

実習 B 材料工学

三軒家 佑將

1 実習の目的

簡単な Si デバイス（太陽電池）の作製を通じて、Si デバイスの作製方法について理解を深める。
また、太陽電池・LED の動作特性について理解を深める。

2 バイポーラ集積回路について

太陽電池の作製プロセスを図にすると図 1 のようになる。
図の説明は以下のようである。

- ①→② Si 基盤を熱酸化し、酸化膜を作成
- ②→③ フォトリソグラフィを行い、図のようにフォトレジストを作成する
- ③→④ エッチングを行い、酸化膜を剥がす
- ④→⑤ フォトレジストを除去する
- ⑤→⑥ 上面にリン拡散源を、下面にホウ素拡散源を塗布する
- ⑥→⑦ 熱拡散を行い、 $n^+ - \text{Si}$ と $p^+ - \text{Si}$ を形成する
- ⑦→⑧ SiO_2 を除去する
- ⑧→⑨ 電極を形成

3 実験で行った内容、条件

3.1 太陽電池の作製

前節のプロセスに従って、太陽電池を作製した。その際の条件について以下に示す。

Si 基盤として用いたのは、p 型 Si ウェーハから切断した $12\text{mm} \times 12\text{mm}$ の正方形、厚さ $250\mu\text{m}$ の小片である。

