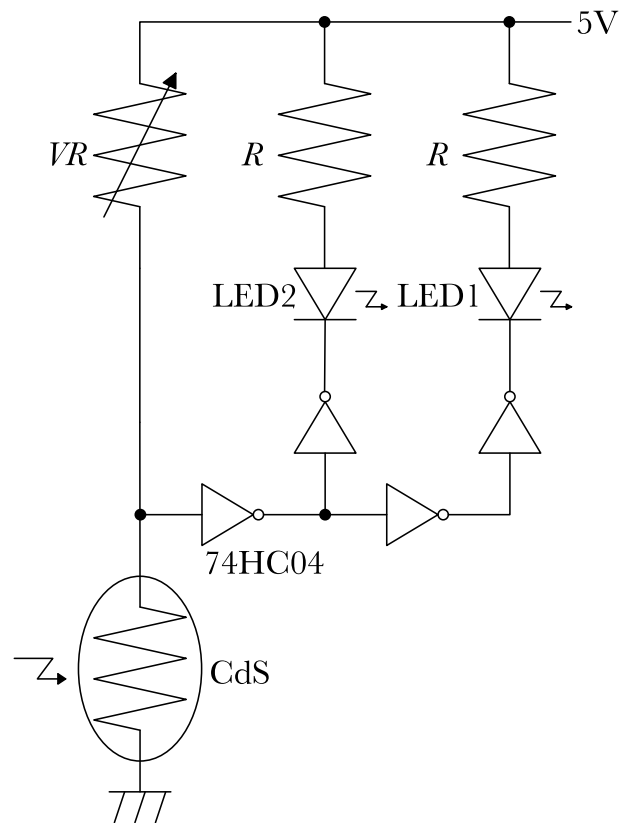


図 6 応用回路

図 5 の赤色 LED に並列に緑色 LED を接続し, NOT 素子を挟むことで赤色と動作を反転させる.

また, 二つの LED に流れる電流に差を生じさせないために, 赤色 LED 側にも NOT を二つ挟んだ.

3.4.2 結果・考察

動作確認をしたところ, 設計した回路は想定通りに動作した.

この回路は, 3.3.2 節に記したように赤色 LED が動作する. 緑色 LED は赤色 LED と反転動作をするので, CdS に光が当たっている時のみ点灯する.

4 フォトダイオード

4.1 構造と原理

フォトダイオード (PD) は、半導体の PN 接合に光が当たると電位差が生じる光起電力を利用したものである。PD はそれ自身起電力を有する素子であるため、動作させる場合に外部電源を必要としない。そのため、電源が無くても簡単な光検出回路を構成することができるが、その出力信号は極めて微弱であるため、一般的には何らかの増幅手段を併用する。

なお、PD は入射光量と出力電流の線型性が優れており、CdS セルに比べ応答速度が 100 倍以上早い特徴がある。図 7 に PD の回路記号を示す。

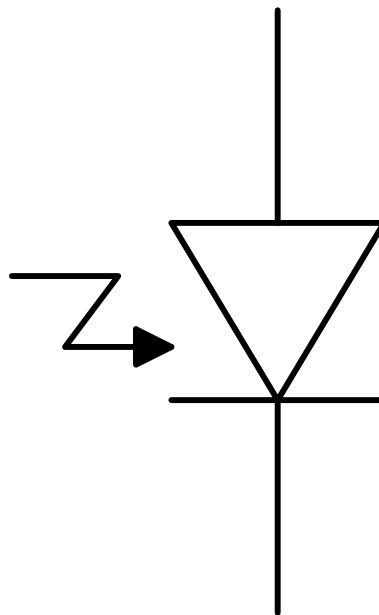


図 7 PD 回路記号

4.2 短絡特性

光源に LED を用いて、照射光の強度により PD の光起電力が変化することを確認する。なお、LED に流れる電流と発光強度は正比例しない。

4.2.1 実験方法

1. 図 8 のように配線を行う。電流計 A_1 , A_2 にはデジタルマルチメータを使用する。
2. 電源電圧を 0[V] から徐々にあげると電流 I_F が増加し、LED の明るさが変化することと、同時に I_S が変化していることを確認する。
3. 組立済回路部分に暗幕を被せ光を遮断し、電源電圧を変化させ、 I_F が 5[mA] から 20[mA] の時の I_S を測定

