

提出日 2026 年 05 月 26 日

2026 年度 電子制御工学科 3 年

電子制御工学実験 1 レポート

課題記号 T-1

実験テーマ名 LED の回路

提出者： 実験班 - 名列番号 15 氏名 柴田健琉

共同実験者： なし

実験実施日： 1. 2026 年 05 月 19 日

1 実験目的

今回の実験では発光ダイオード (LED) の特性と回路での実装方法を確認するために行った。

2 理論

2.1 ダイオード

ダイオードとは半導体の接合による電子の移動方向を制限する素子である。

多くの場合, 単にダイオードと呼ばれるものは, 2 種類の半導体を接合した pn 接合ダイオードのことである. pn 接合ダイオードとは正孔を多くもつ p 形半導体と自由電子が多い n 形半導体を組み合わせたダイオードである. これら半導体を接合すると接合面と呼ぶ境界線で少数の n 形半導体内の自由電子が p 形半導体の正孔を埋める. この移動を拡散と言い, 電子が正孔を埋めることを再結合と言う. そして, 接合面には空乏層と呼ばれる電氣的に中立で絶縁体の振舞いをする層が形成される¹⁾.

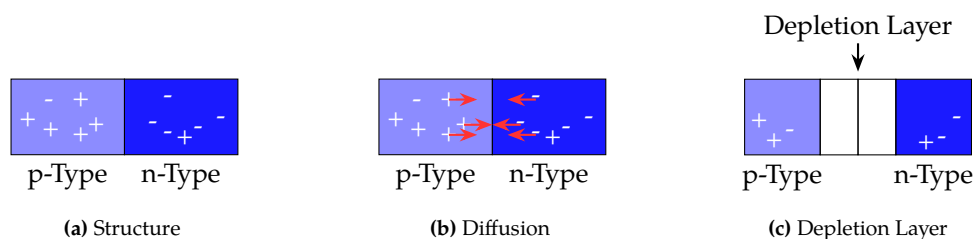


Fig. 2-1: pn-Junction

この接合に電圧を印加する時, 極性の違いで以下の状態となる:

- 電圧が n 形半導体に電子を, p 形半導体に正孔を供給し, 空乏層を消失させる (Fig. 2-2a)
- 電圧が n 形半導体の電子を, p 形半導体の正孔を外側へ引き寄せ, 空乏層をさらに広げる (Fig. 2-2b)

そして, 電流はそれぞれの状態で導通, 遮断となる. これがダイオードの性質の一つである整流作用である²⁾.

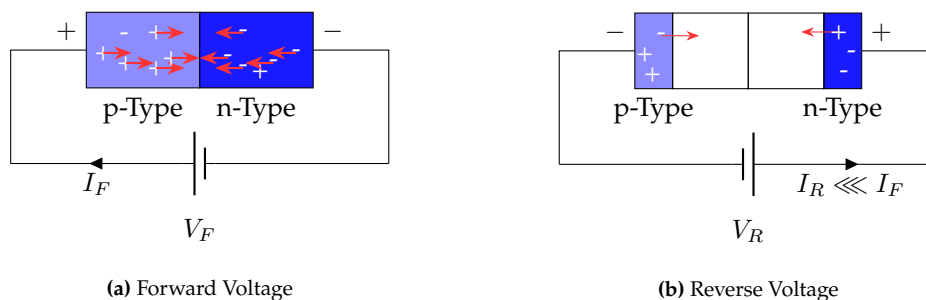


Fig. 2-2: Applying Voltage across pn-Junction

ダイオードには極性があり, p 形半導体の方をアノード, n 形半導体の方をカソードと呼ぶ. これらダイオードは電流を流し始めるまでに一定電圧以上を掛ける必要がある. この電圧を順電圧と呼ぶ. 一般的なシリコン