熱酸化膜形成については、 $1100^\circ\text{C} \cdot 90$ 分のドライ加熱を行った。

フォトリソグラフィに際しては、

1. プリベーク 90°C 90 秒

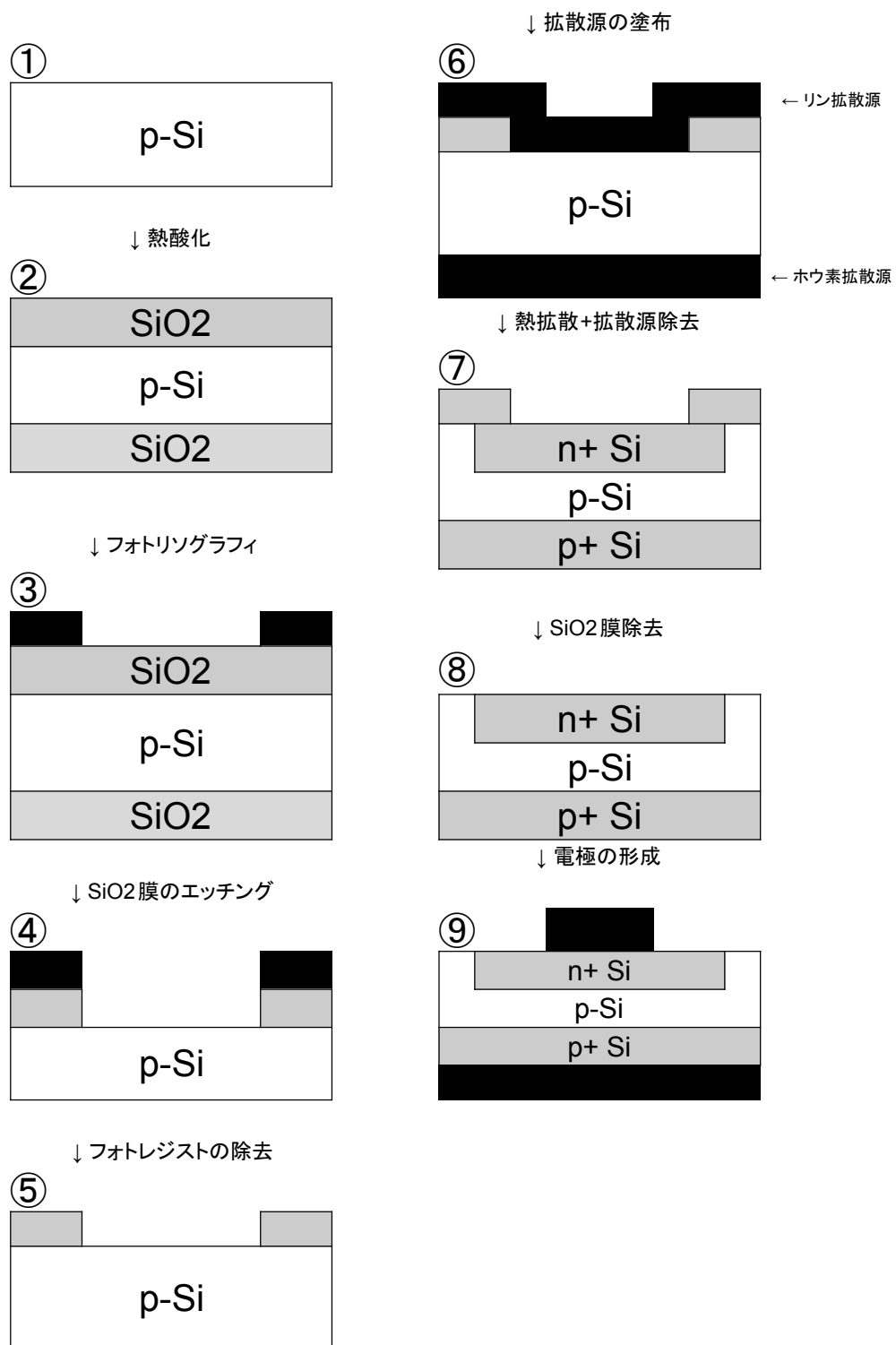


図1 太陽電池の作製プロセス

2. 露光 40 秒
3. 反転ベーク 120 °C 90 秒
4. 露光 180 秒
5. 現像 90 秒
6. ポストベーク 120 °C 30 秒

の順番で行った。また、スコンピータは 4000rpm で 30 秒動作させ、現像の際のマスクには $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ の正方形のものをを用いた。

拡散源塗布の際には、拡散源を塗布した後に、120 °C 3 分のベークを行った。

熱拡散は、900 °C 3 分のベークを行った。

電極形成の際には、手法としては真空蒸着を、電極用の金属としては Al をを用いた。また、表面のマスクには葉脈上のものを、裏面のマスクとしては正方形のものをを用いた。

また、出来上がった太陽電池には、導電性ペーストを用いて、裏面には電子回路基板の金属部分を接着し、表面には細い導線を接着した。

3.2 太陽電池の特性測定

以下の回路（図 2, 図 3）を用いて太陽電池の特性を測定した。暗所での特性は図 2 を用いて、電灯で照らしたときの特性は図 2 をを用いた。電灯で照らしたときの特性については、電灯の高さが、5cm, 15cm, 25cm の 3 つの場合について特性を調べた。

