



近赤外光に対応した光アンテナ搭載光電変換システムの開発にはじめて成功

研究成果のポイント

- ・ 半導体微細加工技術を用いて作製した金のナノ光アンテナ構造により、従来の太陽電池では利用することが困難であった近赤外光を捕集して電気エネルギーに変換する光電変換システムを開発。
- ・ 通常のレンズを用いて光を数ナノメートルの空間に絞り込むことは不可能であるが、金のナノ光アンテナ構造はそれを可能にし、非常に強い光を生み出すため近赤外光による光電変換を可能にしている。
- ・ 金を用いるとコストが上昇すると考えられがちであるが、使用している金の量は極微量で、用いた金のコストだけ考えると1平米あたり800円程度である。また、金は非常に安定な金属であり長期間変質することもなく、さらに回収してリサイクルすることも可能であるため次世代の太陽電池として有望である。
- ・ 本研究成果に関する展示を、9月29日から10月1日まで、「イノベーション・ジャパン 2010—大学見本市」(会場：東京国際フォーラム)で行います。

研究成果の概要

北海道大学電子科学研究所三澤弘明所長／教授は、太陽光に多く含まれている近赤外光を効率良く電気エネルギーに変換する光電変換システムの開発に成功しました。地表に到達する太陽光エネルギーの40%強は赤外光(波長800nmよりも長波長の光)ですが、従来のシリコン太陽電池では紫外光や可視光に比べてエネルギーが低い赤外光を光電変換に利用することができませんでした。

本研究では、赤外光を捕集し数ナノメートルの空間に集めることが可能な金のナノ構造を持つ光アンテナを光電変換システムに搭載することにより、赤外光を電気エネルギーに変換する方法論を明らかにしました。

本システムと従来の太陽電池を組み合わせることにより、太陽光の持つ可視・近赤外の広い波長の光に対応した高い光電変換効率を有する太陽電池の開発に展開されるものと期待されます。

(特願 2005-040227, 特願 2008-192763, 特願 2009-205959, 特願 2010-053093, PCT/JP2010/065052)

論文発表の概要

研究論文名: Plasmon-assisted photocurrent generation from visible to near-infrared wavelength using a Au-nanorods/TiO₂ electrode (可視から近赤外波長の光照射によって誘起されるプラズモンを利用した光電流の発生)

著者: Y. Nishijima¹, K. Ueno^{1,2}, Y. Yokota¹, K. Murakoshi³, H. Misawa¹

所属: ¹北海道大学電子科学研究所, ²科学技術振興機構 JST-さきがけ, ³北海道大学大学院理学研究院

公表雑誌: The Journal of Physical Chemistry Letters 誌

公表日: 2010年6月16日

研究成果の概要

(背景)

1972年に東京大学本多健一氏・藤嶋昭氏等は、酸化チタン電極に紫外光を照射すると水の分解と同時に電流が取り出せる現象を見出しました。また、1991年に Michael Grätzel は、酸化チタン電極に可視光を吸収する色素分子を塗布し、可視光を色素に照射して色素からの酸化チタン電極への電子移動をさせて可視光を効率良く電気エネルギーに変換する色素増感太陽電池を発明しました。さらに、色素を用いない長寿命な太陽電池の開発を目的として東京大学の立間徹氏等が金属ナノ微粒子によるプラズモン共鳴を利用した酸化チタン太陽電池の研究が行われてきましたが、色素太陽電池も含め赤外光を電気エネルギーに変換する太陽電池の開発には至っていません。

(研究手法)

単結晶の酸化チタン基板の上に半導体加工技術により金の光アンテナ構造（ブロック： $240 \times 120 \times 40 \text{ nm}^3$ ）を基板上に44%の専有面積率で敷き詰めた構造）を作製し、コンベンショナルな光電気化学測定システムで光電変換効率の波長依存性を計測しました。

(研究成果)

波長1050 nmの近赤外光照射により、8.4%の光電変換効率（入射した光エネルギーに対して発生した光電流量）を達成しました。また、光電流の波長依存性は、光アンテナ構造における光との共鳴効率の波長依存性に対応しており、詳細な解析から金属ナノ構造のプラズモン共鳴に基づく光捕集機能と光電場増強効果が光電変換機構に影響を及ぼすことが明らかになりました。

(今後への期待)

高効率電場増強を実現する金属ナノ構造光アンテナの設計と創製、②太陽光を金属ナノ構造に結合させるサブ波長周期構造の設計と創製、③プラズモン増強場から半導体への高効率な電子注入を実現するための界面構造の最適化に関する研究課題を達成して、現在実現している赤外域における光電変換効率の約4倍に相当する高い効率での光電変換を実現します。

