

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18206100

研究課題名 (和文) 表面制御金属ナノ粒子による局所的電場増強を利用した色素増感太陽電池の開発

研究課題名 (英文) Development of dye sensitized solar cells using local electric field reinforcement with surface control metal nano particle

研究代表者

伊原 学 (IHARA MANABU)

東京工業大学・炭素循環エネルギー研究センター・准教授

研究者番号：90270884

研究分野：エネルギー機能材料・デバイス、反応工学・プロセスシステム、エネルギー学  
応用物性・結晶工学、物理化学

科研費の分科・細目：総合工学・エネルギー学

キーワード：solar cell、dye-sensitized、metal nanoparticle、surface plasmon

## 1. 研究計画の概要

本研究では「表面制御金属ナノ粒子による局所的電場増強を利用した色素増感太陽電池」を提案する。金属ナノ粒子を表面修飾し、かつチタニア表面に結合させることで、金属ナノ粒子の局所電場増強効果による光吸収係数の増大を最大限に生かし、色素増感太陽電池の高効率化を目的とする。また、表面修飾によって金属ナノ粒子をコート、かつチタニア-色素-金属ナノ粒子の位置をナノメートルオーダーで制御する。そのなかで表面修飾の種類と効率低下をもたらす逆電子移動過程との関係、および表面修飾と局所電場増強効果による吸光度増大率との関係を調べる。

## 2. 研究の進捗状況

これまで (2006～2009 年度) の研究実績を下記に示す。

①局所電場増強効果に適した、Ag ナノ粒子のサイズおよび表面修飾基を選定した。

② 1 で設計した表面修飾 Ag ナノ粒子を Two-phase arrested growth 法を用いて実際に作成した。

③作成したナノ粒子の表面修飾物を置換す

ることで、粒径が同じで表面修飾物のみ異なるナノ粒子の合成に成功した。

④ 3 までは作製した Ag ナノ粒子を使って「表面制御金属ナノ粒子による局所的電場増強を利用した色素増感太陽電池」を作製し、銀ナノ粒子による変換効率の向上に成功した。

⑤ 4 で作製した「表面制御金属ナノ粒子による局所的電場増強を利用した色素増感太陽電池」の変換効率は表面修飾物の直鎖の長さおよび末端の官能基に依存することが分かった。さらに、効率を決定している要因について検討した

⑥ 銀ナノ粒子による光吸収過程向上効果以外の色素増感太陽電池における電荷移動抵抗への影響を調べるため、当研究室で提案している暗条件下順バイアス印可インピーダンス法によって得られる各円弧の抵抗成分について、各抵抗要因の帰属をおこなった。また、銀ナノ粒子担持前後の各抵抗の変化について検討し、より効率を向上させるための指針について検討した。

⑦ 銀ナノ粒子に変えて、ヨウ素電解液中でも安定な金ナノ粒子を用いたところ、銀ナノ粒子同様、特定の色素の吸光度を増大させることに成功した。

## 3. 現在までの達成度

これまでのところ、

②おおむね順調に進展している。

金属ナノ粒子を用いて実際に色素増感太陽電池の効率向上が実現するかどうかが、最大の課題であったが、実際に効率向上に成功した。また、表面修飾物の依存性も得られ、内部の電荷移動抵抗についての検討も進められており、研究は順調に進展しているといえる。

#### 4. 今後の研究の推進方策

今後は下記のような点について研究を行う予定である。

- ① 金属ナノ粒子の表面プラズモンピークと色素のMLCT吸収波長とを比較し、これまでの銀ナノ粒子以外の金属ナノ粒子と色素を選定する。
- ② 選定した金属ナノ粒子を合成する。
- ③ 石英基板上で、選定した金属ナノ粒子と色素を複合化することによる光吸収スペクトルの変化を調べる。場合によって、修飾物を取り除いた場合の変化も調べる。
- ④ 表面修飾によって金属ナノ粒子をコートしチタニア-色素-金属ナノ粒子の位置をナノメートルオーダーで制御、かつチタニア多孔質膜内部に均一に担持することを目的とし、これまで得られた知見をもとに表面修飾化合物を選定する。
- ⑤ 4で選定した表面修飾物を修飾した金属ナノ粒子を置換法によって作製する。
- ⑥ 作製した金属ナノ粒子を使って色素増感太陽電池を作製し、発電特性の評価を行う。
- ⑦. 金属ナノ粒子近傍の電磁場の状態を、FDTD法を用いてシミュレートする。