3.3 LED の特性測定

図 2 と同様の回路を用いて、市販の赤・黄・緑・青・白色の LED の特性を測定した。

4 実験結果

4.1 太陽電池の作製

（割愛）

4.2 太陽電池の特性測定

班員 4 名の太陽電池について、それぞれ V-I 特性をグラフにしたのが図 4～図 7 である。

4.3 LED の特性測定

五色の LED について、V-I 特性をグラフにしたのが図 8 である。

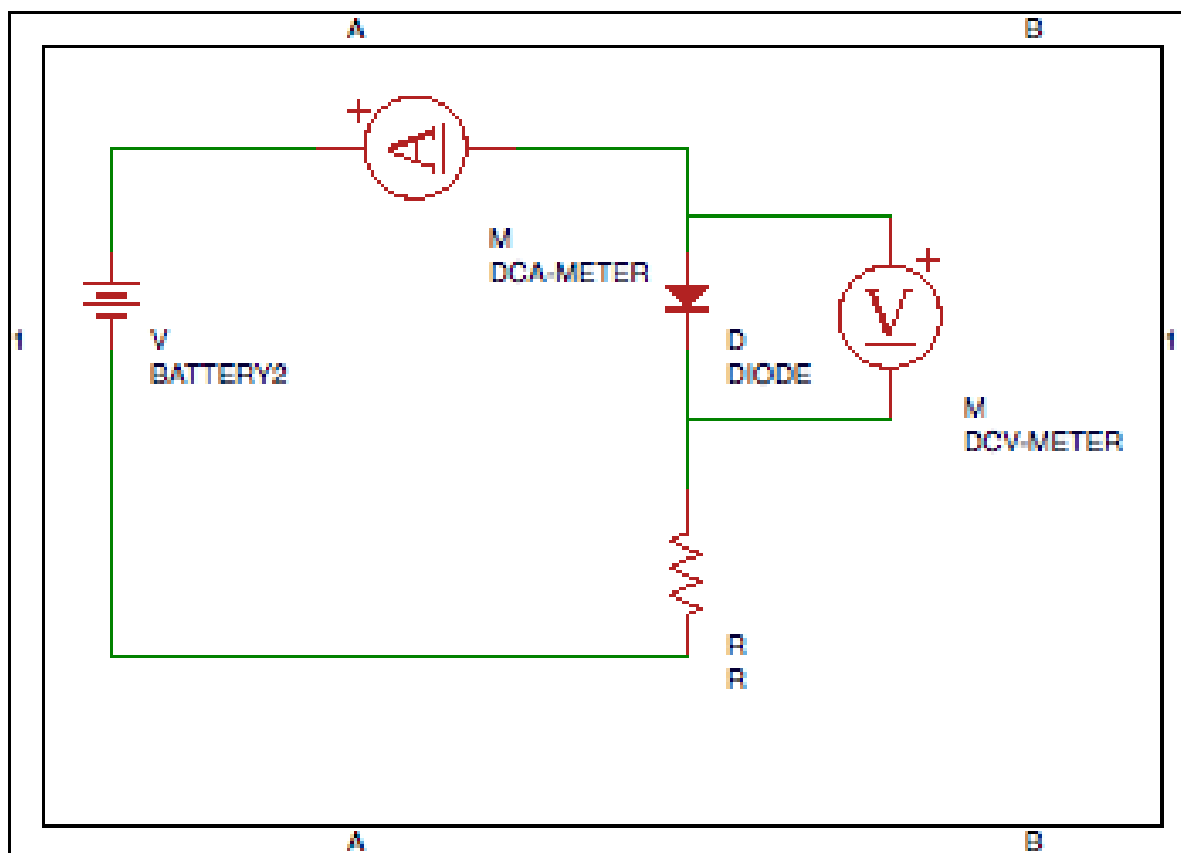


図 2 暗所の測定回路

5 課題 1～3

5.1 課題 1

4.2 の結果を見ると、名倉・三軒家と中川・板野の 2 つのグループに別れていることがわかる。以下では、2 つのグループの代表として、三軒家と中川の太陽電池について考察をすすめる。このような 2 つのグループに分かれてしまったのは、太陽電池の表側の電極が p^+ 領域にはみ出てしまい、ダイオードに平行な抵抗が接続されたような状態になってしまったことが原因と考えられる。太陽電池だけの特性を見るためには、グラフの直線部分から並列抵抗の値を求め、そこに流れる電流値を計算して、実験データの電流値から引けば良いと考えられる。以上のような操作を中川の太陽電池の特性に対して行くと、図 9 のようになる。これを見ると、他方のグループの暗所での特性とよく似た形状のグラフが得られる事がわかる。

