

可視光発光ダイオードおよびシリコン太陽電池を用いた 光無線給電システムの効率検討

Study on Efficiency of Optical Wireless Power Transmission Systems Using Visible LEDs and Silicon Solar Cells

横山晴香¹⁾, 比留川大輝¹⁾, 清田百合恵¹⁾

指導教員 山口智広¹⁾,

1) 工学院大学 先進工学部 応用物理学科 結晶成長研究室

キーワード: 光無線給電, 太陽電池, OWPT, LED, Solar cells

1. はじめに

近年, 無線 LAN, ワイヤレスマウス, Bluetooth イヤホンなど, 無線化の拡大が進んでいる. 通信の無線化により, 屋外でも使用できるようになった. 無線化は配線がなく安全性・保守性に優れる. また, 柔軟なシステム構成, 災害時の復旧性といった優位性も存在する^[1].

一方で給電はいまだに有線が主である. 給電の配線は, 給電場所を制限する. 無線給電(WPT: Wireless Power Transmission)とは, 電化製品にケーブル無しで電力を供給する技術である. しかし, 現在主に用いられている電磁誘導方式や磁界共鳴方式では, 給電距離が短く, 電磁場による人体や他機器への影響も懸念されている.

そのため我々は光無線給電(OWPT: Optical WPT)に着目している. OWPT は WPT の 1 種であり, 太陽光と太陽電池で行われる太陽光発電システムのように, 光源と受光器の組み合わせで構成される非常にシンプルなシステムである. 加えて, 長距離伝送や電磁場が発生しないなどの利点がある. 現在, 光源として発光ダイオード(LED: Light Emitting Diode)やレーザーダイオード(LD: Laser Diode)が, 受光器として太陽電池が候補としてあげられている. 太陽光発電システムと同様に考えると, OWPT システムはエネルギーを伝送するシステムであるため, 給電効率(エネルギー変換効率)が重要な指標となる. しかし, 太陽電池の発電効率改善に有効な手段は, 必ずしも OWPT システムの給電効率改善に有効な手段とは限らない^[1]. そ

れは, OWPT では, 様々な波長の光を含む太陽光ではなく, 1 つの波長からなる単色光を利用することが多いからである. また, 一般的な太陽電池は太陽光スペクトルに対して最適化されているため, OWPT 用に設計の変更が必要である^[2]. OWPT システムの給電効率向上のためには, システム内の各箇所のエネルギー損失を検討する必要がある.

本研究では, 可視光発光 LED と Si 太陽電池を使用し, OWPT システムを製作した. 入力・出力電力から求まる電力変換効率を求めると共に, システム内の各箇所(①光源の電気-光エネルギー変換, ②光源-受光器間での光空間伝送, ③受光器の光-電気エネルギー変換)の効率を求めた. そして, 電力変換効率と各箇所の効率積の比較を行った. また, 給電効率向上に対する考察を行った.

2. 実験方法

光源には, 青色発光 LED(発光ピーク波長: $\lambda = 468$ nm), 緑色発光 LED($\lambda = 523$ nm), 橙色発光 LED($\lambda = 618$ nm), 赤色発光 LED($\lambda = 632$ nm)を使用した. 各 LED をそれぞれ 1 枚の基板上で 5 直列 5 並列接続し, 入力電流は 50 mA(LED 1 つの駆動電流は 10 mA)に統一した. 受光器には 2 直列シリコン(Si)太陽電池を使用した. Si 太陽電池の受光面積は, 約 3.5 cm \times 6.0 cm である.

これらの光源と受光器を, 図 1 のように 10 cm の距離に配置し, 入力電力に対する出力電力を I-V 特性を用い測定した. この入力・出力電力の比より電力変換効率を算出した.

