

色素増感太陽電池の酸化チタン膜の厚さを一定にする工夫

Screen to Make Titanium Oxide Film of Dye-Sensitized Solar Cell at the Same Thickness

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

早田 尊

・ Abstract

Dye-sensitized solar cell (DSSC) is easy and inexpensive to make. But it has some problems such as volatility of electrolytes. After a few experiments, the result showed no reproducibility. The purpose of this study is to make DSSC under the same conditions. I made a screen to make titanium oxide films of DSSC and compared DSSC made in new ways with ones in existing ways. I adjusted the ingredient of titanium oxide paste to fit the screen. The result was that even DSSC made in new ways showed various graphs. I consider that even though the looks of titanium oxide film are the same, DSSC using the films have different performances. In conclusion, I could not make DSSC under the same conditions, but DSSC in new way have more stable conditions than ones in existing way.

・ はじめに

色素増感太陽電池はシリコン型太陽電池と比べ製作が容易で安価であり、身近な色素でも発電できるため高校生によっても研究されている。しかし、電解液の揮発など実用化への課題があると知り、より長く使える色素増感太陽電池を作ろうとした。ところが、電池の性能に再現性は見られなかった。

・ 研究目的

先に述べたことから、一定の性能の色素増感太陽電池を作ろうと試みた。そこで、最も再現性が得られない原因となっている酸化チタン膜に着目し、一定の酸化チタン膜を作るためにスクリーンを製作したが、従来の酸化チタンペーストは適さなかった。そこで、スクリーンに合うように酸化チタンペーストに工夫をし、従来の方法と比較した。

・ 研究方法

電池の製作手順は以下の通りである。

- 1 : 導電性ガラスに白金をスパッタリングし、陽極とする。
- 2 : 別の導電性ガラスに酸化チタン膜を焼き付ける。
- 3 : 酸化チタン膜を色素で染色し、陰極とする。
- 4 : 両極の間に電解液を注入し、極を圧着して電池とした。

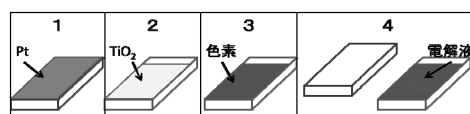


図1 電池の製作手順

・ 酸化チタン膜の製作方法の違い

ここで、今まで使っていた方法を従来法、スクリーンを使う方法を新しい方法とする。

従来法 : IT0 ガラスの表面にテープを貼って区切り、酸化チタンペーストを滴下し、板で延ばす。

新しい方法 : スクリーンの透明な部分はペーストが通るので、その部分にペーストを滴下し、板で延ばす。

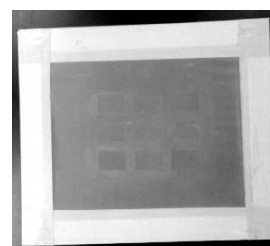


図2 製作したスクリーン

・電池の原理

はじめに、電池に光を照射すると色素が電子を放出する。次に色素から酸化チタンへ電子が移動し、色素が酸化される。電子を失った色素は、やがて電解液中のヨウ素から電子を奪って還元され、ヨウ素は正極から電子を受け取り元に戻る。

右図はペクセル・テクノジーズ株式会社より

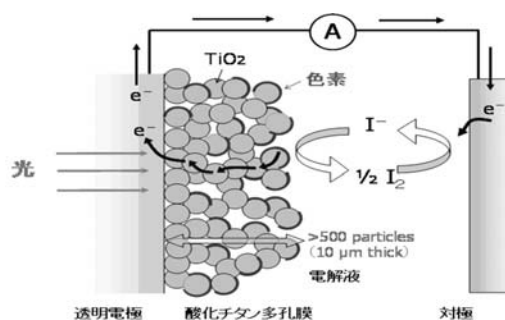


図3 色素増感太陽電池の原理

・電池の評価方法

電池の性能を評価する為に、最大電力値を比較した。電池と可変抵抗、電流計、電圧計を回路につなぎ、抵抗値を変えるごとに電流、電圧値を測定した。電流値と電圧値をプロットしたグラフから近似曲線を導き、Mathematica を用いて最大電力値を求めた。