し、表にまとめる。

4. 作成した表より、 I_F - I_S グラフを両対数グラフで作成する。

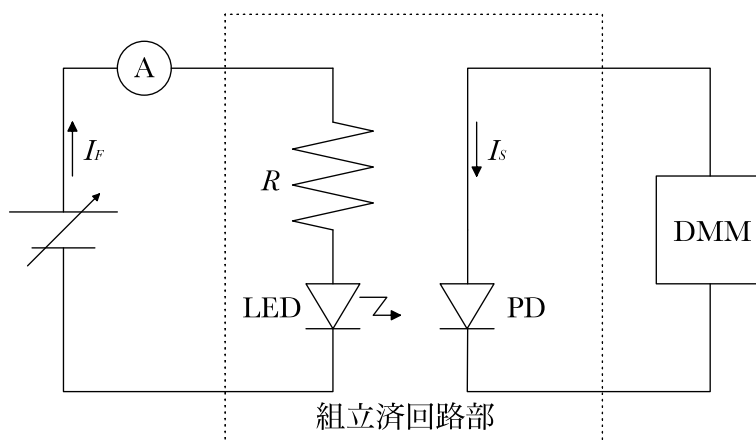


図 8 PD 短絡特性測定回路

■使用素子・使用器具

組立済回路 PD-A3

PD S1133

LED L-513SGT3

デジタルマルチメータ EC-21, EC-23

直流電源 Ec-11

4.2.2 結果

図 9, 10 に結果の表とグラフを示す。

図 9 短絡特性測定結果

I_F [mA]	I_S [μ A]	I_F [mA]	I_S [μ A]
5	1.6	13	5.7
6	2.1	14	6.1
7	2.6	15	6.6
8	3.1	16	7.0
9	3.6	17	7.5
10	4.1	18	8.0
11	4.6	19	8.4
12	5.1	20	8.9



図 10 短絡特性グラフ (両対数)

グラフから、線型性が見て取れる。傾きは正なので、PD の流す電流は、LED に流れる電流のべき乗に比例することがわかる。

4.3 開放特性

ここでは 4.2 節と対照的に、光の強度により PD の開放電圧が変化することを確認する。

4.3.1 実験方法

1. 図 11 のように配線を行う。電流計 A 、電圧計 V にはデジタルマルチメータを使用する。
2. 電源電圧を 0[V] から徐々にあげると電流 I_F が増加し、LED の明るさが変化することと、同時に V_O が変化していることを確認する。
3. 組立済回路部分に暗幕を被せ光を遮断し、電源電圧を変化させ、 I_F が 5[mA] から 20[mA] の時の V_O を測定し、表にまとめる。
4. 作成した表より、 I_F - V_O グラフを片対数グラフで作成する。

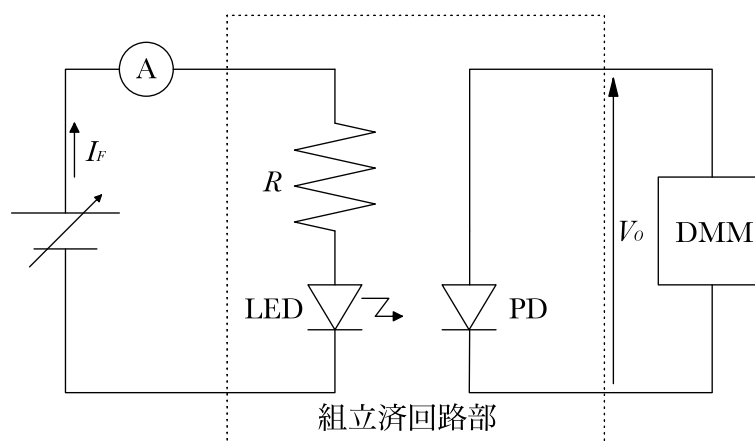


図 11 PD 開放特性測定回路

■使用素子・使用器具

組立済回路 PD-A3

PD S1133

LED L-513SGT3

デジタルマルチメータ EC-21, EC-23

直流電源 Ec-11

4.3.2 結果

図 12, 13 に結果の表とグラフを示す.

図 12 開放特性測定結果

I_F [mA]	V_O [V]	I_F [mA]	V_O [V]
5.0	0.406	13	0.437
6.0	0.413	14	0.439
7.0	0.417	15	0.441
8.0	0.422	16	0.442
9.0	0.425	17	0.444
10	0.429	18	0.446
11	0.432	19	0.447
12	0.434	20	0.448

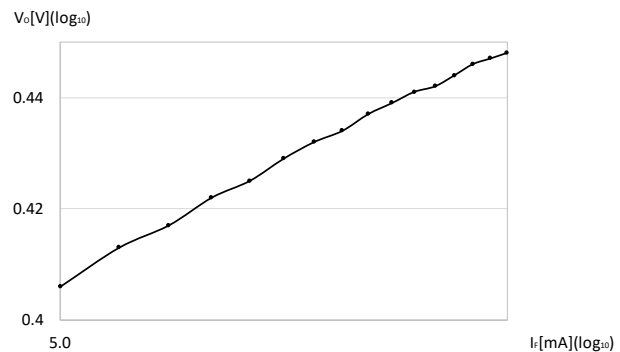


図 13 開放特性グラフ (片対数)