また, 光源の電気-光エネルギー変換効率は, 各

色 LED について積分球を用いて I-L (電流-光子数) 測定を行い、外部量子効率として算出した。光源受光器間の光伝送は、LED の発光分布測定を通して発光分布効率を求めた。受光器の光-電気エネルギー変換は、太陽電池における発電効率を求めた。

3. 結果

表 1 にシステム全体の入力・出力電力および電力変換効率を示す。また、表 2 に外部量子効率、発光分布効率、発電効率、および、それらの効率積を示す。外部量子効率は、青色発光 LED が 60% を超えており、赤色発光 LED および緑色発光 LED が約 40%、橙色発光 LED が約 25% であった。これは同じ電流量を各 LED に流した際に青色発光 LED の発光強度が最も強いことを示している。発電効率は、橙色光と赤色光を照射した際に高くなった。表 1 と表 2 より、電力変換効率は、外部量子効率、発光分布効率、発電効率の 3 つの効率の積にほぼ一致した。

4. 考察

電力変換効率が外部量子効率、発光分布効率、発電効率の 3 つの効率の積とほぼ一致したことから、外部量子効率、発光分布効率、発電効率の 3 つの要素が支配的となり、電力変換効率が得られていることを確認した。また、この 3 つの要素の中で特に発電効率の低さが顕著であることを確認した。

今回製作した OWPT システムでは、高い外部量子効率に起因して、青色発光 LED を光源としたときに最も高くなった。一方で、同 LED を光源とした時の発電効率は、橙色 LED や赤色 LED を光源とした時と比較して低くなった。これは太陽電池に吸収される各波長の分光感度特性により説明できる。

以上のことから、発電効率向上が OWPT システム全体の効率向上、ならびに、OWPT 実用化に重要であることが確認できる。特に、青色発光光源に対し高い感度を有する、発電効率の高い受光器の実現が望まれることを確認した。

5. 結論

光源に可視光領域の LED を、受光器に Si 太陽電池を用いて、OWPT システムの効率を検討した。

OWPT システムの効率には、LED の外部量子効率、発光強度に対する受光効率、および太陽電池の発電効率に関係していることがわかった。今回の実験により、現状、OWPT の給電効率は太陽電池の発電効率に大きく依存していることを確認し、高給電効率の OWPT を実現させるには、光源の波長に対応できる受光器の製作が必要であることを明らかにした。

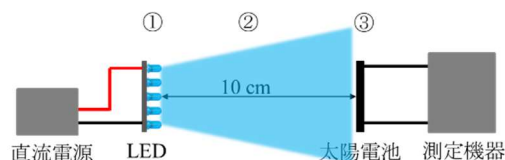


図 1 システム構成

表 1 Si 太陽電池 I-V 測定結果

系全体	入力Pin [mW]	出力Pout [mW]	電力変換効率[%]
青色LED	670	17	2.6
緑色LED	645	10	1.6
橙色LED	470	7.5	1.6
赤色LED	470	8.6	1.8

表 2 Si 太陽電池各効率

各効率	外部量子効率 [%]	発光分布効率 [%]	発電効率 [%]	3つの効率積 [%]
青色LED	61	53	8.1	2.6
緑色LED	39	58	7.7	1.7
橙色LED	25	47	13	1.5
赤色LED	39	41	11	1.8

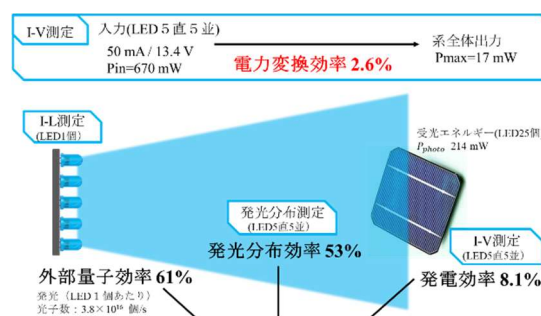


図 2 効率の算出方法

6. 参考文献

[1]宮本智之,“光無線給電への期待-光技術の応用範囲を拡げられるか-”,O Plus E,40(2), 132-139, Feb.2018
 [2]宮島晋介,“光無線給電の受光器技術”,O Plus E,40(2),140-144, Feb.2018