ダイオードの順電圧は 0.6 V 程度である。また、順電圧に至るまで電流が流れない領域のことを不感領域と言う²⁾。順電圧を増加させると順電流が急激に増加する、これがダイオードの非線形性である。半導体素子の多くは単純なオームの法則に従わない。回路計算する際にはテブナンの定理などを駆使していく必要がある³⁾。

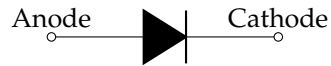


Fig. 2-3: Circuit Diagram of Diode

2.2 発光ダイオード

発光ダイオード (LED) とは、順電圧を掛ける時に光を放つダイオードである。主に低電力・高効率な照明や表示灯に使用されている。光は電子と正孔が再結合し消滅する時に発生する。この明るさは電流に比例する。

LED の順電圧はシリコンダイオードよりも高く、 2 V 以上の物が多い⁴⁾。

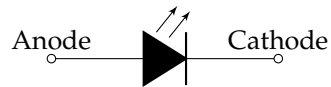


Fig. 2-4: Circuit Diagram of LED

3 実験手順・条件

3.1 実験器具

- ブレッドボード
- 緑色 LED OSG8HA3Z74A
- 抵抗器 $470\ \Omega \pm 5\% 1/4\text{ W}$
- Analog Devices, ADALM2000

3.2 実験回路

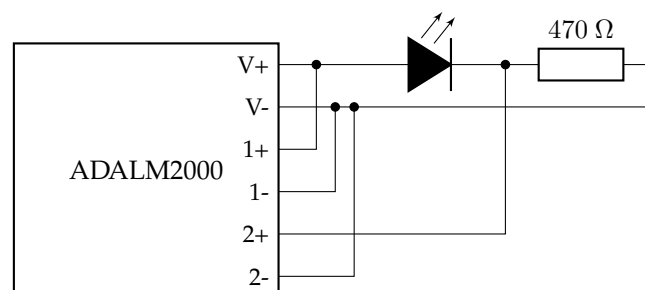


Fig. 3-1: Circuit Diagram for Experiments

3.3 実験 1

1. ADALM2000 を用いて 1 V から 7 V までの電圧を回路に印加する
2. 抵抗の電圧降下と回路の電圧を記録する

3.4 実験 2

1. ADALM2000 を用いて 1 V から 3 V までの逆電圧を回路に印加する
2. 抵抗の電圧降下と回路の電圧を記録する

4 実験結果

4.1 実験 1

電源電圧を 1 V から 0.5 V 刻みで 7 V まで変化させた。電源電圧と LED の電圧降下の関係を Fig. 4-1 に示した。電源電圧を高くするにつれ、LED の電圧降下は 2 V 付近となり、変化量が少なくなった。