#### 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 7 件)

- ① H. Shibuya, Shiho Inoue and M. Ihara, Evaluation of dye-sensitized solar cells using forward bias applied impedance spectroscopy under dark, ECS Transactions, in Press, 2009, 査読有
- ② T. Inoue, S. Terasawa and M. Ihara, Control of the crystal phase in Fe/Si films by using thin film zone melting Crystallization, ECS Transactions, in Press, 2009, 査読有
- ③ S. Terasawa, T. Inoue and M. Ihara, Fabrication of  $\beta$ -FeSi<sub>2</sub>/Si composite films for photovoltaic applications by using scanning annealing, Solar Energy Materials & Solar Cells, 93, 215-221, 2009, 査読有

④ Ito, K. Oryu, H. Shibuya and M. Ihara, Dye-Sensitized Solar Cell using localized surface Plasmon of Ag nanoparticles with different modulators, Technical digest of 17th International Photovoltaic Science, 05, 6P-P5, 2007, 査読無

⑤ 伊原学, 金属ナノ粒子の局在表面プラズモンを利用した色素増感太陽電池の開発, 化学工学, 7月号, 434 - 439, 2007, 査読無

[学会発表] (計 35 件)

① Noya Loew, 渋谷秀志, 田中佑宜, 伊原学, 表面プラズモンを利用した色素増感太陽電池におけるチタニアと金属ナノ粒子の距離制御, 化学工学会第 74 年会, 2009 年 3 月 18 日, 横浜国立大学

② Hideshi Shibuya, Shiho Inoue and M. Ihara, Evaluation of dye-sensitized solar cells using forward bias applied impedance spectroscopy under dark, ECS PRIME 2008 電気化学日米合同大会, 2008 年 10 月 13 日, ヒルトン・ハワイアンビレッジビーチリゾートアンドスパ

③ 伊原学, 伊藤理人, 渋谷秀志, 尾立樹一郎 Co 系電解液を使った局在表面プラズモン利用色素増感太陽電池の特長, 電気化学会第 75 回大会, 2008 年 3 月 29 日, 山梨大学

④ R. Ito, K. Oryu, H. Shibuya and M. Ihara, Dye-Sensitized Solar Cell using localized surface plasmon of Ag nanoparticles with different modulators, 第 17 回太陽光発電国際会議, 2007 年 12 月 3 日, 福岡国際会議場

⑤ 伊原学, 井上志保, 菅野真然美, 伊藤理人, 銀ナノ粒子による局所電場増強とその色素増感太陽電池への応用, 2006 電気化学秋季大会, 2006 年 9 月 14 日, 同志社大学

⑥ 井上志保, 伊藤理人, 伊原学, 銀ナノ粒子を担持した光吸収層の構造が光吸収過程へ及ぼす影響とそれを用いた色素増感太陽電池の評価, 2006 電気化学秋季大会, 2006 年 9 月 14 日, 同志社大学

[図書] (計 2 件)

① 細川益男監修, 日刊工業新聞社, ナノパーティクル・テクノロジーハンドブック(分担執筆)応用編, 2006, 総 P 561 (P. 415-418)

② M. Hosokawa, M. Ihara et al., Elsevier, Nanoparticle Technology Handbook, 2007, 総 P644 (P. 438-442)

[その他]

ホームページ

<http://www.chemistry.titech.ac.jp/~tamura/ihara/content.html>