

エネルギーシステム・要素論

第四回 電池

平成26年12月9日

太陽エネルギー

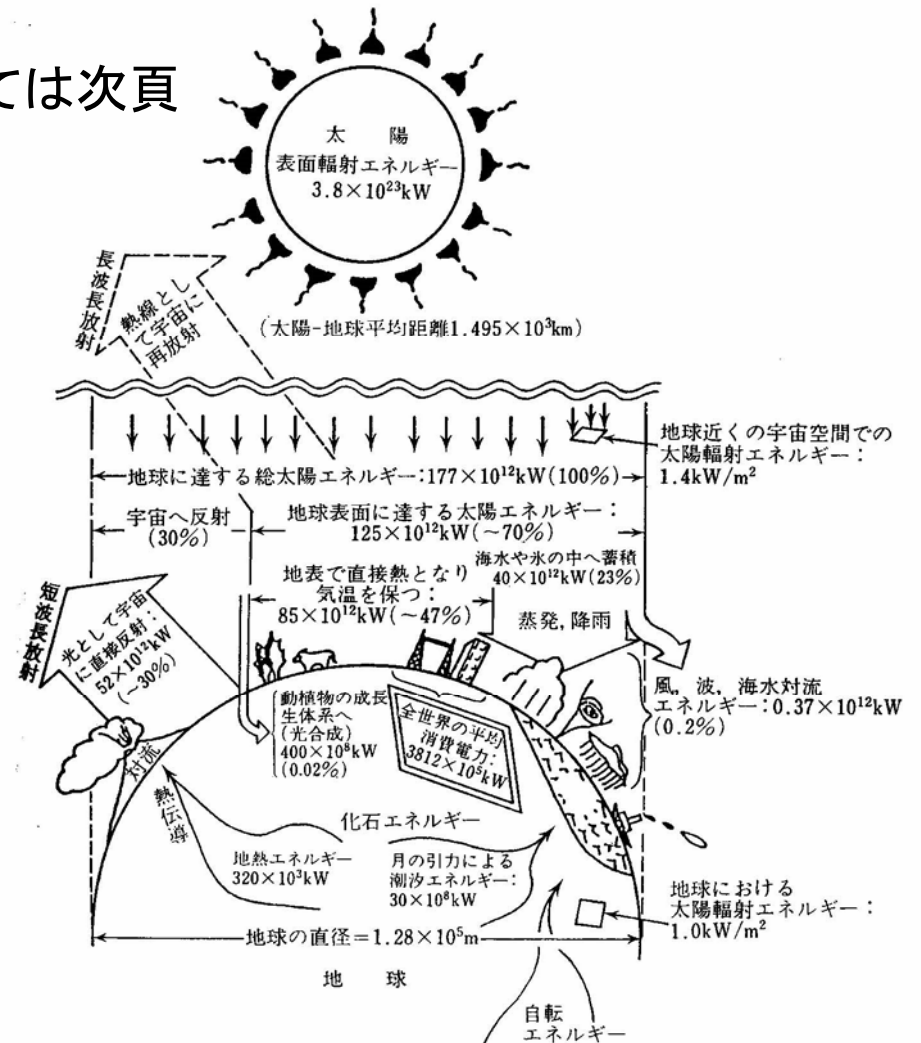
- 太陽表面の輻射: 3.8×10^{23} [kW]
- 太陽と地球の平均距離: 1.495×10^8 [km]
- 地球に達するパワー: 177×10^{12} [kW]

