

課題番号 : F-17-HK-0072  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : 逆ピラミッド型テンプレートを用いた酸化チタン逆オパール構造の作製と光学評価  
Program Title (English) : Fabrication of titanium dioxide inversed opal structures using inverted pyramidal template and their optical characterization  
利用者名(日本語) : 丸山明日香  
Username (English) : Asuka Maruyama  
所属名(日本語) : 北海道大学電子科学研究所  
Affiliation (English) : Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University  
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置

## 1. 概要(Summary)

当研究室では、プラズモン誘起人工光合成反応の実現のため、金ナノ粒子(Au-NPs)を担持した酸化チタン逆オパール(TiO<sub>2</sub>)構造の作製を試みてきたものの、TiO<sub>2</sub>構造のテンプレートとなるポリスチレン(PS)粒子の規則配列の困難さから、良好なフォトニック結晶光学特性を有するTiO<sub>2</sub>構造を作製するには至っておらず、Au-NPsによるプラズモン共鳴とTiO<sub>2</sub>構造のフォトニック結晶光学特性との相互作用は未だ確認出来ていない。そこで、超高精細高精度電子ビーム(EB)描画装置をはじめとした微細加工装置を利用し、PS粒子を規則配列させるための逆ピラミッド型テンプレートを作製した。さらに、原子層堆積装置(ALD)により、TiO<sub>2</sub>構造を制御することでフォトニック結晶光学特性を精緻に制御し、Au-NPsによるプラズモン共鳴と相互作用させた場合の光学評価を行った。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

超高精度電子ビーム描画装置 ELS-F125  
反応性イオンエッチング装置 RIE-101iPH  
原子層堆積装置 SUNALE-R  
高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡  
JSM-6700FT

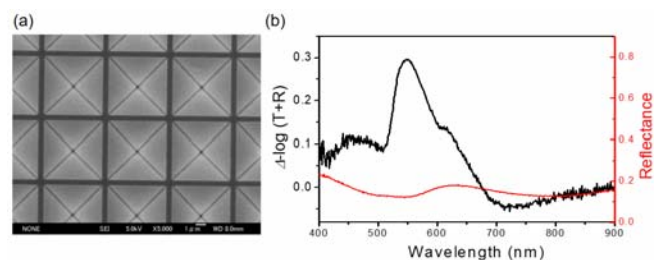
### 【実験方法】

Si基板上に作製したSiO<sub>2</sub>膜を、EB描画装置、反応性イオンエッチング装置を利用して格子形状に微細加工し、それをマスクとしてSiをウェットエッチングすることで逆ピラミッド型テンプレートを作製した。ALDによる50nmTiO<sub>2</sub>積層後、PS粒子を逆ピラミッド型テンプレートに沿って規則配列させた。ALDを用いてTiO<sub>2</sub>をPS粒子間隙に充填した後、熱処理によりPS粒子を除去し、TiO<sub>2</sub>構造を作製した。そこにALDでTiO<sub>2</sub>を積層することでフォトニック結晶光学特性を制御した。その後、Au-NPsを電気化学的手法

で担持した。反射率(R)、透過率(T)を測定し、光吸収に相当する $-\log(T+R)$ を求めた。また、Au-NPs担持前後の $-\log(T+R)$ 値の差、 $\Delta \cdot \log(T+R)$ によりTiO<sub>2</sub>構造上におけるAu-NPsの光吸収を評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

逆ピラミッド型テンプレートのSEM像をFig. 1(a)に示す。ばり等の欠陥がない逆ピラミッド型テンプレートを作製に成功した。Figure 1(b)に、TiO<sub>2</sub>構造上におけるAu-NPsの光吸収 $\Delta \cdot \log(T+R)$ (黒)と、フラットなSi基板に作製したTiO<sub>2</sub>膜上にAu-NPsを担持した場合の反射スペクトル(赤)を示す。フラットなTiO<sub>2</sub>膜上において約620nmの波長に見られるプラズモン共鳴由来のピークが、TiO<sub>2</sub>構造上では約550nmと約620nmに分裂している。これは、プラズモン共鳴とTiO<sub>2</sub>構造の光学モードのカップリングを示唆する初めての成果である。



**Figure 1.** (a) SEM image of silicon-based inverted pyramidal template for the fabrication of TiO<sub>2</sub> inversed opal structures. (b) Absorption spectrum of Au nanoparticles coupled with TiO<sub>2</sub> inversed photonic crystals and reflection spectrum of AuNPs on the TiO<sub>2</sub>-depositted silicon.

## 4. その他・特記事項(Others)

・共同研究者: 石旭, 押切友也

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許(Patent) なし