※本研究は、文部科学省 科学研究費補助金「特定領域研究」（平成19-22年度）「光-分子強結合反応場の創成」の助成を受けて推進しました。

お問い合わせ先

北海道大学電子科学研究所・所長／教授 三澤 弘明（みさわ ひろあき）

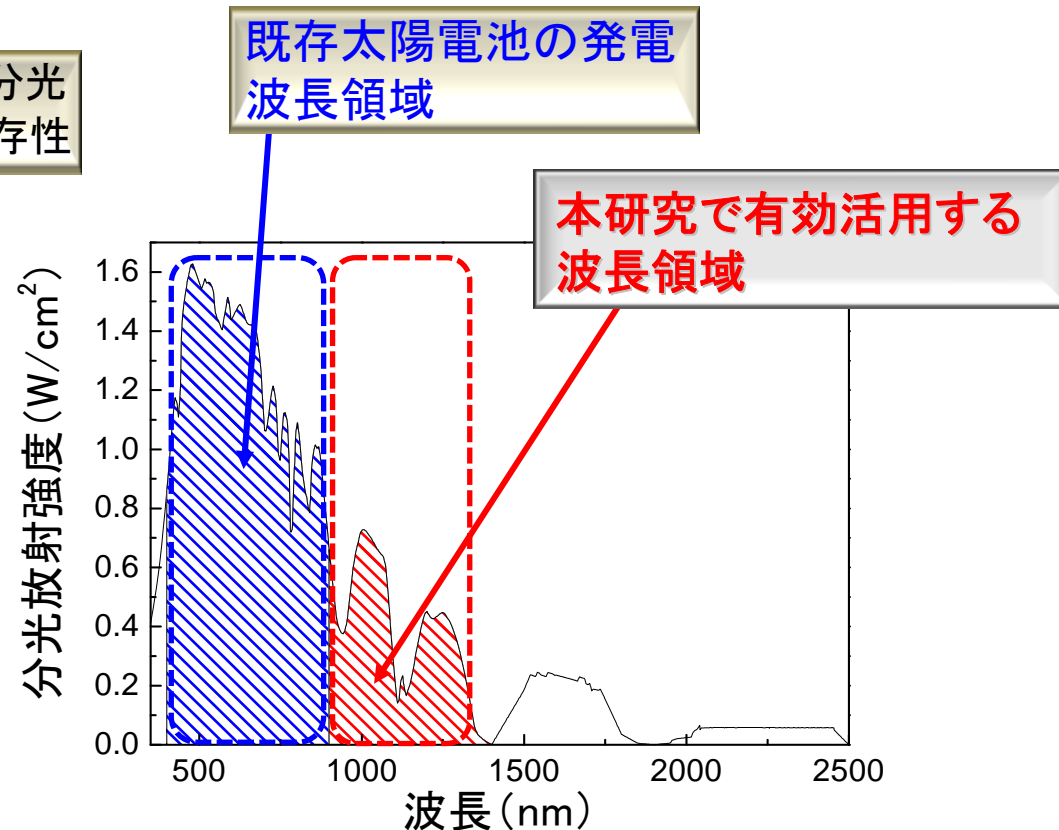
TEL: 011-706-9358 FAX: 011-706-9359 E-mail: misawa@es.hokudai.ac.jp

研究目的

- シリコン、色素増感、有機薄膜、CIS、化合物などの従来の太陽電池セルは、紫外～可視域の光で発電
- 地上に到達する太陽光エネルギーの**40%以上は赤外線**であるが、光電変換には未使用

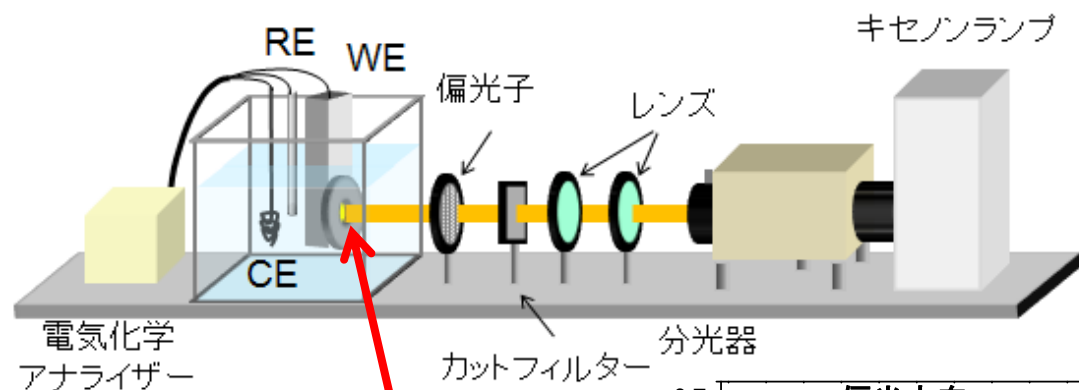
⇒ 紫外・可視域だけでなく、赤外域でも発電する新規太陽電池の開発

太陽光 (AM1.5) の分光放射強度の波長依存性



光アンテナ搭載光電変換システム

- 酸化チタン基板表面にトップダウン的に金ナノ構造からなる光アンテナを形成
- 水中で光電変換効率を測定
- ナノ構造の形状に応じて可視域だけでなく**近赤外域での光電変換**を確認
- 光電流を**200時間以上安定**に観測



特許出願済み
 特願2009-205959
 特願2010-053093
 PCT/JP2010/065052

H. Misawa et al. *J. Phys. Chem. Lett.* **1**, 2031 (2010).