太陽光エネルギー

太陽光エネルギー

AMについては次頁

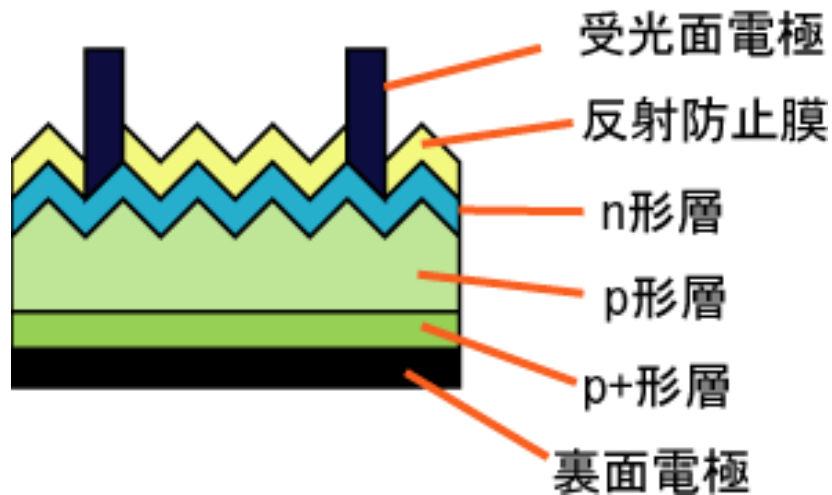
- 大気圏外 (AM-0) (人工衛星)
約 1.4 kW/m^2 (140 mW/cm^2)
太陽定数
- 春分・秋分赤道直下南中時の地上表面 (AM-1)
約 1.0 kW/m^2 (100 mW/cm^2)
 - 大気圏中のオゾン (O_3) が紫外線・可視光線を吸収
 - 酸素 (O_2) と水 (H_2O) が赤外線を吸収
 - 約 $0.4 \mu\text{m}$ から約 $1.3 \mu\text{m}$ の可視光線と赤外線のエネルギーが大きい



エアマス (AM)

- 地球大気に入射した太陽光直達光が通過した路程の長さ。
標準状態の大気圧 (標準気圧: 1013hPa) に垂直に入射した太陽直達光が地表に至るまでに通過した路程の長さをAM1.0として、それに対する倍率で表す。
- エアマスが4以下の場合、次の式で表す。
 - $AM = (b / b_0) \times \sec(Z) = b / (b_0 \times \cos(Z))$
ただし, b_0 : 標準気圧 (hPa)
 b : 測定時の気圧 (hPa)
 Z : 太陽の天頂角 (度)