図 4 の暗所のデータと、図 9 のデータについて、片対数グラフにプロットすると、図 10・図 11 のようになる。

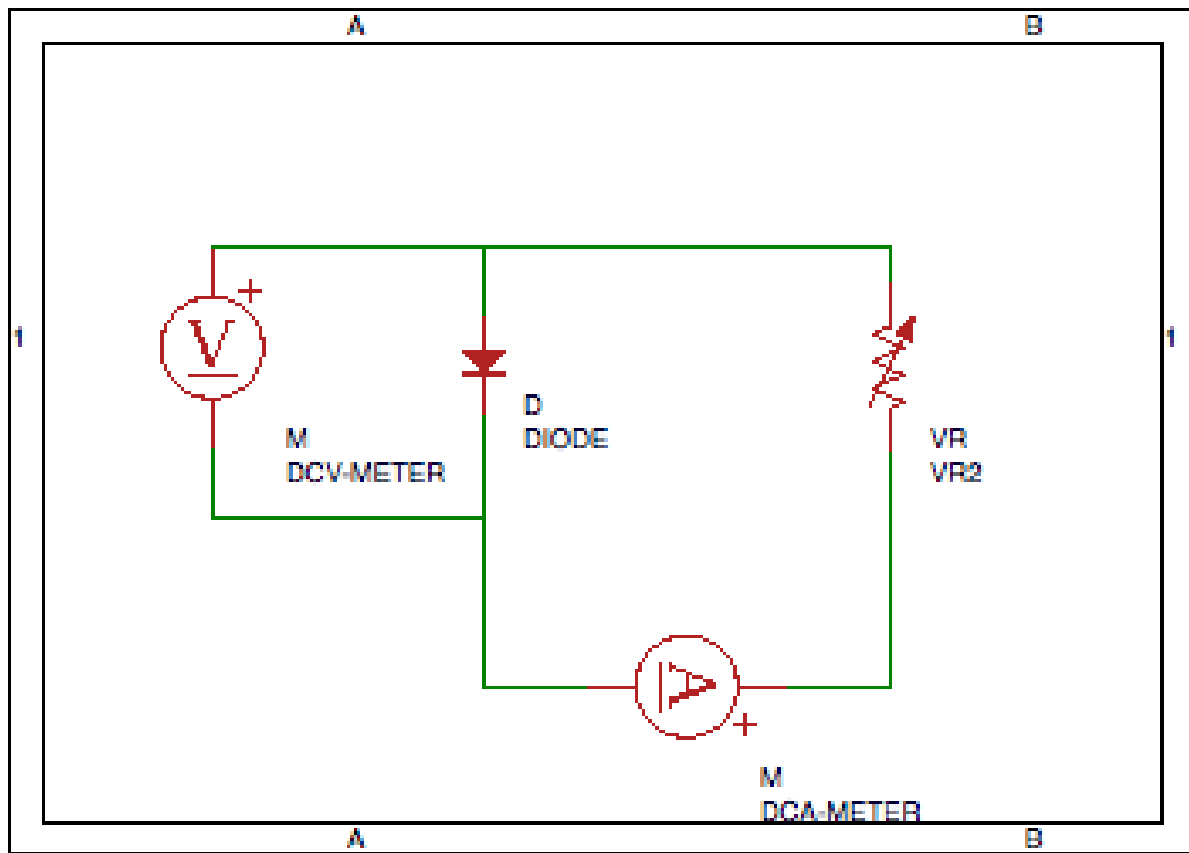


図 3 光照射時の測定回路

ダイオードの I-V 特性は、

$$I = I_0 \left(\exp\left(\frac{eV}{nkT}\right) - 1 \right)$$

のように表され (e: 電気素量, n: 理想ダイオード因子, k: ボルツマン定数, T: 絶対温度)、V があ
る一定の範囲のとき、

$$\begin{aligned} I &\approx I_0 \exp\left(\frac{eV}{nkT}\right) \\ \therefore \log I &\approx \frac{e}{nkT} V + \log I_0 \end{aligned} \quad (1)$$

と近似できる。図 10・図 11 の直線部分が、式 (1) によって近似できるとすると、それぞれ、

$$\text{sangenya} \quad \frac{e}{nkT} = 10.4, \therefore n = 3.72$$

$$\text{nakagawa} \quad \frac{e}{nkT} = 8.06, \therefore n = 4.80$$

となる。I が拡散電流と再結合電流のみによると考えると、n は 1~2 の値になると考えられるの
で、この結果と一致しない。

このことの説明としては、Si 基板中のトラップに一部のキャリアが捕らわれてしまい、電流に寄
与しなくなってしまった、ということが考えられる。ただし、図 10・図 11 の直線部は、外れ値は

