

課題番号 : F-13-HK-0028
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名 (日本語) : 金ナノ粒子を配置した酸化チタン薄膜電極の作製と光電変換特性
 Program Title (English) : Fabrication and properties of TiO₂ thin film electrode loaded with Au nanoparticle
 利用者名(日本語) : 林 弘毅
 Username (English) : Koki Hayashi
 所属名(日本語) : イムラ・ジャパン株式会社
 Affiliation (English) : IMRA JAPAN CO., LTD

1. 概要 (Summary)

近年、プラズモンの光アンテナ効果を利用した太陽電池や光触媒など光-エネルギー変換系に関する研究が盛んに行われている。我々は、北大電子研の三澤研究室と共同で、金ナノ構造/酸化チタン電極を用いた可視・近赤外光電変換システムの開発や水の酸化反応に関する研究を進めてきた[1]。本年度の共同研究では、酸化チタン電極の低コスト化、軽量化を目指し、金ナノ粒子を配置した酸化チタン薄膜電極の作製と光電変換特性について検討した。その結果、プラズモン共鳴波長近傍において高い光電変換効率を示すだけでなく、プラズモン共鳴及び光電変換効率(IPCE)のアクションスペクトルが酸化チタンの薄膜干渉に大きく影響を受けることが分かった。

2. 実験 (Experimental)

原子層体積装置(SUNALE™ R series, Picosun)を用いて種々の膜厚の酸化チタン薄膜を石英硝子上に堆積させた。酸化チタンの膜厚は反射分光膜厚計(F-20, Filmetrics)を用いて測定した。熱真空蒸着法により 3 nm の金薄膜を酸化チタン薄膜状に堆積させた後、水素(3.9% in Ar)雰囲気下、250°Cで2時間アニールすることで金ナノアイランド(Au-NIs)構造を得た。光源として Xe ランプを用い、3電極式の光電気化学測定により光電変換特性を評価した。電解質水溶液には、過塩素酸カリウム(0.1 mol/dm³)の水溶液を用いた。作製した Au-NIs/酸化チタン電極を作用電極、白金線に対極、および飽和カロメル電極(SCE)を参照電極として測定を行った。酸化チタン薄膜の結晶構造はX線回折(XRD)装置(RINT-2000/PC、リガク)を用いて行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

XRD 測定より、作製した酸化チタン薄膜はアナターゼ型結晶であることが分かった。酸化チタン薄膜状に作製した Au-NIs は膜厚に依らず、統計的解析により算出した平均粒径は 12.5 nm、標準偏差は 7 nm であった。Fig. 1(a), (b)に示すように、膜厚 215 nm における $\Delta(1-T-R)$ 及び IPCE アクションスペクトルは 620 nm

付近に明確なピークの増強が見られた。ここで $\Delta(1-T-R)$ は Au-NIs の有無での (1-T-R)の差スペクトルを示す。一方、膜厚 243 nm においては $\Delta(1-T-R)$ 及び IPCE アクションスペクトル共に明確な増強は観測されなかった。これらの結果は高電流の増強効果が酸化チタンの薄膜干渉によるプラズモン共鳴の増幅に由来することを示している。

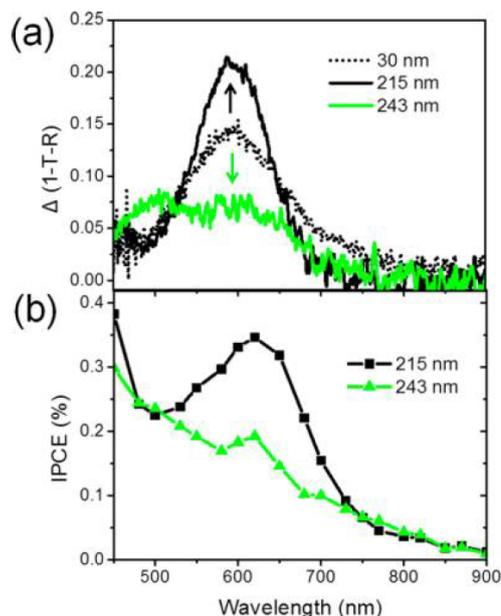


Fig. 1. (a) $\Delta(1-T-R)$ spectra of TiO₂ thin film, (b) IPCE action spectra of Au-NIs/TiO₂ electrode.

4. その他・特記事項 (Others)

・今後の課題

金ナノ構造の形状・サイズ制御によるプラズモン共鳴波長の長波長化と近赤外線応答性の付与

・参考文献

[1] X. Shi, K. Ueno, N. Takabayashi, H. Misawa, *J. Phys. Chem. C*, **117**, 2494-2499 (2013).

・共同研究者等 (Coauthor) : 石 旭、上野貢生、押切友也、三澤弘明

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。