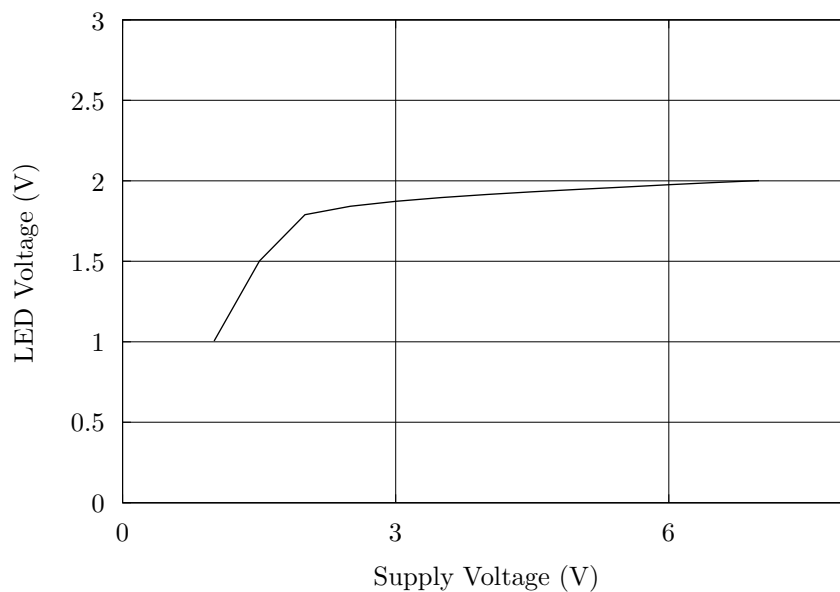


Fig. 4-1: Supply Voltage v.s. LED Forward Voltage

4.2 実験 2

電源電圧を 1 V から 0.5 V 刻みで 3 V まで変化させた。電源電圧と LED の逆電圧の関係を Fig. 4-2 に示した。抵抗器には電圧が掛からず、電圧は全て LED で降下した。