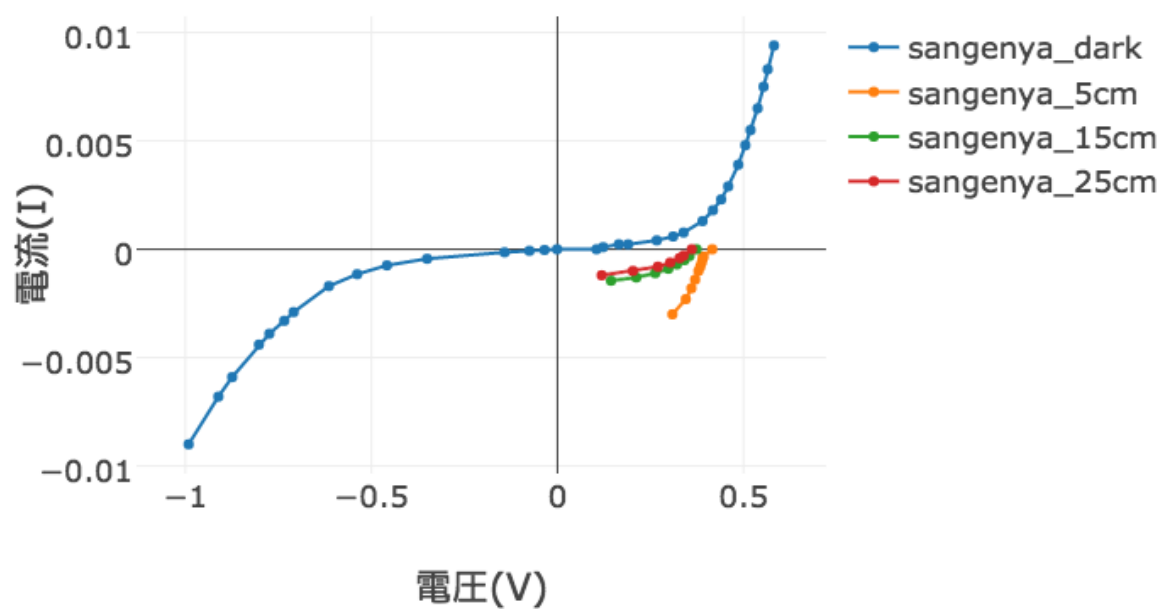


図4 三軒家の太陽電池の特性

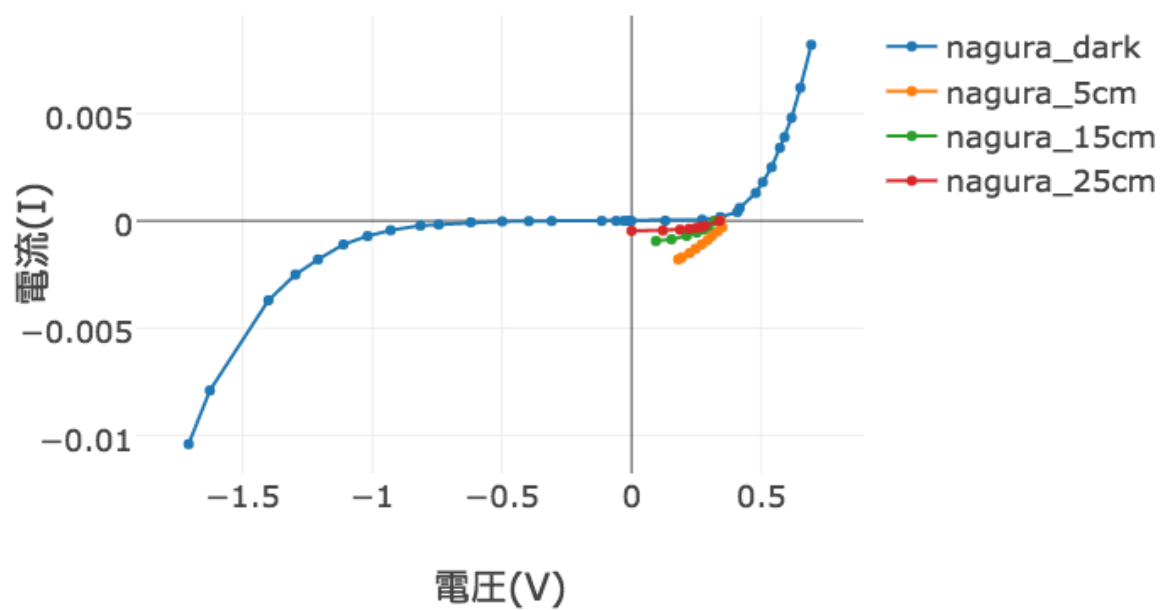


図5 名倉の太陽電池の特性

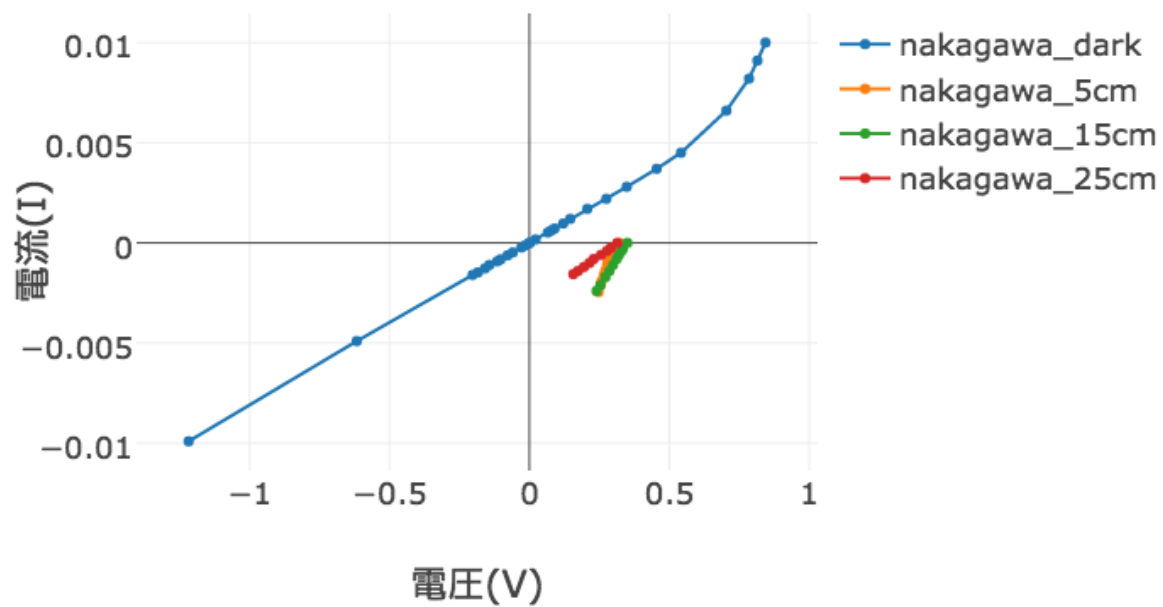