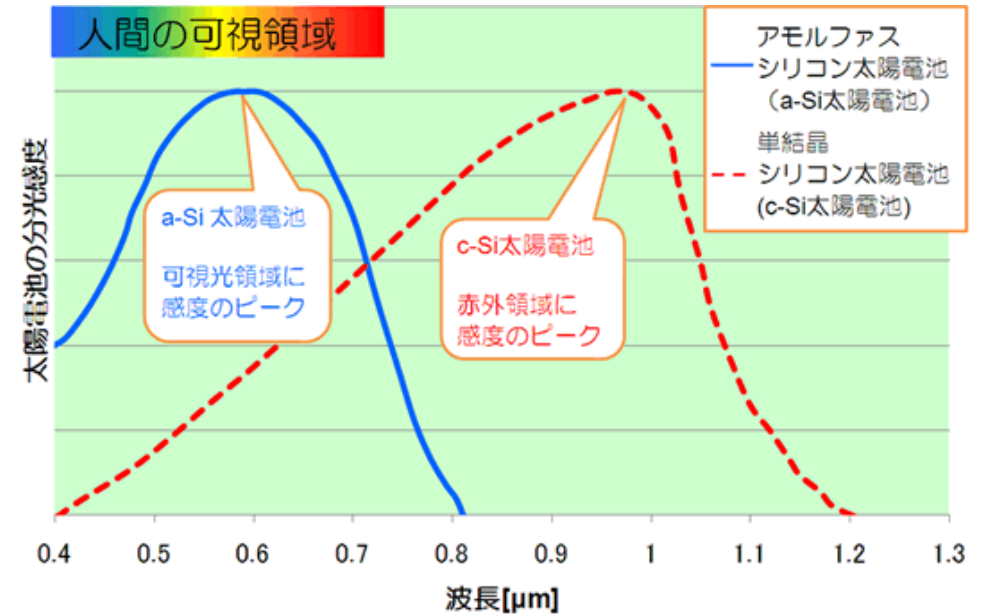
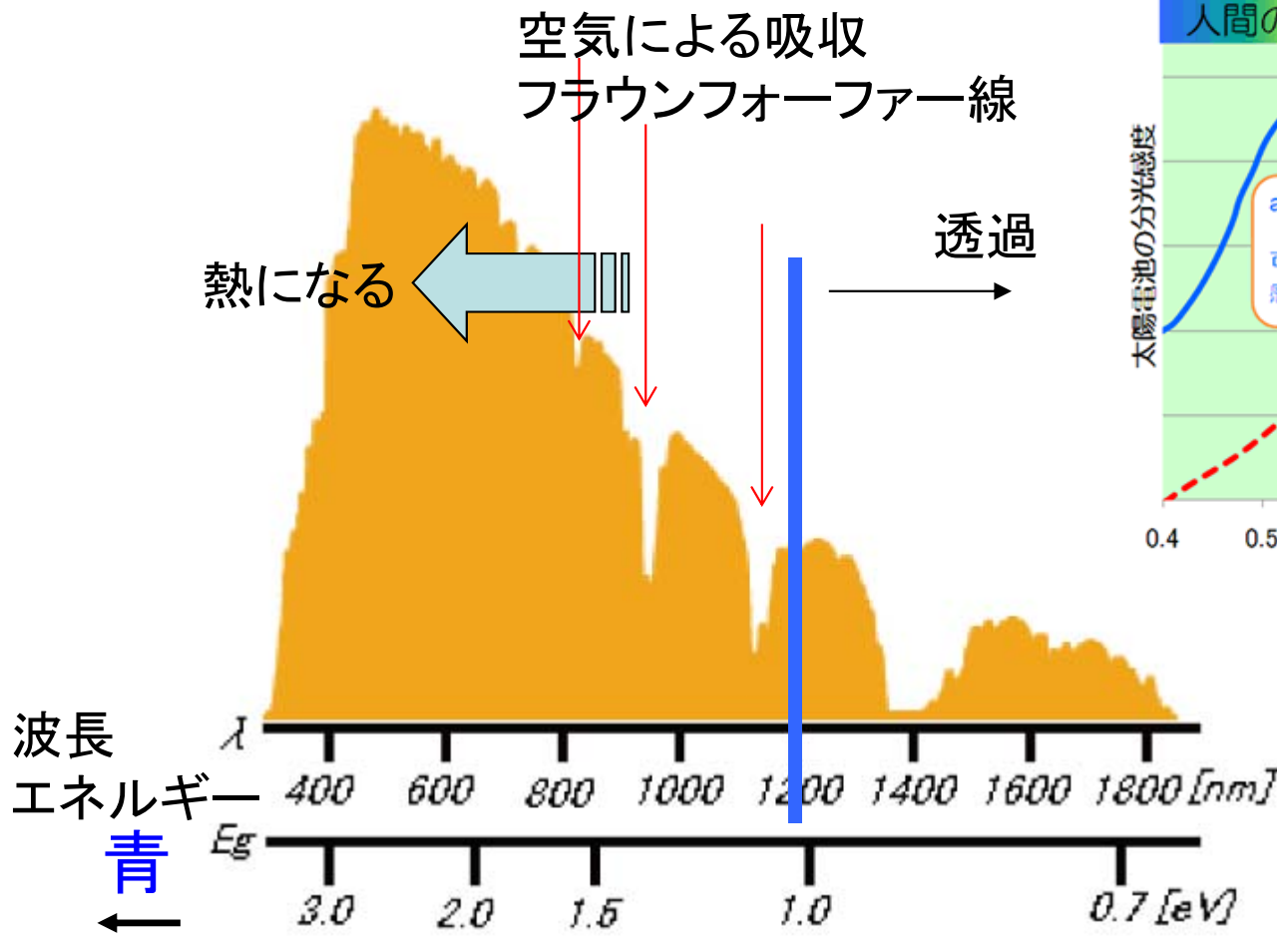
太陽電池の構造と動作原理



1. 光が半導体にあたる
2. 「+」と「-」の電荷が発生
3. P型半導体に「+」電荷が集まる
4. N型半導体に「-」電荷が集まる
5. 「+」電極となった「P型半導体」、
「-」電極となった「N型半導体」
に電線と負荷をつなぐと電流が流れる