・実験1 ペーストの改良

スクリーンに合うように、酸化チタンペーストの成分比率を変化させた。

酸化チタン、酢酸、ポリエチレングリコール 4000、グリセリンの成分比を変化させたものを攪拌してペーストを作り、スクリーンで酸化チタン膜が作れるかどうか試した。

電子顕微鏡を用いて、従来法の酸化チタン膜と新しい方法の酸化チタン膜の表面を比較した。

・結果1

酸化チタン、酢酸、ポリエチレングリコール 4000、グリセリンをそれぞれ同質量ずつ混ぜるとペーストがクリーム状になり、スクリーンを使って一定の面積で貼り付けることが出来た。焼き付け前と後で、外見の変化はなかった。別のガラスに同じペーストを張り付けると、見た目は同じ酸化チタン膜が作れた。右図は電子顕微鏡で観察した酸化チタン膜である。従来法は薄く広がっているのに対し、新しい方法は表面に凹凸ができた。

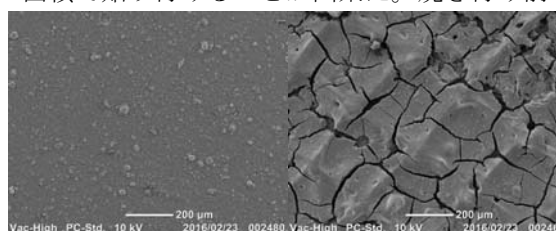


図5 従来法の酸化チタン膜（左）と新しい方法の酸化チタン膜（右）

・実験2

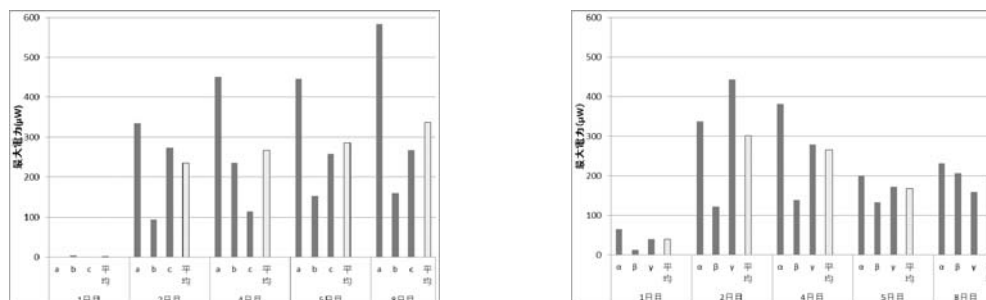
従来法の電池と新しい方法の電池を比較した。

従来法と新しい方法の電池を数種類製作し、最大電力値を測定した。

・研究結果2

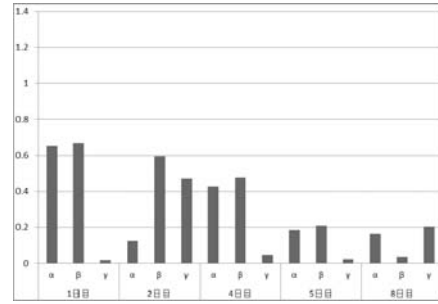
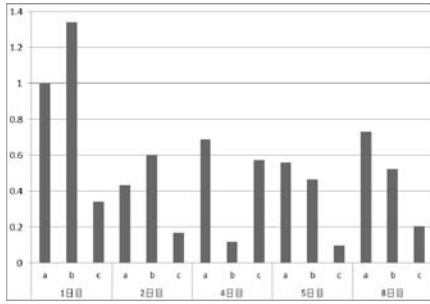
最大電力値を色付き、その日の平均最大電力値を白抜きでグラフに表した。