図6 中川の太陽電池の特性

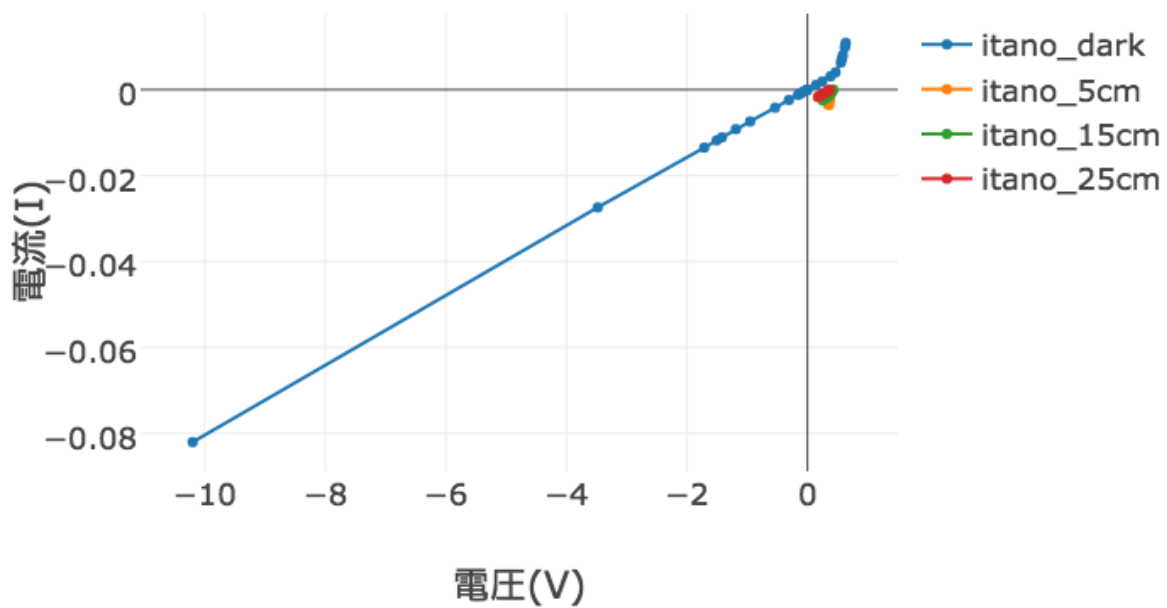


図7 板野の太陽電池の特性

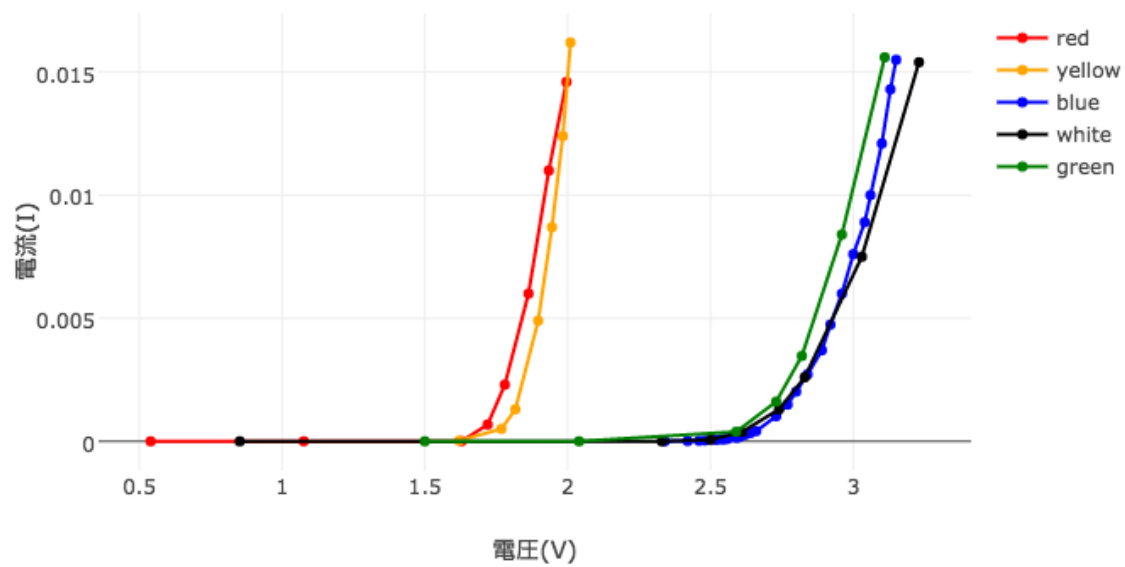


図 8 LED の特性

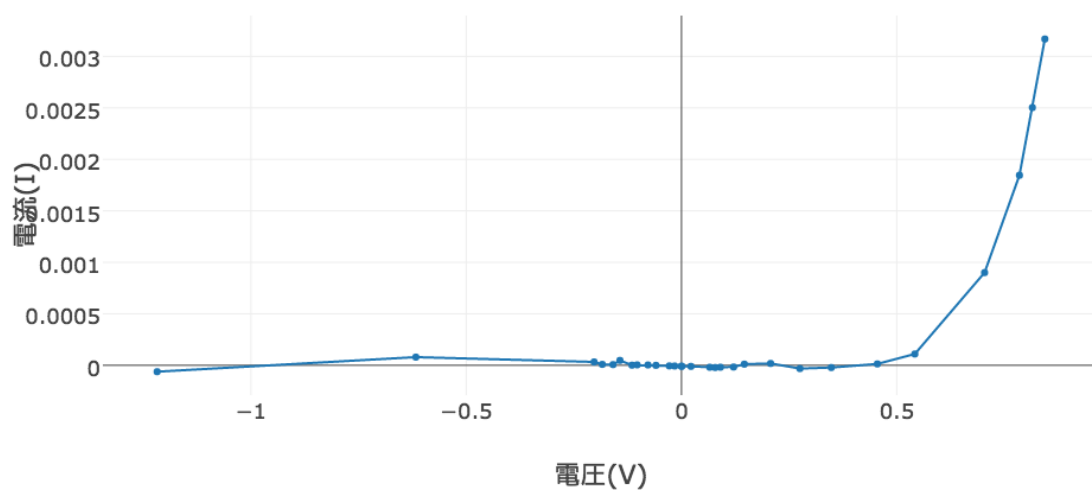


