

太陽電池を用いた可視光通信システムの確立に向けて

Study of Visible Light Communication using Solar cell

清田百合恵¹⁾, 比留川大輝¹⁾, 横山晴香¹⁾,
指導教員 山口智広¹⁾, 工藤幸寛²⁾, 本田徹³⁾

- 1)工学院大学 先進工学部 応用物理学科 結晶成長研究室
- 2)工学院大学 情報学部 情報通信工学科 プリンテッドエレクトロニクス研究室
- 3) 工学院大学 先進工学部 応用物理学科 フォトニクス研究室

キーワード: 可視光通信, 太陽電池の過渡特性, 波長依存性, 強度特性, 可視光給電

1. はじめに

電波を用いた無線通信は爆発的に普及した。1950 年は 5118 局だった無線局も, 1985 年には約 381 万局, 2017 年には約 2 億 1735 万局と増加の一途をたどっている[1]。近年は IoT 機器が登場し, 2015 年には約 154 億個だった IoT 機器も 2020 年には約 304 億個まで増加すると予測されている。そのため今後も無線通信の需要増加が予想される。しかし, 電波は有限の資材であり, 利用可能な周波数は逼迫している。一方, 可視光の周波数帯域の利用は進んでいない。そのため可視光で通信を行うことが可能になれば, 周波数帯を増やすことができ, 混信も防ぐことが期待できる[2]。加えて, 可視光を使うことで動作状態の識別が容易になるだけでなく, 光を遮断すれば情報が外部に漏れる心配がないというセキュリティ面において利点がある [3]。

現在, 給電の無線化では, 太陽電池を用いた給電システムの確立も進んでいる[4]。太陽電池により可視光通信を行うことができれば, 給電と通信を同時に行うことも可能になる。そのため, 我々は太陽電池を用いた可視光通信システムの確立を目指す。

データの送信には 0 と 1 の 1 bit の情報量が基準となる。そのため太陽電池に起電力が発生していないときを“0”, 起電力が基準の電圧まで得られたときを“1”と定義する。(図 1) 受信側は一定のタイミングで現在の太陽電池の状態を判別することで“0”の情報が送られているのか, “1”の情報が送られているのかを読み取る。しかし太陽電池を用いて LED の点滅を受け取った際に, どのように応答するのはいまだに報告がない。送信側(LED)で方形波を送った際, 受信側(太陽電池)では立ち上がりに時間がかかることが予想される。

これは太陽電池の状態を判別するタイミングによっては“1”の情報が, “0”と認識される可能性があることを示唆する。今回は太陽電池の過渡特性を明らかにすることを目的として実験を行った。生じた起電力の最大値の 90%まで立ち上がる時間を過渡特性として評価した。この時間が早いほど多くの情報が送れるため, より通信に適している。

2. 太陽電池過渡特性の波長依存性

図 2 に示すように送信側(LED)と受信側(太陽電池)を 10 cm 離れた位置で LED1 個を周波数 50 Hz にて点滅させ, 太陽電池にて光を受け取った。光源に用いた LED は青 (OptoSupply・OSB56P5111A), 赤 (OptoSupply・OS5RKP51111A), 緑 (OptoSupply・OSG5GP51111A)の 3 色で消費電力が 0.10 W になるよう行った。波形の観察は球状シリコン太陽電池(開放電圧:0.5V, 短絡電流:500mA, 受光部面積:5 cm×5 cm)に取り付けたオシロスコープにて行った。また太陽電池には今後通信で動かすものを想定して, 負荷抵抗 1 kΩを取り付けた。

図 3 に示すように, 受光後に太陽電池に起電力が発生するまでの時間は青色は 58 μs, 赤色は 69 μs, 緑色は 76 μs であった。このことから, 太陽電池には容量性の負荷があり, その影響で応答速度が低下すると考えられる。また, この時立ち上がりの速度は青色, 赤色, 緑色の順で早い結果になり波長依存性がみられた。しかし, この結果は, LED の外部量子効率の順序と一致しており, 光強度による影響が含まれているものと予想できる。そのため, 強度依存性について明らかにするために, 同様の実験条件において光強度を変化させながら行った。

