

平成21年5月25日現在

研究種目：基盤研究 (B)
研究期間：2006～2009
課題番号：18350111
研究課題名 (和文) 多孔質半導体と導電性ポリマー・炭素複合材料を用いる固体光電変換素子の構築
研究課題名 (英文) Construction of solid-state photovoltaic devices with porous semiconductors and conductive polymer/carbon composite materials

研究代表者
宮坂 力 (MIYASAKA TSUTOMU)
桐蔭横浜大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：00350687

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・無機工業材料

キーワード：太陽電池、ナノ材料、電気化学、半導体物性、エネルギー

1. 研究計画の概要

本研究は、新規の固体系光電変換素子の創製を目的とし、①酸化物半導体、②イオン伝導材料、③導電性ポリマー材料、④炭素材料、からなる接合構造と、①～④のいずれかの界面に配置した⑤光吸収体により、高効率の光励起電子移動と光エネルギー変換を実現する方法を開発し、有機・無機ハイブリッド型太陽電池の開発につなげることをねらう。

2. 研究の進捗状況

(1) 有機色素を光吸収体とする固体接合構造 (18年度)

有機色素と酸化チタン多孔膜半導体から成る光発電層に、導電性ポリマーとしてポリアニリン、ポリチオフェンなどを接合した系で光電変換機能 (太陽光エネルギー変換効率 2%以上) を得ることを検証した。

(2) 無機ナノ粒子を光吸収体とする固体接合構造 (19年度)

有機色素に代えて、光吸収の強い無機材料を用いることを検討した。この中で、臭化鉛系のペロブスカイト化合物が酸化チタン半導体の無機増感剤として有効であることがわかり、このナノ結晶を自己組織化によって①と②の界面に形成することによって可視光を高効率でエネルギー変換できることを検証した。

(3) 変換効率の改善 (20年度)

19年度の方法に基づいた効率向上を試み、ペロブスカイト化合物を臭化物からヨウ化物に変えることで、感光波長領域を 600nm から 800nm まで拡張できることを検証した。このナノ結晶の被覆条件を変えることによって、変換効率を 3%以上まで高めることに

成功した。具体的には次の方法によって効率改善を行った。

①ペロブスカイトのスピンコート溶媒を DMF からブチロラクトンに置き換え、自己組織化膜の多孔膜内の均一形成を図った。

②電極基板表面へ逆電子移動をブロックするバッファ層を設置した。

(4) 最終年度へ向けては、下記の実験を計画している

①可視光を 900nm まで吸収するヨウ化鉛系ペロブスカイトの量子ドットを TiO_2 層上の増感剤として用いた効率向上。

②対極の改善として、白金コロイドナノ粒子を金属酸化物ナノ多孔膜表面に担持した薄膜を電子放出材料に用いた高効率化。

③酸化物半導体、有機顔料ナノ粒子、導電性ポリマーのバルクヘテロ接合を発電に用いた新規の有機/無機ハイブリッド系固体光電変換素子の原理構築。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由) 目的の構成に従ったいくつかの光電変換セルを試作し、エネルギー変換特性の評価を終え、その成果を速報論文に出版した。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 今後の研究課題として、創製した固体セルの安定性、耐用寿命が現状では短いため、固体接合界面の密着を強化することによって改善を図る方策である

(2) 計画の変更(追加)

当初、構成要素の1つに炭素材料を計画し

ているが、これを含まない固体接合セルの構築の可能性についても加えて検討する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

(1) A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, T. Miyasaka, “Organometal halide perovskites as visible light sensitizers for photovoltaic cells”, *J. Am. Chem. Soc.*, 131, 6050–6051(2009). 査読有

(2) K.-M. Lee, C.-Y. Hsu, P.-Y. Chen, M. Ikegami, T. Miyasaka, K.-C. Ho, "Highly porous PProDOT-Et2 film as counter electrode for plastic dye-sensitized solar cells", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 18, 3375–3379(2009). 査読有

(3) K. Miyoshi, M. Numao, M. Ikegami, and T. Miyasaka, “Effect of thin TiO₂ buffer layer on the performance of plastic-based dye-sensitized solar cells using indoline dye”, *Electrochemistry*, 76, 158–160(2008). 査読有

(4) T. Muto, M. Ikegami, K. Kobayashi, and T. Miyasaka, “Conductive polymer-based mesoscopic counter-electrodes for plastic dye-sensitized solar cells”, *Chem. Lett.*, **36**, 804–805(2007). 査読有

(5) M. Ikegami, K. Teshima, K. Miyoshi, T. Miyasaka, T.C. Wei, C.C. Wan, Y.Y. Wang “A platinum/titanium bimetallic layer deposited on polymer film as efficient counter electrodes for plastic dye-sensitized solar cells” *Appl. Phys. Lett.*, 90, 153122–153124 (2007). 査読有

[学会発表] (計 15 件)

(1) A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, and T. Miyasaka, “Novel photoelectrochemical cell with mesoscopic electrodes sensitized by lead-halide compounds (11)”, 214th ECS Meeting, 2008 年 10 月 12 日, Honolulu, Hawaii.

(2) 小島陽広, 手島健次郎, 白井靖男, 宮坂力, “ハロゲン化鉛系化合物を可視光増感剤に用いた新規光電気化学セル (10)”, 光化学討論会, 2008 年 9 月 11 日, 大阪府立大学.

(3) 宮坂力, 池田信之, 池上和志, “カーボン材料を用いる固体型フレキシブル色素増感太陽電池”, 日本化学会第 88 春季年会, 2008 年 3 月 26 日, 立教大学.

(4) 小島陽広, 手島健次郎, 白井靖男, 宮坂力, “ハロゲン化鉛系化合物を可視光増感剤に用いた新規光電気化学セル(9)”, 電気化学会第 75 回大会, 2008 年 3 月 29 日, 山梨大学

(5) A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, T.

Miyasaka, “Novel photovoltaic cell with mesoscopic electrodes sensitized by lead-halide compounds (8)”, 17th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-17), 2007 年 12 月 3 日, 福岡.

[図書] (計 2 件)

宮坂力, 手島健次郎, 瓦家正英, 池上和志, 池田信之, 「太陽エネルギー 有効利用最前線」, エヌティーエス出版, p.271–283, 2008 年

池上和志, 宮坂力, 「有機薄膜形成とデバイス応用展開」(大森裕監修), シーエムシー出版, p111–118, 2007 年.

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

特願 2008-048946 (出願日 2007 年 8 月 22 日)

発明の名称: 色素増感型光電変換素子

発明者: 宮坂 力

出願人: 帝人デュポンフィルム(株)、学校法人桐蔭学園

特願 2008-120570 (出願日 2008 年 5 月 2 日)

発明の名称: 色素増感型光電変換素子

発明者: 宮坂 力、池上和志

出願人: ペクセル・テクノロジー(株)、学校法人桐蔭学園

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

本研究の光電変換素子に用いた TiO₂ 多孔膜の成膜技術に関連し、宮坂力、池上和志、手島健次郎の 3 名が、「印刷技術によるプラスチック色素増感太陽電池の開発と教育・啓蒙活動」によって、2008 年度グリーン・サステイナブル・ケミストリー (GSC) 賞の文部科学大臣賞を受賞した (2009 年 3 月 9 日)。