

※課題番号 : F-12-HK-0023
 ※支援課題名 (日本語) : 金ナノ構造／酸化チタン電極を用いた全固体太陽電池の光電変換特性
 ※Program Title (in English) : Solid-state plasmonic solar cell using gold nanostructured TiO₂ photoelectrode
 ※利用者名 (日本語) : 小竹 勇己
 ※Username (in English) : Yuki Kotake
 ※所属名 (日本語) : 北海道大学 大学院情報科学研究科
 ※Affiliation (in English) : Graduate School of Information Science and technology, Hokkaido University

※概要 (Summary) : 近年、プラズモン共鳴を示す金ナノ微粒子を担持した酸化物半導体電極を用いた光電変換システムが注目されている[1]。太陽電池への応用としては、湿式ではなく全固体太陽電池の開発が求められている[2]。本研究では、金ナノ構造を担持した酸化チタン電極基板上に、ホール移動層として酸化ニッケル (NiO) を用いた全固体プラズモン太陽電池を構築し、その光電変換特性について明らかにした。

※実験 (Experimental) :

ルチル型単結晶酸化チタン基板 (0.05 wt% Nb ドープ) 上にヘリコンスパッタリング装置を用いて 3 nm 金を成膜し、窒素雰囲気下 800°C でアニールすることにより図 1(a)の電子顕微鏡写真に示すような平均粒径サイズ 20 nm の金ナノアイランド構造を作製した。基板上に、図 1(b)に示すように原子層堆積装置を用いて任意の膜厚の NiO を成膜し、さらに導通を取るために ITO を成膜した。太陽光シミュレーター (AM1.5) を用いて、太陽電池特性を評価した。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

図 1(c)に、波長 450 nm および波長 550 nm のロングパスフィルターを介して光照射を行った場合の電流－電圧曲線を示す。いずれの波長帯域においても、太陽電池応答を示すことが明らかになった。重要な点は、プラズモン共鳴波長である波長 550 nm 以上の長波長の光でも光電流が観測されている点である。そこで、短絡電流値から IPCE アクションスペクトルを求めたところ、図 1(d)に示すようにプラズモン共鳴スペクトルと良い一致を示すことが明らかになった。なお、IPCE 値は、電解質水溶液を用いた 3 極式の光電気化学測定と同等の値を示した[3]。また、NiO の厚みの増加に伴って、開放電圧は増加するが、短絡電流が減少することが明らかになった。

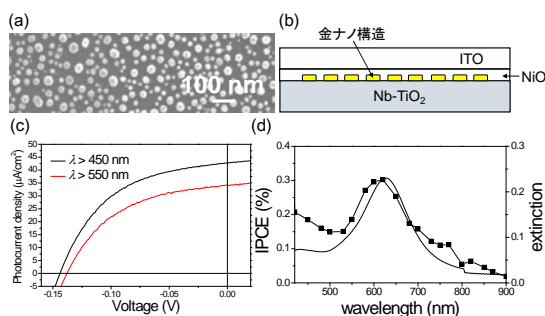


図 1 (a) 金ナノアイランド構造の電子顕微鏡写真、(b) 全固体プラズモン太陽電池の略図、(c) 電流－電圧曲線 ($\lambda > 450$ nm お

よび $\lambda > 550$ nm)、(d) IPCE アクションスペクトル

※その他・特記事項 (Others) :

今後の課題: 原子層堆積装置やパルスレーザーデポジションによる NiO 成膜の最適条件を模索し、光電変換効率の向上を図る予定である。

参考文献:

- [1] Y. Nishijima et al., *J. Phys. Chem. Lett.*, **1**, 2031 (2010).
- [2] K. Yu et al., *Electrochemistry*, **76**, 161 (2008).
- [3] X. Shi et al. *J. Phys. Chem. C*, **117**, 2494 (2013).

共同研究者等 (Coauthor) :

(北大電子研) 上野 貢生、三澤 弘明

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

- [1] Y. Nishijima, K. Ueno, Y. Kotake, K. Murakoshi, H. Inoue, H. Misawa, "Near-infrared plasmon-assisted water oxidation", *J. Phys. Chem. Lett.*, **3**, 1248-1252 (2012).
- [2] 上野 貢生、小竹 勇己、石 旭、三澤 弘明, 全固体プラズモン太陽電池の創製と光電変換特性, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 2013 年 3 月
- [3] 渡部 愛理、小竹 勇己、近松 彰、廣瀬 靖、上野 貢生、長谷川 哲也、三澤 弘明, Ag, Co ナノ構造を有する TiO₂ 薄膜の光電変換, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川工科大学, 2013 年 3 月
- [4] 小竹勇己、石 旭、上野貢生、三澤弘明, 金ナノアイランド／酸化チタン電極を用いた全固体太陽電池の光電変換特性, 2012 年光化学討論会, 東京工業大学, 2012 年 9 月
- [5] 三澤弘明、石 旭、孫 泉、小竹勇己、上野貢生, 局在プラズモンによる光電変換, 2012 年光化学討論会, 東京工業大学, 2012 年 9 月

関連特許 (Patent) :

特許出願中