3. 太陽電池過渡特性の光強度特性

青色の LED1 個を用い、LED に入力された電流を 4 mA, 6 mA, 10 mA, 20 mA の間で変化させ同様の実験を行った。

図 4 の結果より、応答速度は光強度が高いほど速かった。そのため図 3 のばらつきは各 LED の光強度が影響している。また今回一番立ち上がりの速度が速かったのは、図 4 の 20 mA のときであった。この時、応答速度は 49 μs であったため、周波数は

$$\text{周期} T = 49 \times 2 \mu\text{s} = 98 \mu\text{s} \text{ より}$$

$$\text{周波数} f = 1 / (98 \times 10^{-6}) = 10 \text{ kHz}$$

まで上げることが可能である。また光強度をさらに上げれば応答速度はさらに速くなる。一方、光強度を一定にすれば応答速度は一定になると予想できるため、同様の実験を出力を調節して行った。

4. 太陽電池過渡特性の制御

青色、赤色、緑色の LED を用いて太陽電池での起電力が一定になるように出力を変えながら同様の実験を行った。

図 5 に示すように、生じる起電力を一定にしたところ応答速度は 65 μs ~68 μs であった。このことから、応答速度は強度によってコントロールが可能である。

5. 結論

本研究は太陽電池の過渡特性を明らかにするためにに行った。実験の結果、太陽電池には容量性の負荷が存在していた。出力電力が一定の際、立ち上がりの速度は波長によって変わったが、それは波長ではなく強度のばらつきがあったためだった。強度が一定になるよう、太陽電池にて生じる起電力を一定にしたところ、立ち上がりの速度はすべて一定になった。このことから、立ち上がりの速度は、出力側の光強度によってコントロールが可能である。さらに、本実験で行った可視光通信システムは 10 kHz 程度の周波数で通信が可能であった。

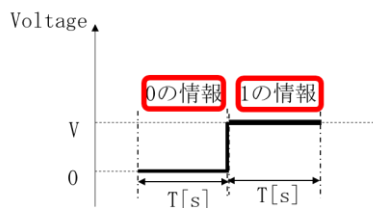


図1 波形の状態による2bitの定義

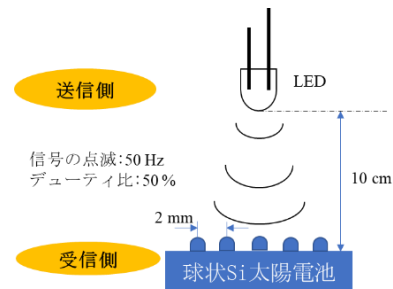


図2 実験装置図

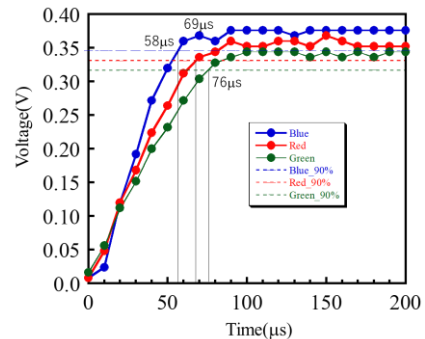


図3 出力電力一定時の観察波形

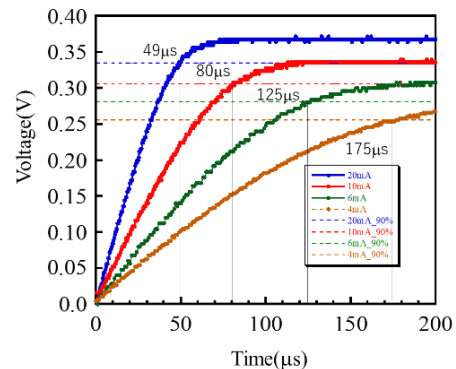


図4 強度変更時の観察波形

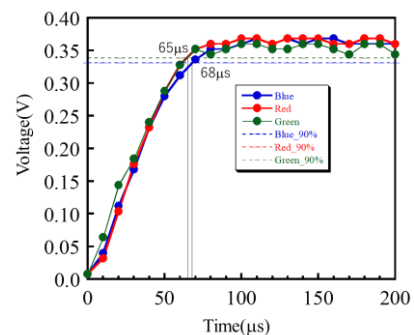


図5 起電力一定時の観察波形

[1]杉野 勲, 電波政策の最新動向, 総務省 移動通信課, (2018)

[2]Sridhar Rajagopal et al., IEEE Communications Magazine, **50**, 73(2012).

[3]Sung-Man Kim et al., ICTC, 896 (2013).

[4]Ortal Alpert, OPTICS & PHOTONICS International Congress, OWPT-1-02 (2019).