



研究課題名 高効率な光捕集・局在化を可能にする光アンテナの開発
とその太陽電池への応用

北海道大学・電子科学研究所・教授 三澤 弘明
みさわ ひろあき

研究分野: 光化学

キーワード: 局在プラズモン、ナノ材料、光物性

【研究の背景・目的】

太陽光は紫外から赤外波長域に至る幅広いスペクトルを有しており、地表に到達する太陽光エネルギーの44%は波長800nm以上の赤外光で占められているが、シリコン太陽電池を含め、赤外光を高効率に光電変換できる太陽電池はほとんど存在しない。従来有効に利用する術がなく光電変換としては未踏ともいえる赤外光を確実に電気エネルギーに変換できる革新的な太陽電池の開発が、高い光電変換効率を達成するためには必要不可欠である。研究代表者らは、最近酸化チタン単結晶基板(ルチル、0.05wt% ニオブドープ)上に金ナノ構造をアレイ状に配置した金ナノ構造/酸化チタン電極界面に波長1050nm付近の近赤外光を照射することにより、金ナノ構造に誘起される局在表面プラズモン共鳴に基づき光電流が観測されることを明らかにした。本研究では、光を捕集・局在化させることが可能な「光アンテナ機能」を有する金ナノ構造/酸化チタン電極を用いて光電変換系を構築し、金ナノ構造から酸化チタンへの高効率な電子移動を実現可能な構造設計の最適化を導出するとともに、「光アンテナ」の機能を極限まで高めるための学理と技術を構築することを目的とする。

【研究の方法】

加速電圧125 kVの超高精度電子ビーム露光装置を用いて、酸化チタン単結晶基板上に比較的広範囲に数ナノメートルの加工分解能により金ナノブロック構造を作製する方法を明らかにする。作製した金ナノ構造/酸化チタン電極の光電変換特性を追跡し、構造や基板表面の結晶性、結晶面方位、或いは単結晶表面のステップが光電変換効率に及ぼす効果について検討を行う。また、構造設計の最適化を導出し、プラズモン共鳴が放射モードと結合することにより生じる散乱を著しく抑制可能な構造を作製して光電変換効率の向上を図る。散乱を抑制する一つの方法として、二つの金ナノ構造間において位相が揃った状態のプラズモン共鳴と位相が揃っていない状態のプラズモン共鳴間の干渉に基づくファノ効果を誘起する。また、半導体量子ドットや電気双極子モーメントの比較的大きい分子であるシアニン色素のJ会合体分子などを金ナノ構造近傍に配置し、エキシトン-プラズモン共鳴の強結合に基づくラビ振動を誘起し、二つの準位間におけるポピュレーションの往復を

促進させて緩和時間の増大を図り、「光アンテナ」の機能を極限まで高めて光電変換効率の向上を試みる。

【期待される成果と意義】

本赤外光太陽電池は、金ナノ構造が示す局在プラズモンを利用して光を捕集し、金ナノ構造/酸化チタン電極界面のナノ空間に局在させ、その「光電場増強効果」によって入射した光子を逃さず電極と相互作用させる、従来の太陽電池には具備していない「光アンテナ」という優れた機能を有している。本研究では、この特徴的な「光アンテナ」機能を極限まで高め、極めて高い光電変換効率を有する赤外光太陽電池の実現を目指すものであり、太陽電池の研究に新たな地平を拓く独創的な研究と言える。さらに、現在、学術的に未解明な点が多く残る局在プラズモンと物質との相互作用に関する研究に対しても様々な知見を与えるものであり、本研究領域の研究者に大きなインパクトを与えるもの考えられる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. Y. Nishijima, K. Ueno, Y. Yokota, K. Murakoshi, H. Misawa, *J. Phys. Chem. Lett.*, **1**, 2031-2036 (2010).
2. S. Gao, K. Ueno, H. Misawa, *Accounts. Chem. Res.*, **44**, 251-260 (2011).
3. K. Ueno, S. Juodkazis, T. Shibuya, Y. Yokota, V. Mizeikis, K. Sasaki, H. Misawa, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 6928-6929 (2008).
4. K. Ueno, S. Juodkazis, V. Mizeikis, K. Sasaki, H. Misawa, *Adv. Mater.*, **20**, 26-30 (2008).

【研究期間と研究経費】

平成23年度-27年度
166,400千円

【ホームページ等】

<http://misawa.es.hokudai.ac.jp/>
misawa@es.hokudai.ac.jp