グラフから、線型性が見て取れる。傾きは正なので、PD による起電力は LED に流れる電流の指数関数で表せることがわかる。

4.4 照度計

4.1 節にも示したように、PD の出力信号は極めて微弱であるため、一般的には何らかの増幅手段を併用する。ここではオペアンプを使って信号を増幅し、簡単な照度計を作成してみる。

4.4.1 回路の作成

1. 図 14 のように配線を行う。オペアンプと PD 間の配線は極力省く。
2. 光源を PD に当て、オシロスコープで出力電圧の波形を確認する。

■使用素子・使用器具

PD S1133

オペアンプ TL071

デジタルマルチメータ EC-21

直流電源 Ec-11

ブレッドボード EC-08

オシロスコープ No.15

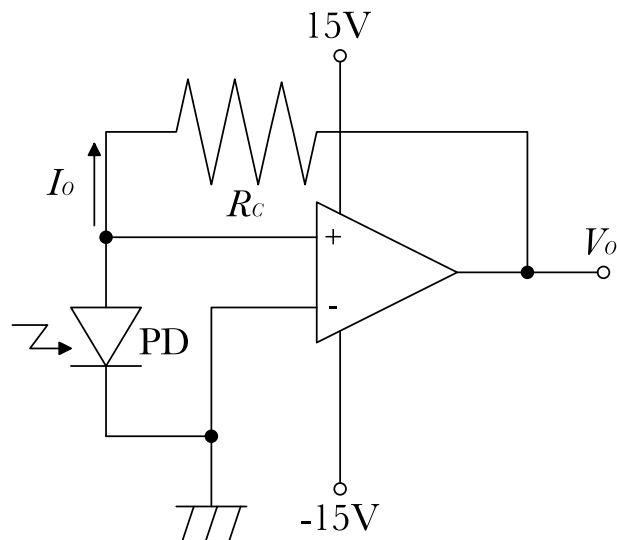


図 14 照度計回路

4.4.2 結果

PD に当てる光を強くしたり弱くすることで、PD の起電力に変化が起きる。その結果、オシロスコープの画面では、電圧の波形が代償に動くのを確認することができた。

4.5 蛍光灯の光観察

4.5.1 実験方法

図 14 の回路を用いて、蛍光灯の光り方を観察する。

1. 図 14 の回路で蛍光灯を光源とし、光源と PD の距離を任意に固定し、出力電圧を観察する。
2. 出力電圧の周期、周波数を求める。
3. 出力電圧の波形を画像として保存する。

4.5.2 結果

図 15 にオシロスコープの波形を示す。

図より、波形の周期は約 $25[\mu\text{s}]$ であることが分かる。

また、波形の周波数は約 $42[\text{kHz}]$ であることが分かる。

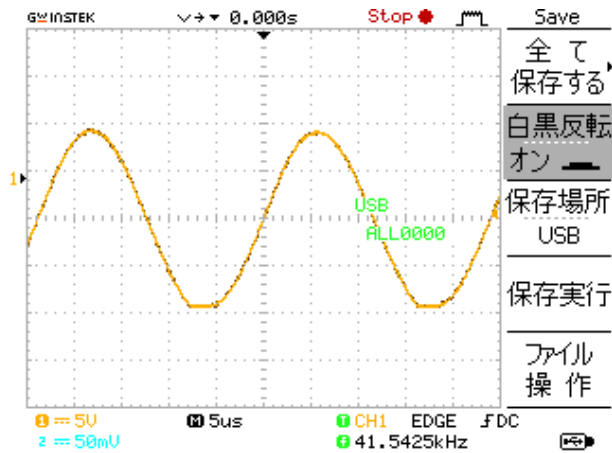


図 15 PD 出力波形

5 課題

5.1 CdS セルはどのような製品で使われているか.

CdS セルはフォトレジスタとも呼ばれ、露出計やラジオ、街灯などに利用されている。

5.2 フォトダイオードはどのような製品で使われているか.

フォトダイオードは、他の光検出センサーと同様の用途で使われる。5.1 節で記したことのほかにも、ビデオレコーダやテレビのリモコンに使用されている。

5.3 フォトトランジスタとはどのようなものか.

フォトトランジスタは、トランジスタの一種で、光検出をすることができる。増幅作用を持ち、フォトダイオードとは違い増幅器をつける必要がない。短所としてその応答速度があげられ、フォトダイオードより動作に時間がかかる。

参考文献

- [1] フォトレジスタ サヌキテックネット <https://sanuki-tech.net/make-electronics/parts/cds-cell/>
- [2] フォトトランジスタの構造と特徴 光センサゼミナール <http://www.kodenshi.co.jp/seminar/vol-02.html/>