

窒化チタンプラズモニックアレイの作製

利用者：京都大学工学研究科 村井 俊介, 鎌倉 涼介
 研究支援者：京都大学 嶋田 幸能, 瀬戸 弘之

【研究目的】

微光を制御するナノアンテナの1つに、光の波長程度の間隔で周期配列させた金属ナノ粒子アレイ構造がある。金や銀などの粒子が使われることが多いが、高結晶性で優れた機械的熱的特性を有する窒化チタン(TiN)の利用も検討されている。(参考文献[1])しかし、TiNは可視～近赤外域で局在表面プラズモンポラリトン(SPP)励起が可能であるが、TiNのプラズモニック特性の評価は主に近赤外域で行われてきた。本研究ではTiN薄膜に対してナノインプリントおよび反応性イオンエッチングを施すことで自在なTiN周期ナノドットアレイを作製し、可視域と近赤外域での協同プラズモニックモード励起の可能性を探索した。

【成果】

パルスレーザー蒸着法によりサファイアや酸化マグネシウム基板上に製膜したエピタキシャルTiN薄膜に対して、Siモールドを用いたナノインプリント、および $\text{Cl}_2/\text{BCl}_3/\text{Ar}$ ガスによる反応性イオンエッチングを施すことで、半径は異なるが同じ周期のTiNナノドットアレイを作製した(Fig.1)。基板上に堆積されたTiN薄膜は金属であり、可視及び近赤外領域において小さな光損失を示した。透過率の入射角度依存性の測定を行い、有限要素法を用いたシミュレーション(COMSOL)と比較検討した(Fig.2)。結果、アレイはTiNのナノ粒子中のSPPと光回折との協同モードの発生が実験的に示唆された。数値シミュレーションからも、集団モードはSPPと回折の同時励起(表面格子共鳴)に由来することが実測され、協同プラズモニックモードの励起が確認された。更にこのことは、ナノ粒子および粒子間の両方に蓄積された電場を画像化することでも確認された(Fig.3)。

この研究結果は、ナノインプリントリソグラフィと反応性イオンエッチングでのTiN薄膜の処理が、プラズモニックナノ構造を作製する強力かつ汎用性の高い方法であることを明示している。また、協同モードは配列面内に広がる強い電場を引き起こすので、表面増強ラマン散乱、蛍光増強、太陽電池などへの応用が期待される。

以上の成果は、参考文献[2]などで発表された。

【支援実施機関からのコメント】

ナノインプリント装置により再現性よく加工でき、新しいプラズモニックナノ構造の開発に寄与できました。

【参考文献等】

- [1] "PACIFICHEM 2015", No.2818, 20/Oct/2015.
 [2] Optics Express, 24, 1143-1153 (2016).

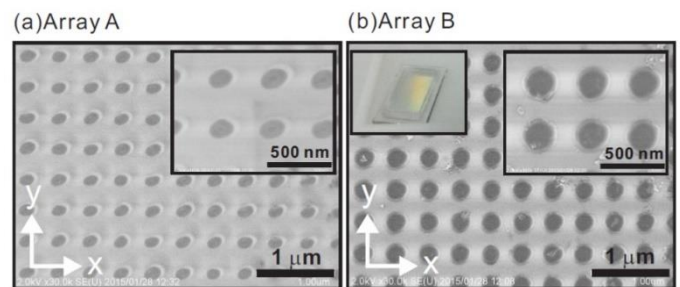


Fig.1 Top-view SEM images of the periodic arrays of TiN nanoparticles, denoted as array A (left) and B (right).

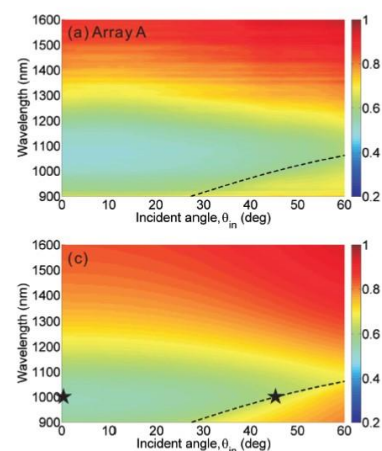


Fig.2 Experimental (upper) and simulated (lower) transmission spectra for the nanoparticle array of A.

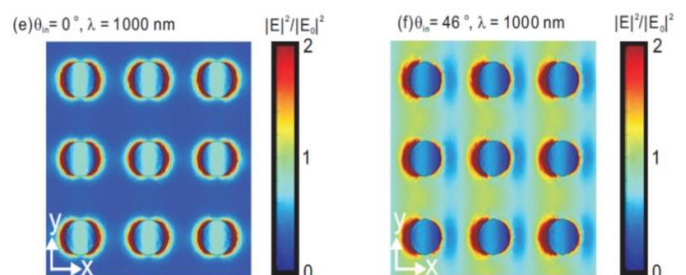


Fig.3 Calculated spatial distribution of the square of the electric field at incident angles of 0° (left) and 46° (right) for the array A.