

スクリーン印刷法による色素増感太陽電池の開発

評価技術課 角田龍則 企画管理部 二口友昭 機械電子研究所 寺澤孝志

1. 緒言

太陽光発電はバックアップ電源や非常用の携帯電源として需要がある。その中でも色素増感太陽電池 (DSSC) は、半導体が吸収することができない太陽光に多く含まれる可視光を色素で光増感したものであり、その量産性の高さから次世代の太陽電池として期待されている。シリコン系太陽電池と比べると変換効率では劣るが製造プロセスにおいて優位な点が多く、コスト削減や信頼性の向上などの研究が大学や企業で進められている。本研究では白金が使用されている対向電極に代わる材料として、カーボン材料を採用しスクリーン印刷法で形成した色素増感太陽電池を作製しその評価を行った。

2. 実験方法

カーボンペーストには活性炭素、カーボンファイバー、カーボンブラック、樹脂などを混合したものを使用した。

図1に活性炭素とカーボンファイバーのSEM画像を示す。使用した活性炭素は、表面に数十 nm 程度の襞状構造を持ち比表面積が $2000\text{m}^2/\text{g}$ 程度と通常の活性炭素と比べても非常に大きい。また、触媒作用のパラメータとして重要な活性点を多く持つと考えられる材料である。カーボンファイバーは直径 100nm 長さが $10\mu\text{m}$ 程度の棒状の繊維であり、気相成長法によって作製され導電率が高く、また界面での密着性が良いという特徴がある。

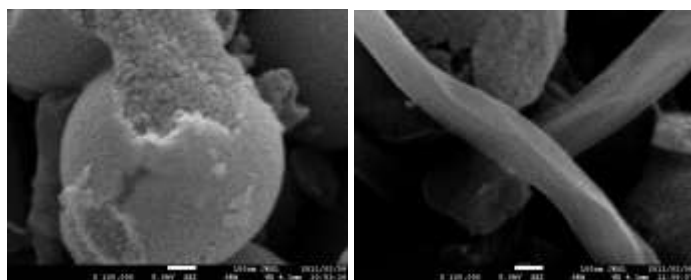


Fig. 1 SEM micrograph of activated carbon and carbon fiber.

カーボンブラックは導電性に優れる材料であり、同様にSEMで確認したところその形状はおよそ一辺が 100nm の粒状であった。

これらと樹脂および有機溶媒を攪拌混合しペーストを作製して、そのペーストを金属基板にスクリーン印刷し 180°C で硬化させた。カーボン膜の抵抗率と比表面積およ

び硬度などを測定した。またそのカーボン膜を色素増感太陽電池の対向電極に使用して I-V 特性を測定した。

3. 結果と考察

表 1 はいくつかの対向電極の抵抗率とそれを用いて作製した太陽電池の変換効率を示す。図 2 はその I-V 曲線である。

Table 1 Sheet resistance and conversion efficiency of DSSC with carbon counter electrodes.

対向電極材料	白金	活性炭素 + カーボン ファイバー	活性炭素 + カーボン ブラック	活性炭素
抵抗率 (Ωcm)	1×10^{-5}	17	42	74
変換効率 (%)	6.5	6.1	5.3	3.2

電極に使用するカーボン系材料の中ではカーボンブラックと活性炭素を混合した場合と比べてカーボンファイバーと活性炭素を混合した場合、より抵抗率が小さくなり変換効率も高くなることを確認した。カーボンブラックとカーボンナノファイバーはそれぞれ 10% 添加した。

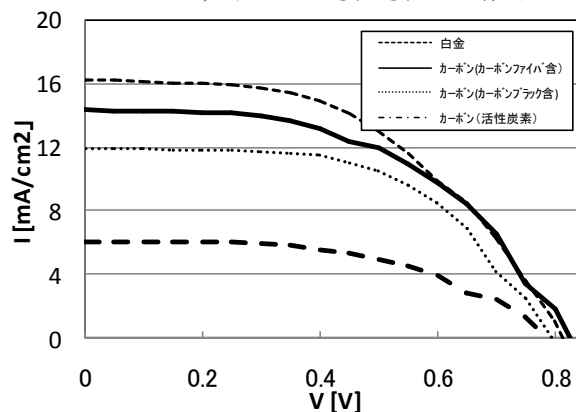


Fig. 2 I-V curves (Platinum and carbon counter electrode).