図 9 中川の太陽電池のダイオード部のみの特性（暗所）

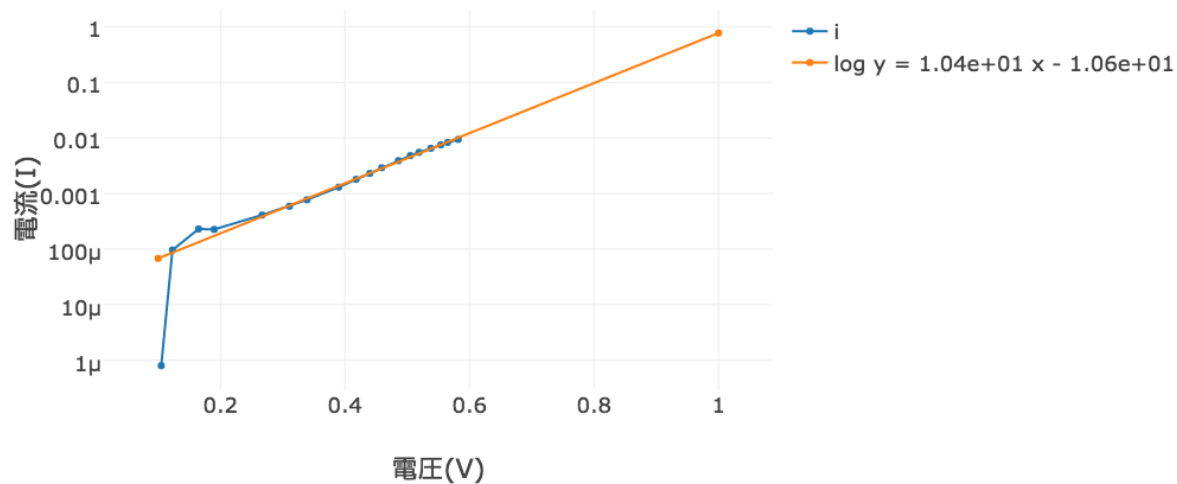


図 10 三軒家の太陽電池の特性 (片対数)

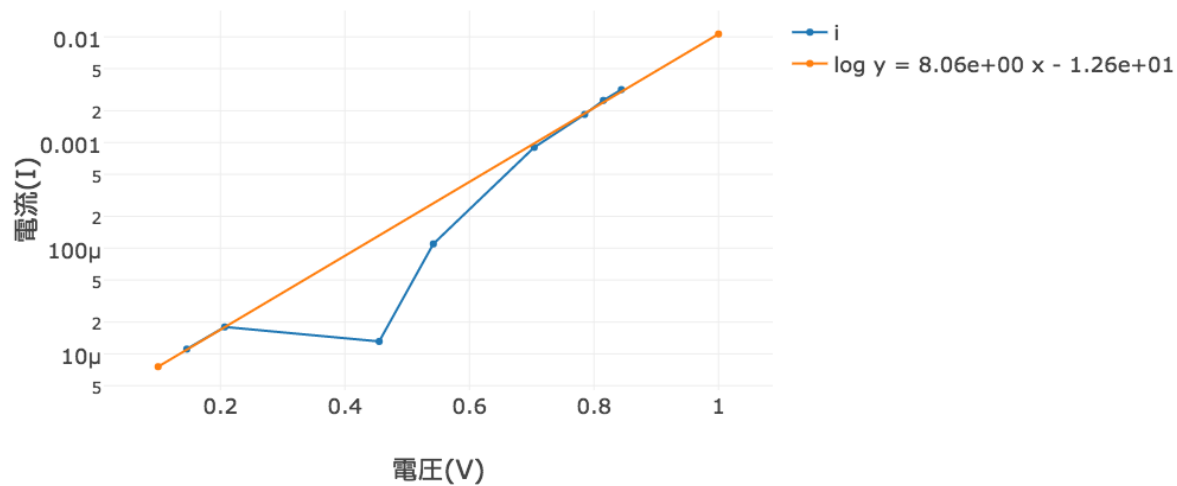


図 11 中川の太陽電池の特性 (片対数)

あるにせよ、きれいな直線になっていることから、トラップの効果も V に対する指数関数で表されることが必要と考えられるが、実際にそうであるのかは調べてもわからなかった。

5.2 課題 2

5.3 課題 3

6 発電コンテンツについて

7 LED について

8 全体に関する考察、感想、提案など