色素増感形は、二酸化チタンに吸着した色素中の電子を励起

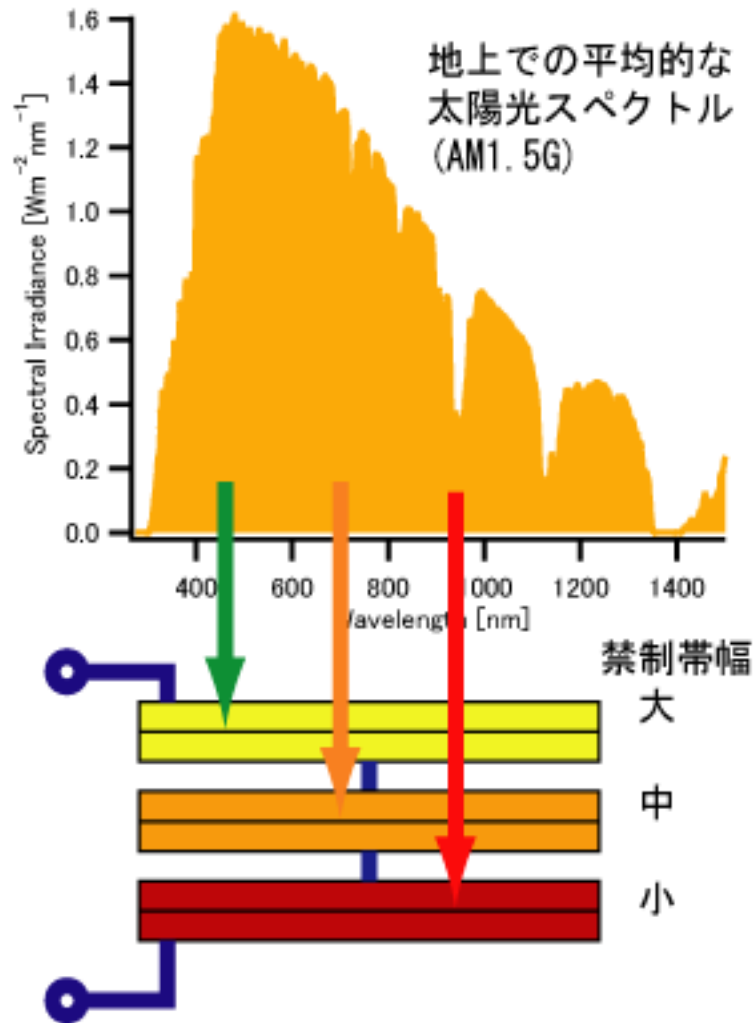
太陽電池の効率(最大30%)



太陽電池の感度

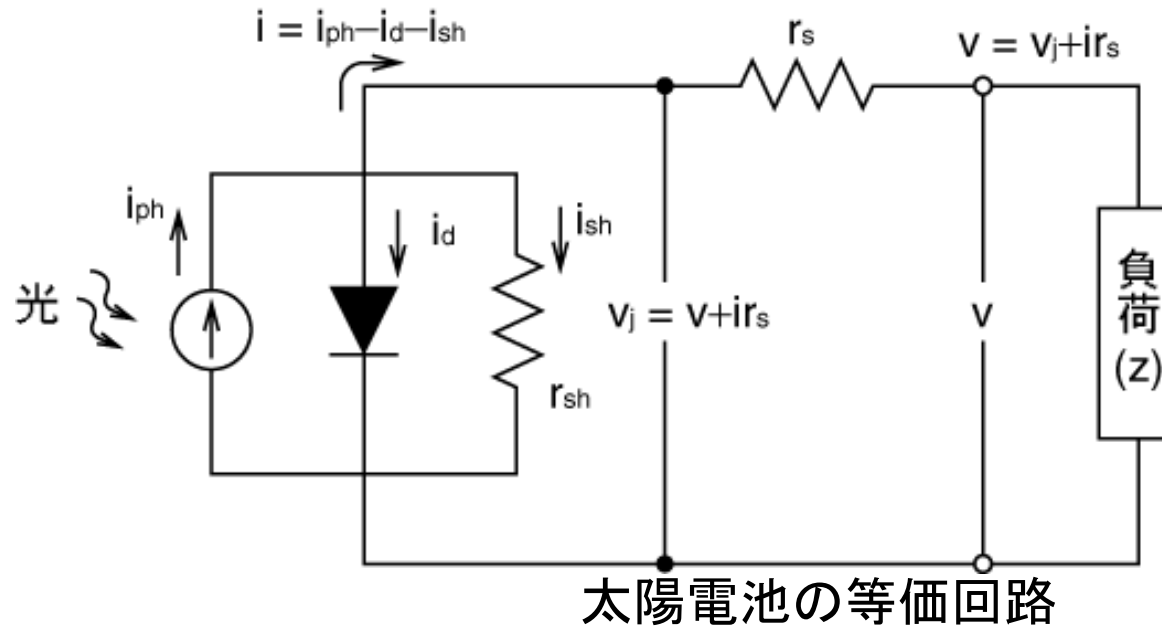
太陽光のスペクトル分布

多接合太陽電池(効率50%以上)



- ・ 種類の異なる半導体を積み重ねる
 - GaInP/GaAs/Ge等
 - 順番を間違えると効果なし
 - スタック型、積層型、タンデム型とも呼ぶ
 - 理論的変換効率約86%(接合数無限大)

