

課題番号 : F-15-HK-0050
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : プラズモン薄膜太陽電池の構築
Program Title (English) : Construction of thin film plasmonic solar cell
利用者名(日本語) : 中村圭佑
Username (English) : K. Nakamura
所属名(日本語) : 北海道大学大学院情報科学研究科
Affiliation (English) : Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

1. 概要(Summary)

局在表面プラズモン共鳴を示す金ナノ微粒子を n 型半導体である酸化チタン、p 型半導体である酸化ニッケルの pn 接合界面に配置することでプラズモン共鳴波長に応じた可視光領域で発電可能な薄膜プラズモン太陽電池を構築した。また、酸化物半導体薄膜へのキャリア密度や膜厚を精密に制御することでプラズモン太陽電池の光電変換特性の改善を試みた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

半導体薄膜堆積装置(PLD)、ヘリコンスパッタリング装置、電界放射型走査型電子顕微鏡、高分解能 X 線回折装置 D8、ソーラーシミュレータ

【実験方法】

ランタンアルミネート(LaAlO₃)基板上に半導体薄膜堆積装置(PLD)を用いて酸化チタン薄膜を 220 nm 成膜し、ヘリコンスパッタリング装置により金を 3 nm 成膜した後、500°C でアニール処理を行うことで金ナノ構造を作製した。その上に PLD により酸化ニッケル薄膜を 100 nm 成膜して薄膜プラズモン太陽電池を構築し、ソーラーシミュレータを用いて光電変換特性の評価を行った。また、酸化チタン薄膜の代わりに酸化チタン単結晶基板を用いて同様にプラズモン太陽電池を作製し、特性を比較した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

ソーラーシミュレータの照射波長のうち、波長 410 nm 以上のロングパスフィルタを用いて光照射を行ったときのプラズモン太陽電池の電流-電圧特性を Fig. 1 に示す。酸化チタン単結晶基板を用いたプラズモン太陽電池では短絡電流密度(J_{sc})が 14.3 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ であるのに対し、酸化チタン薄膜を用いた薄膜プラズモン太陽電池では約 11 倍の 160 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ と高い J_{sc} の値が得られた。これはプラズモン共鳴により空乏層界面で電荷分離が誘起され、電極に到達するまでの電子の移動

距離が単結晶基板の厚さ 0.5 mm から薄膜の 220 nm まで減少したことから、電気抵抗による電流値の損失が少なくなったためと考えられる。結果として薄膜プラズモン太陽電池の可視波長域 ($\lambda > 410 \text{ nm}$) における太陽光変換効率は $4.9 \times 10^{-3}\%$ となり、酸化チタン単結晶基板を用いた系の $1.9 \times 10^{-3}\%$ と比較して約 2.6 倍に向上したことから、太陽電池を薄膜化したことによる効率的な電子の取り出しに成功したと言える。

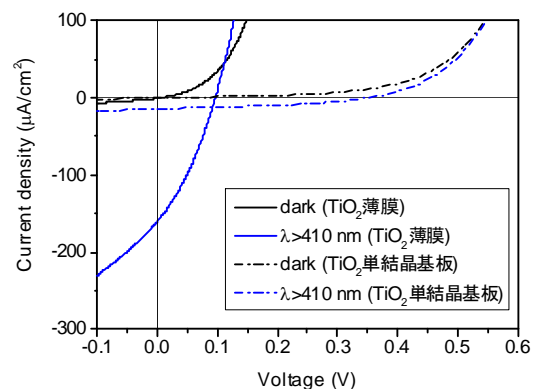


Fig. 1 Current-Voltage properties of plasmon solar cell

4. その他・特記事項(Others)

・共同研究者

片瀬貴義、押切友也、太田裕道

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

論文発表

(1) K. Nakamura, T. Oshikiri et. al. *J. Phys. Chem. Lett.* **7**, 1004-1009 (2016).

学会発表

- (1) 中村 圭佑、片瀬 貴義、他、2015 年光化学討論会、1P038、大阪市立大学、2015 年 9 月 8 日
 - (2) K. Nakamura, T. Katase, et al., *Pacificchem 2015*, Honolulu, USA., Dec. 2015.
 - (3) 中村 圭佑、片瀬 貴義、他、日本化学会第 96 春季年会、1A3-43、京田辺、2016 年 3 月 24 日
- 他 2 件

6. 関連特許(Patent)

なし