なお白金対向電極は FTO 膜付ガラス上にスパッタ法で製膜した。

次にもっとも高い変換効率を示したカーボンファイバーと活性炭素の比率を変えて対向電極を作製した。図 3 はその対向電極の SEM 画像を示す。SEM 画像からファイバーを添加していない活性炭素と樹脂のみのは隙間なく活性炭素が繋がった密な構造になっており、ファイバーを添加しているものは活性炭素を繋ぐようにカーボンナノファイバーが付着している。また、ファイバー

の添加量を増やすにしたがって活性炭素間に隙間ができ密度が低下していることがわかる。

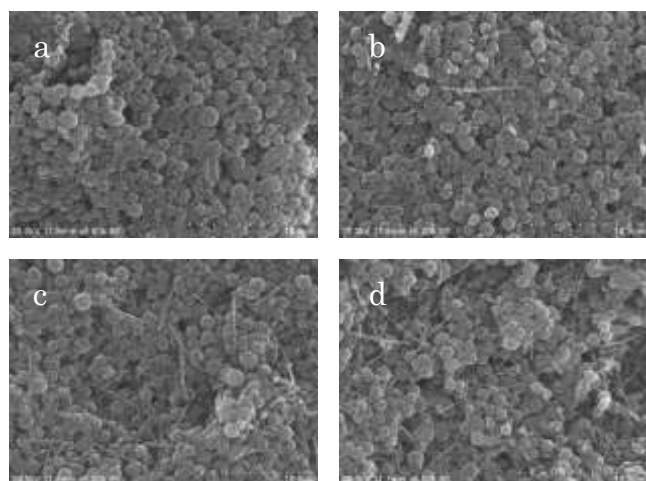


Fig. 3 SEM micrograph of activated carbon with carbon fiber (a:b:c:d = 0 : 5 : 15 : 25%).

ガラス基板上に厚さ 40 μ m 程度の厚膜を作製しテープ剥離試験を行った。図 4 は剥離試験後のサンプル画像である。今回は剥離しやすい条件で行ったためすべての条件で剥離が見られたが、添加量 15%の時最も剥離が少なく比較的高い強度を得られた。

このような、いくつかの異なる形状の材料を混合する構造は、導電ペーストに使用されているフィラーや光電極側の酸化チタン膜に応用した例があり¹⁾、球形の活性炭素に棒状のカーボンナノファイバーを添加することによって導電率や膜強度の向上を確認できた。最後に、成膜したカーボン電極を用いた太陽電池の変換効率を測定した。図 5 は変換効率とカーボンファイバー添加量の関係を示す。変換効率は、添加量 15%の時にもっとも大きな値を示した。これは図 3 の SEM 画像からわかるようにファイバーの添加量を増やすことによって活性炭素が充てんされていない空間ができ密度が小さくなってしまいうため、対向電極の比表面積が減少し抵抗率とトレードオフの関係になった結果であると考えている。

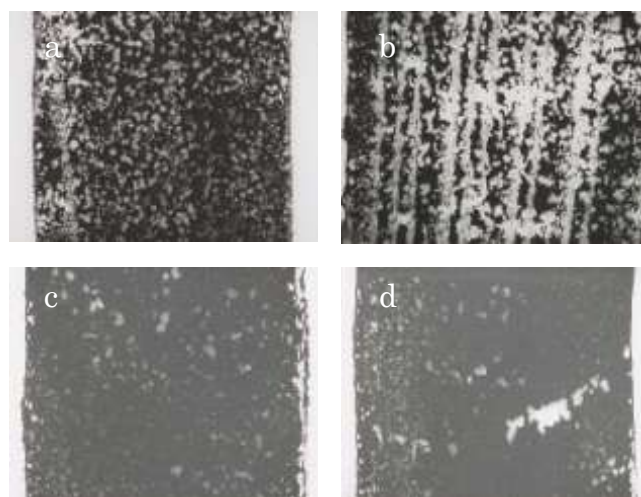


Fig. 4 Micrograph of peeling examination samples of activated carbon with carbon fiber (a:b:c:d = 0 : 5 : 15 : 25%)

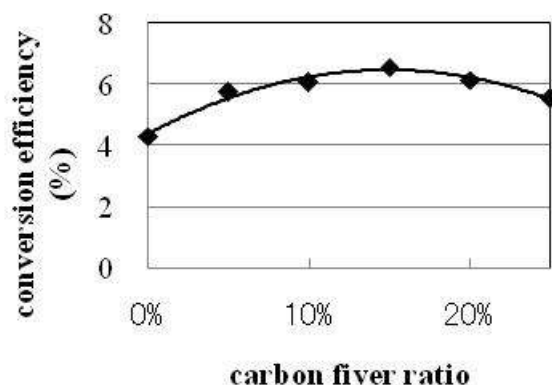


Fig. 5 Relationship between conversion efficiency of carbon counter electrodes and carbon fiber ratio.

4. 結言

以上のような実験結果から、対向電極の材料および構造設計をすることができた。そのカーボン対向電極を用いた太陽電池の変換効率は、白金対向電極のものと比較して9割程度であった。

「参考文献」

- 1) Y. Suzuki : Ceramics 45(2010) No.7, p. 528

キーワード : 色素増感太陽電池、電極、カーボン、スクリーン印刷

Development of the dye-sensitized solar cell with carbon counter electrode by screen-printing

Tatsunori KAKUDA, Takashi Terasawa and Tomoaki FUTAKUCHI

In this study, we try to develop the low cost DSSC by using carbon in substitution for platinum, and by screen-printing method. The counter electrode was formed with the activated carbon, carbon fiber, carbon black and resin. As a result, the carbon electrode conversion efficiency was around 90% in comparison with the platinum.