

課題番号 : F-13-HK-0043  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名 (日本語) : 金属/絶縁体/金属ナノ構造の作製とその光学特性評価  
 Program Title (English) : Fabrication of metal/insulator/metal nanostructures and its optical properties  
 利用者名(日本語) : 松塚 祐貴  
 Username (English) : Yuki Matsuzuka  
 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)

金属ナノ構造は、可視または近赤外波長域において局在表面プラズモン共鳴を示し、構造体近傍において光電場増強効果を示す。特に、ナノメートルの間隙を有して配列したナノギャップ金属構造は、その間隙において入射光電場強度の $\sim 10^5$ 倍におよぶ高い光電場増強効果を示す。ナノギャップ構造においては、入射光電場によって誘起されるプラズモンのブライトモード(同位相のモード)と構造間の電磁的な相互作用、あるいは光軸方向に配列した構造では入射光の位相のずれによって励起されるダークモード(逆位相モード)の二つのモードが励起される。特に、ダークモードは通常の遠視野場では観測できないため、光学特性や光電場増強効果に関して明らかになっていない点が多い。本研究では、単結晶酸化チタン基板上に金/誘電体/金の3層からなるナノギャップ金(MIM)構造を作製し、そのスペクトル特性について検討した。

### 2. 実験 (Experimental)

積層型ナノギャップ金構造は、単結晶酸化チタン基板上に、既報の電子線リソグラフィ/リフトオフ法により作製した。なお、金/酸化ケイ素/金(接着層:チタン)の3層をそれぞれヘリコンスパッタリング装置により成膜した。また、遠視野場における積層型ナノギャップ金構造の分光特性は、FT-IR測定により検討した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig.1(a)に、解析対象の構造と時間領域差分(FDTD)法による積層型ナノギャップ金構造の光電場増強分布を示す。Fig.1(a)左図に示す $y_0$ 平面上での $x$ - $z$ 方向の2次元光電場増強分布を表したのがFig.1(a)右図である。Fig.1(a)の右図の点線部は構造体の境界線を示し、濃淡は構造体に励起される光電場増強強度を表している。一般に、積層型ナノギャップ

金構造体を示す二つのモードは、それぞれ光電場強度分布が異なり、ブライトモードは $y_0$ 平面上でみると積層型ナノギャップ金構造体の角において高い光電場増強を示し、ダークモードは金ナノ構造間である誘電体層に光電場増強効果を示す。構造の誘電体領域において高い光電場増強が誘起されていることから、ダークモードの光電場強度分布と考えられる。

Fig.1(b)に、構造の底辺が130 nmの積層型ナノギャップ金構造の反射スペクトルを示す。反射スペクトル測定結果では、ブライトモード由来の単一のピークしか観測されなかった。しかし、長波長側の1050 nm付近にスペクトルが変調されており、データはここでは示していないがFDTD解析結果から、ダークモードが存在していることが明らかになった。したがって、本結果から、ナノテクプラットフォーム事業の微細構造解析において、光電子顕微鏡を用いてダークモードの解析を行うこととした。

### 4. その他・特記事項 (Others)

なし。

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

(1) Y. Matsuzuka et al., Symposium on Plasmon-based Chemistry and Physics (ICP2013 preconference), KU Leuven, Leuven, Belgium, July (2013).

### 6. 関連特許 (Patent)

なし。

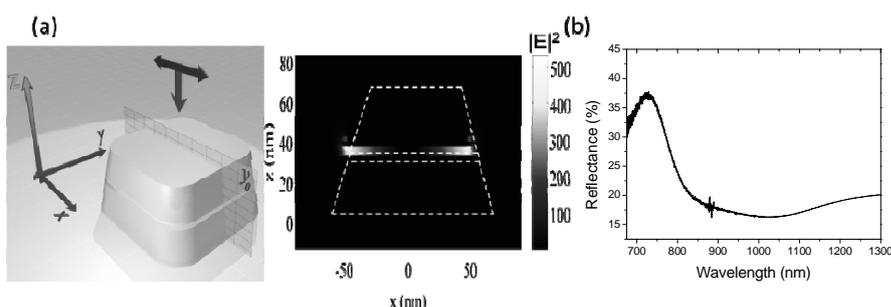


Fig. 1(a) Theoretical near-field patterns for a MIM structure calculated by FDTD. (b) Reflection spectrum of the MIM structures.