

課題番号 : F-14-HK-0072
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名(日本語) : 化学成長金ナノ粒子によるプラズモン共鳴波長及び光電変換応答波長制御
 Program Title (English) : Control of plasmon resonance band and responding wavelength of photoelectric conversion by a chemical growth of gold nanoparticles
 利用者名(日本語) : 佐藤良太、寺西利治
 Username (English) : R. Sato, T. Teranishi
 所属名(日本語) : 京都大学化学研究所
 Affiliation (English) : Institute for Chemical Research, Kyoto University

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。北大電子研の三澤研究室では、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が行われてきた(1)。我々は金ナノ構造を化学的に成長させ、ナノスケールで制御可能なことを報告している(2)。本年度の共同研究では、金ナノ構造のプラズモン共鳴スペクトルの長波長化及び高強度化を目指し、チタン酸ストロンチウム(SrTiO_3)単結晶基板に配置した金ナノ粒子(Au-NPs)の化学的成長と光電変換特性について検討した。その結果、Au-NPsの効率的な粒径成長とそれに伴うプラズモン共鳴スペクトルの劇的な増大が観測され、金による基板被覆率と光電変換効率との間の相関関係が得られた。

2. 実験(Experimental)

・主な装置

ヘリコンスパッタリング装置

・実験方法

単結晶 SrTiO_3 基板 (0.05 wt% Nb-doped, $10 \times 10 \times 0.5 \text{ mm}^3$) 上にヘリコンスパッタリング装置により 3 nm の金を成膜後、窒素雰囲気下で 800°C 、1 時間加熱することにより基板上に Au-NPs 構造を作製した。試験管中で塩化金(III)酸 95 μM 、臭化セチルトリメチルアンモニウム 30 mM、塩化セチルトリメチルアンモニウム 70 mM、アスコルビン酸 2 mM の混合水溶液を調整し、これに Au-NPs/ SrTiO_3 基板を浸漬して大気雰囲気下、 20°C で 24 時間静置した。混合水溶液の液量が 4 mL の条件 1 と 8 mL の条件 2 について、成長した金の構造及び光学特性、光電変換能について検討した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1(a-c)に、各条件での Au-NPs/ SrTiO_3 基板の電子顕微鏡像を示す。成長処理後では顕著に粒子径が増大し、基板上での金被覆率が増加していることが分かった。また、Fig. 1(d)に示すとおり、そのプラズモン共鳴スペクトルは被覆率の増大に伴って顕著に増大した。さらに、金の成長度は成長条件に大きく依存することが分かった。

また、作製した Au-NPs/ SrTiO_3 電極の波長 580 nm での光電子変換効率 (IPCE : Incident photon-to-current efficiency) を金による基板被覆率に対してプロットしたところ、Fig. 1(e)に示すように、被覆率が增大すると光電変換効率が顕著に減少する挙動が観測された。この要因として、金ナノ粒子が 3 次元的に成長し、金/酸化チタン界面の密着性が十分でないことが挙げられる。今後は金成長によって生じた空隙を埋めるため、酸化チタンを再積層させるなどして界面密着性の向上を目指す。

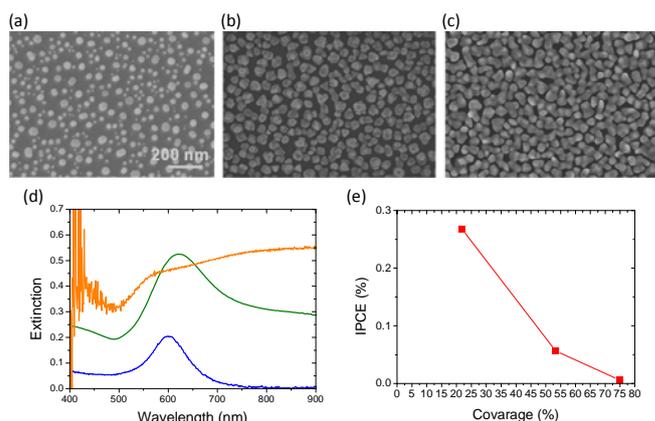


Fig. 1. (a, b, c) SEM images of Au-NPs/ SrTiO_3 . Before (a), and after chemical growth by condition 1 (b) and after chemical growth by condition 2 (c). (d) Extinction spectra of Au-NPs on SrTiO_3 . Before (blue) and after chemical growth by condition 1 (green) and after chemical growth by condition 2 (orange). (e) IPCE at 580 nm of Au-NPs/ SrTiO_3 as a function of the coverage area of the substrate with gold.

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

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

(2) T. Teranishi et al. *Appl. Phys. Lett.*, **91**, 203107 (2007)

・共同研究者等 (Coauthor) : (北大電子研) 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