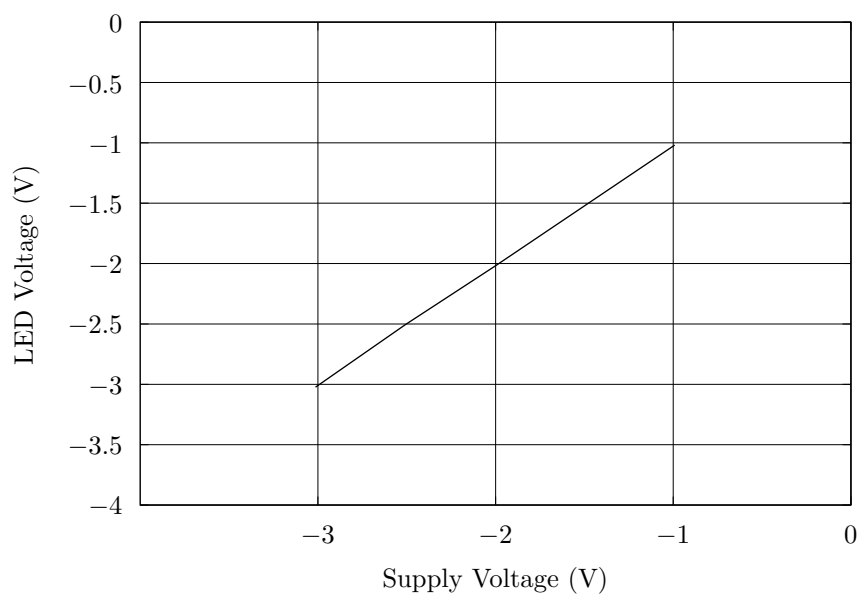


Fig. 4-2: Reverse Supply Voltage v.s. LED Reverse Voltage

5 考察

5.1 消費電力と明かるさ

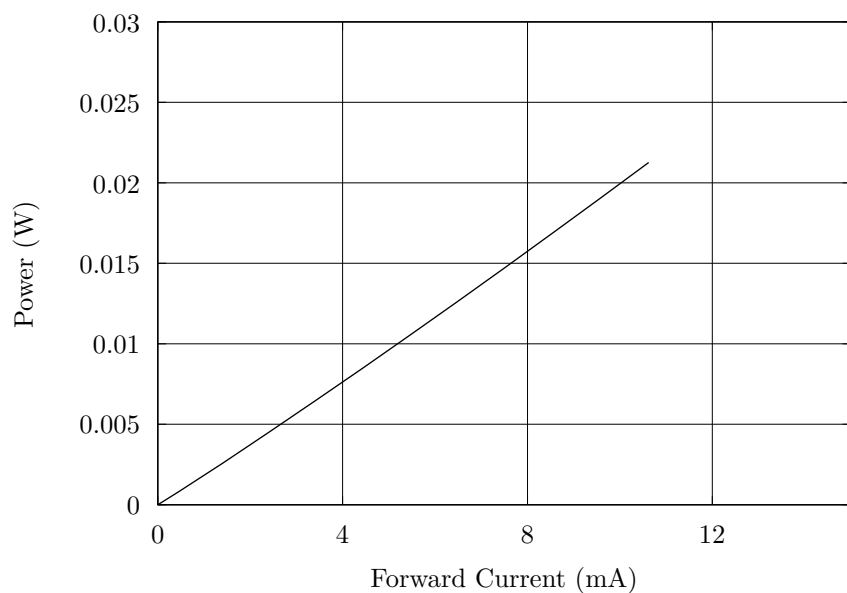


Fig. 5-1: Forward Current v.s. Power Usage of LED

実験中, LED は 2 V 未満では点灯せず, 2 V からは電源電圧を高くするにつれ光が強くなっていった. LED

の消費電力は Eq. (5-1) で算出される.

$$\begin{aligned} P &= V_F I_F \quad [\text{W}] \\ I_F &= \frac{V_R}{R} \quad [\text{A}] \end{aligned} \quad (5-1)$$

ここで V_R は抵抗器の端子間電圧, V_F は LED の順電圧, R は抵抗器の抵抗値である.

Eq. (5-1) を今回の実験のパラメータを使用して順電流についてグラフに表したものが Fig. 5-1 である.

電流が流れている間の順電圧はほぼ一定なので電力は電流と比例していると言える. そして, この関係はデータシート⁵⁾の Fig. 5-2 で示された LED の電流と相対光度の 0 mA - 10 mA の領域での関係と類似している. よって, 消費電力が高くなるにつれ明るさも同じように増していくと言える.

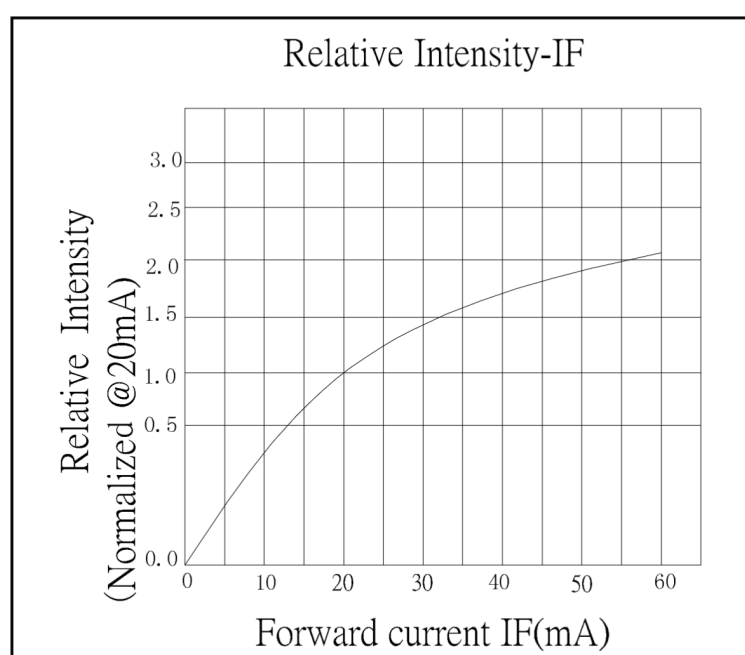


Fig. 5-2: Forward Current v.s. Relative Intensity from Datasheet⁵⁾

5.2 抵抗の必要性

定電圧源を LED に直接接続すると電源電圧と等しい順電圧が掛かる. ダイオードは一定の順電圧を超えると半導体が導体のように振る舞い, 急激に電流を流す性質を持っている. この時, 回路中に LED しか無い場合, 短絡したような状態となり大電流が流れてしまう. そして, 順電流が最大定格電流を超えてしまうと LED が破損してしまう. なので LED にはなにかしら電流を制限する素子を直列に接続する必要がある.

5.3 LED の非線形性

LED のみならず多くの半導体素子は単純な多項式で電流と電圧の関係を表すことができない. この性質を非線形という. 非線形な関係は変化率が刻々と変わる. V-I 特性の変化率の逆数が微分抵抗となる. この微分抵抗が大きいと電圧に対する電流の変化が小さく, 微分抵抗が小さいと電圧に対する電流の変化が大きくなる²⁾.