毎回新たに作った同じ条件の電池で4回実験を行った。

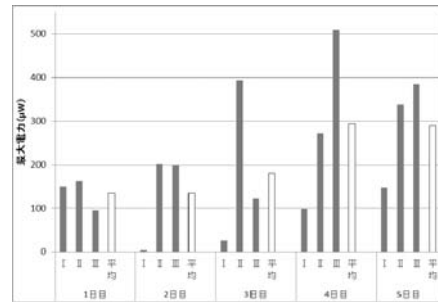
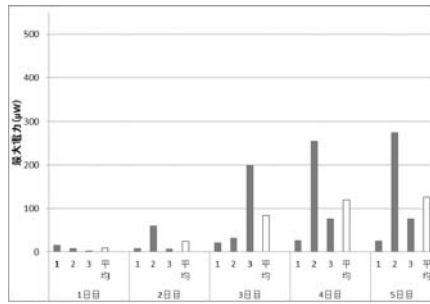


グラフ1 従来法の電池の最大電力値（左）と新しい方法の電池の最大電力値（右） 1回目

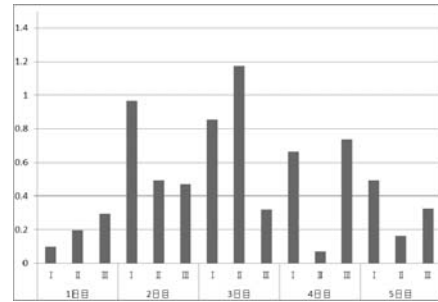
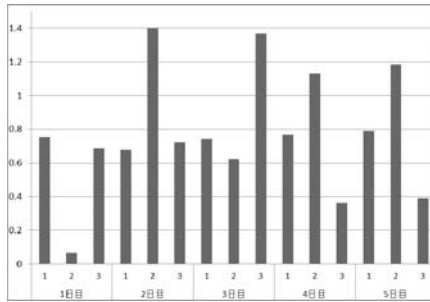
その日の平均値との差を比べるため、平均との差の絶対値を平均値で割ったものをグラフにした。



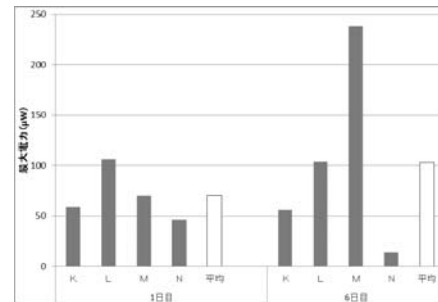
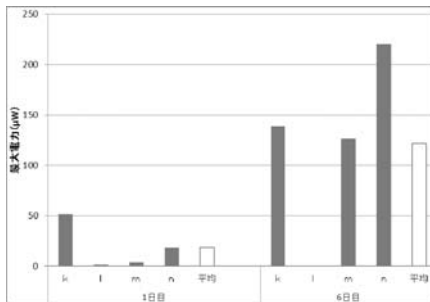
グラフ 2 従来法の電池の最大電力値の平均値との差（左）と新しい方法の電池の最大電力値の平均値との差（右） 1 回目



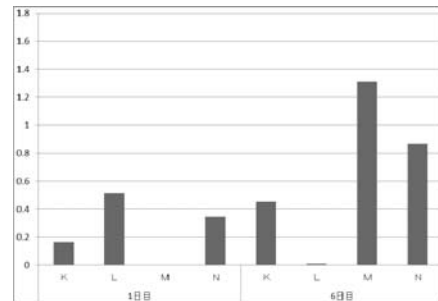
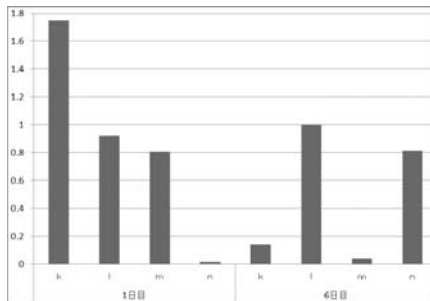
グラフ 3 従来法の電池の最大電力値（左）と新しい方法の電池の最大電力値（右） 2 回目