太陽電池の性能評価



i_{ph} は短絡電流に相当
 直列抵抗
 半導体層の抵抗
 電極の抵抗
 並列抵抗
 太陽電池の漏れ電流
 電極の絶縁性

飽和電流 i_o
 ダイオード因子 n_d
 ボルツマン定数 k
 接合部温度 T_b
 単位電荷 q
 接合部電圧 v_j
 漏れ抵抗 r_{sh}

ダイオード電流 i_d

$$i_d = i_o \left\{ \exp\left(\frac{q v_j}{n_d k T_b}\right) - 1 \right\}$$

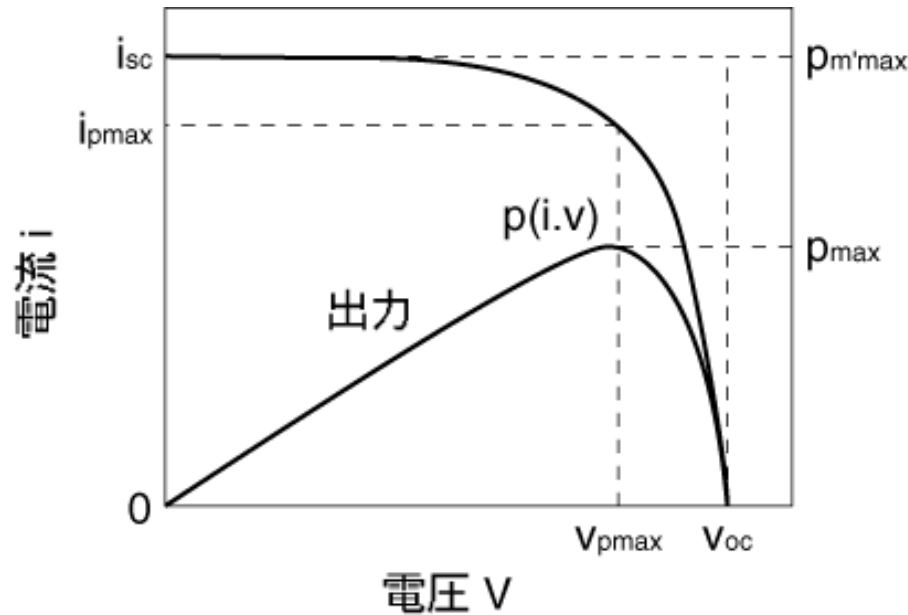
漏れ電流 i_{sh}

$$i_{sh} = \frac{v_j}{r_{sh}}$$

出力電流

$$i = i_{ph} - i_d - i_{sh} = i_{ph} - i_o \left\{ \exp\left(\frac{q(v + i r_s)}{n_d k T_b}\right) - 1 \right\} - \frac{v + i r_s}{r_{sh}}$$

太陽電池の性能評価



太陽電池の出力電圧・電流特性

$$V_{max} \neq V_{oc}, I_{max} \neq I_{sc}$$

最大出力電力 $P_{max} = V_{oc} I_{sc} FF$

曲線因子 $FF = \frac{P_{max}}{V_{oc} I_{sc}}$

開放電圧 $V_{oc} \Rightarrow i=0 \Rightarrow V_{oc} = V_{joc}$

$$0 = i_{ph} - i_d - i_{sh}$$

$$= i_{ph} - i_o \left\{ \exp\left(\frac{qV_{joc}}{n_d k T_b}\right) - 1 \right\} - \frac{V_{joc}}{r_{sh}}$$

短絡電流 $I_{sc} \Rightarrow v = v_{jsc} - I_{sc} r_s = 0$

$$V_{jsc} = I_{shsc} r_{sh} \quad I_{shsc} = \frac{r_s}{r_{sh}} I_{sc}$$

$$r_s I_{sc} = V_{jsc}$$

$$I_{sc} = i_{ph} - i_o \left\{ \exp\left(\frac{q r_s I_{sc}}{n_d k T_b}\right) - 1 \right\} - \frac{r_s}{r_{sh}} I_{sc}$$

太陽電池の温度特性

- 高温において禁制帯幅（バンドギャップ：シリコンでは 1.2eV ）が減少する
- 結晶系では 1°C 温度が上昇すると約 0.4% 低下
 - 70°C において基準温度（ 25°C ）に対して約2割の出力低下

