

## 光無線給電における光波長選択に関する考察

### Consideration of Wavelength of Light in Optical Wireless Power Transmission

東工大未来研 ○宮本 智之

FIRST, Tokyo Tech, °Tomoyuki Miyamoto

E-mail: tmiyamot@pi.titech.ac.jp

#### 1. はじめに

光無線給電は既存無線給電方式に比べて、小型・高出力・数 m 以上の長距離給電・ビーム外の人体熱作用無・EMI 無、などの特徴が期待され、情報端末や IoT の他、家電製品・産業機器・移動装置などへの応用に有望である。光無線給電は、その機能からシステムの電力伝送効率が重要だが、これは光源と受光デバイスの電力変換効率の積により上限が決まる。光源側は、受光側の量子損失低減のためにスペクトルが狭い LED・LD が適当である。受光側は、光源波長に近いバンドギャップ ( $E_g$ ) の太陽電池を用いることを想定する。今回、このような光源・受光デバイスを用いるときの、主に効率の点から光無線給電に有効な光の波長帯を考察した。

#### 2. 受光デバイスの波長選択方針

受光デバイスの効率は、量子効率のみを考慮する信号受光用 PD と異なり、出力電圧も重要となる。出力電圧はほぼ  $E_g$  相当になるが、より詳細に材料、光強度などに対する特性を明らかにする必要がある。今回、太陽電池の  $E_g$  と開放電圧  $V_{oc}$  の関係を理論解析した。電流-電圧特性は、W. Shockley and H. J. Queisser の平衡の式[1]を見直した伊賀・波多腰らの式[2]を用い、これを一般化するために、物性値を近似的に表現して解析した。なお、量子効率は 1 を仮定し、光強度は  $E_g=1\text{eV}$  で  $0.3\text{A}/\text{cm}^2$  (AM1.5 の Si セルの 10 倍相当) を仮定した。 $E_g$  に対する  $V_{oc}/E_g$  比を Fig.1 に示す。吸収膜厚の違いの他に、Si, GaAs, GaN, InAs の物性値の解析結果を示している。結果より、 $V_{oc}$  は  $E_g$  にほぼ線形に変化するが、 $E_g$  より 0.3-0.6V 低い。このため、 $V_{oc}/E_g$  比は  $4\text{eV}>E_g>2\text{eV}$  で飽和して 0.8-0.9 となり、 $E_g<1\text{eV}$  で急速に低下する。よって  $E_g>2\text{eV}$  の利用が受光デバイスの効率向上に重要である。

#### 3. 光源デバイスの波長選択方針

光源デバイスの効率は、波長は本質的に影響しないが、Fig.2 に示すように、現時点で波長 0.8-1.0 $\mu\text{m}$  (1.2-1.5eV) の GaAs 系 LD の効率が  $>70\%$  と高い。この波長帯は、優れた性能を達成している Si 系太陽電池に整合するため、現時点では GaAs 系 LD と Si 系太陽電池の組み合わせが適する。Si の吸収長  $d$  が厚いため  $V_{oc}/E_g$  比が 0.4-0.5 に制限されるが、この組み合わせでシステム効率 30-35% が期待される。今後、短波長 LD の高効率化が望まれる。なお、短波長 LED は高効率だが低光強度密度が課題である。

#### 4. 他の波長選択方針

受光効率が低くなるものの、可視や紫外 (高光子エネルギー) が課題となる応用では近赤外 ( $>0.8\mu\text{m}$ ) は有用である。また、光無線給電は自由空間にレーザー光を飛ばすので、現行の規制の緩和が行えてもアイセーフ特性は重要であり、波長  $>1.0\mu\text{m}$  のアイセーフ帯は有用と考えられる。

#### 5. まとめ

光無線給電に適した波長帯を考察した。現時点では、GaAs 系光源と Si 太陽電池が適切な選択だが、効率向上には  $>2\text{eV}$  の光子利用が適当なため、広  $E_g$  の光源・受光デバイスの高効率化が重要である。光源効率 85%、受光効率 85% の達成を見込めば、システム効率 70% 以上が期待できる。一方、 $<1\text{eV}$  はアイセーフで有用なため、照射光強度 (密度) 条件などによる効率改善が重要である。

本考察をまとめるにあたり議論いただいた光無線給電検討会委員の皆様に感謝する。

参考文献 [1] W. Shockley and H. J. Queisser, JAP, 32, 510, 1961. [2] 伊賀, 波多腰, O plus E, 38, 771, 2016.

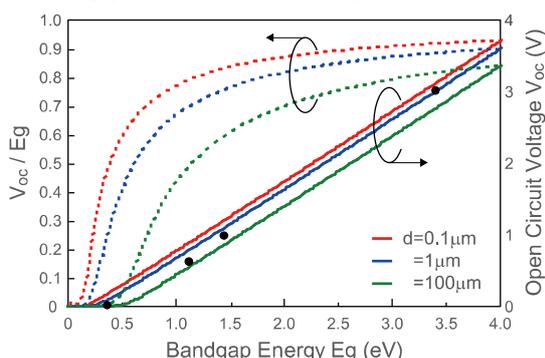


Fig. 1 Calculated efficiency of solar cells for various  $E_g$

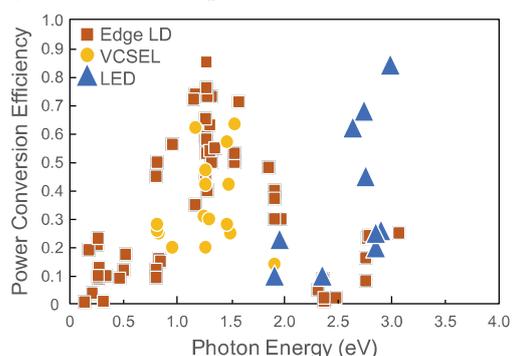


Fig. 2 Reported efficiency of semiconductor lasers/LEDs