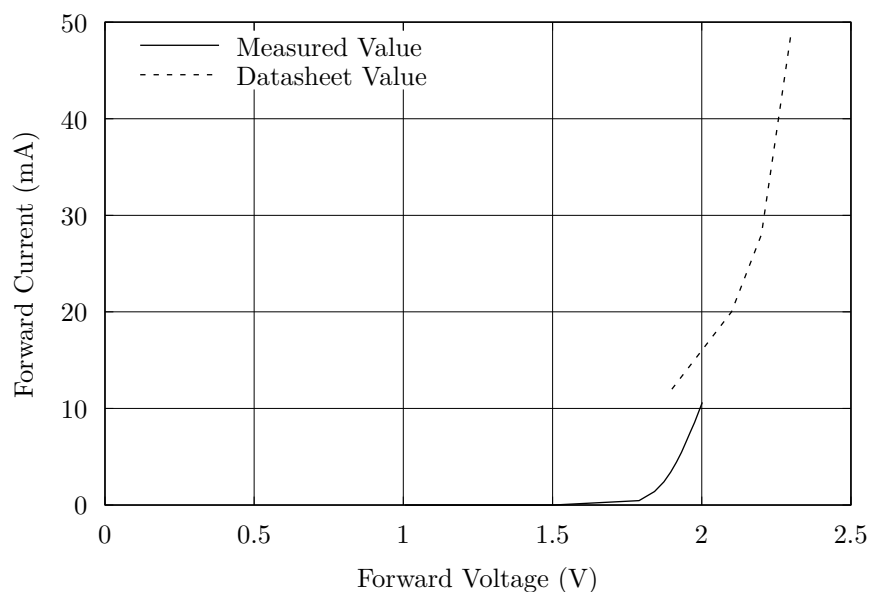


Fig. 5-3: Measured and Reference $V_F - I_F$ Characteristic of LED

Fig. 5-3 に実測値とデータシート⁵⁾の値の一部を表示した。データシートの値と実測値には大きな差が見られた。これはデータシートでのノミナル値、順電流 I_F が 20 mA となる順電圧 V_F が 2.1 V でのグラフを特性図として表示している。そして LED の順電圧には 1.8 V から 2.6 V の振れ幅がある。よって、今回用意した LED は順電流 20 mA に達する順電圧がノミナル値の 2.1 V より大きい個体を使用したということが推測できる。

このことを踏まえるとデータシートが掲載しているのは微分抵抗が小さい部分で、今回の実験で得た値はデータシート上の順電圧 1.9 V 以下での微分抵抗が高い部分を含んだ結果となった。

6 まとめ

今回の実験で以下の事柄を確認した:

- ダイオードの非線形性により電圧・電流の変化が一定でない
- ダイオードの整流作用により逆電圧を殆ど遮断する
- LED の光度は電力に比例して増加する
- LED には電流制限抵抗が必要であること

参考文献

- [1] 高木 茂孝 and 堀桂 太郎. “電子回路概論”. In: 実教出版株式会社, 2025/04, 17–18頁.
- [2] 高木 茂孝 and 堀桂 太郎. “電子回路概論”. In: 実教出版株式会社, 2025/04, 19–21頁.
- [3] 高木 茂孝 and 堀桂 太郎. “電子回路概論”. In: 実教出版株式会社, 2025/04, 23–25頁.
- [4] 高木 茂孝 and 堀桂 太郎. “電子回路概論”. In: 実教出版株式会社, 2025/04, 30頁.

- [5] OptoSupply. "OSG8HA3Z74A". 2021/01. URL: [https : / / akizukidenshi . com / goodsaffix / OSG8HA3Z74A.pdf](https://akizukidenshi.com/goodsaffix/OSG8HA3Z74A.pdf) (2025/05/25 参照).