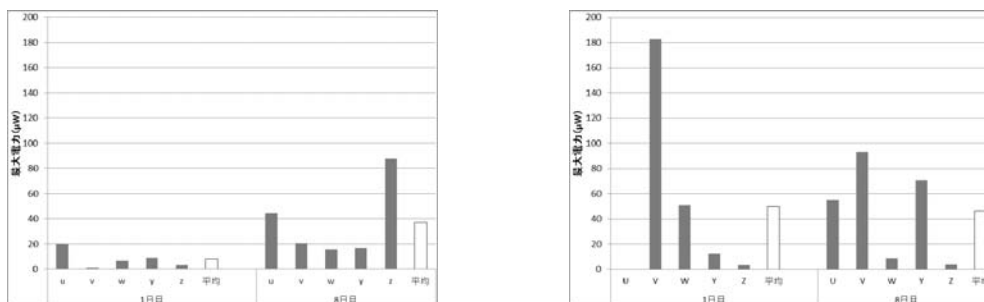
グラフ 4 従来法の電池の最大電力値の平均値との差（左）と新しい方法の電池の最大電力値の平均値との差（右） 2 回目



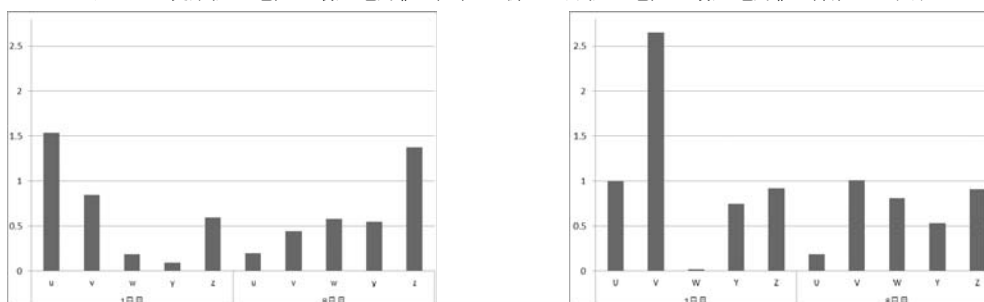
グラフ 5 従来法の電池の最大電力値（左）と新しい方法の電池の最大電力値（右） 3 回目



グラフ 6 従来法の電池の最大電力値の平均値との差（左）と新しい方法の電池の最大電力値の平均値との差（右） 3 回目



グラフ 7 従来法の電池の最大電力値（左）と新しい方法の電池の最大電力値（右） 4 回目



グラフ 8 従来法の電池の最大電力値の平均値との差（左）と新しい方法の電池の最大電力値の平均値との差（右） 4 回目

1、2 回目のグラフでは最終日近くのグラフを比べると、従来法の電池の最大電力値より新しい方法の電池の最大電力値の方が平均値との差が少なくなっている。

・考察

実験 1 から、焼き付け後も酸化チタン膜の見た目が変わらなかったことから一定の厚さの酸化チタン膜を作ることができたと思われる。電子顕微鏡を使った測定から、従来法の酸化チタン膜と新しい方法の酸化チタン膜の表面の様子は異なるので、単純に比較するのではなく同じ方法の酸化チタン膜同士を比べる必要があると分かった。ちなみに表面の様子の差はペーストをクリーム状にすると薄く広がりにくくなるので生じたと思われる。

実験 2 から、新しい方法の酸化チタン膜を使っても一定の条件で電池を作ることとはできなかった。しかし、新しい方法の電池は日経つにつれ最大電力値のばらつきが小さくなったので、従来法よりは安定した性能の電池を作ることができたと思われる。

・結論

スクリーンを使うことで、一定の厚さの酸化チタン膜を作ることができた。

スクリーンで使った膜を使っても電池の性能を一定にすることはできなかったが、従来法よりも安定した性能の電池を作ることができた。

・今後の課題

この実験を繰り返し行い、結論に再現性があるか調べる。

再現性が見られたら、電解液に着目して実験を行いたい。

・使用した色素増感太陽電池キット

品名「花力発電」 西野田電工株式会社

（今回の実験で使った酸化チタンペースト、ハイビスカス粉末、電解液）

・反省感想

私は 2 年近く電池に関する研究をしてきたが、自作の電池は性能が安定せず、思うように研究が進まなかった。高校の範囲では、測定が簡単で再現性のある実験をした方が、より面白い研究ができると思った。