

課題番号 : F-15-GA-0004
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 金属-誘電体多層膜メタマテリアルの作製
Program Title (English) : Fabrication of metal-dielectric multilayer metamaterials
利用者名(日本語) : 坂田智裕, 鈴木信, 鶴町徳昭
Username (English) : T.Sakata, M. Suzuki, N.Tsurumachi
所属名(日本語) : 香川大学工学部材料創造工学科
Affiliation (English) : Department of Advanced Material Science, Kagawa University

1. 概要(Summary)

正と負の誘電率を持つ物質を交互に積層させた構造は通常物質では見られない双曲線分散を示すことが知られている。この特異な構造においては超解像特性や自然放出の増強効果などを示すことが知られている。本研究ではこの構造を利用して色素分子の自然放出レートの広帯域にわたる増強を試みた。この広帯域パーセル効果を利用した新しい光学デバイスの実現を目標としている。今回、金属-誘電体多層膜構造を作製し、その構造上にある分子の発光特性を調べた。

2. 実験(Experimental)

・利用した主な装置

・デュアルイオンビームスパッタ装置(ハシノテック社製, 10W-IBS)

・触針式表面形状測定器(ULVAC 社製, DEKTAK8)

・実験方法

上記の装置を利用し、金属(Au)-誘電体(SiO₂)多層膜構造を Si 基板上に作製した。作製した試料の断面像を FESEM により撮影した。そして、スピコート法により試料の上に色素分子を塗布した。ピコ秒パルスレーザーを励起光源とし、ストリークカメラにより発光寿命を測定した。この際、膜厚比の異なるいくつかの試料を作製するとともに、塗布する色素としてクマリン 500 とピリジン 1 の 2 つを用いた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

金属-誘電体多層膜において積層方向に垂直および平行な方向の誘電関数は大きく異なる。特にプラズマ周波数以下の周波数においては膜厚比によっては異符号となる場合がある。このような場合に分散関係は双曲線となり、結果として自然放出レートの増強が起こる。昨年度、この多層膜メタマテリアルにおける広帯域のパーセル効

果の実証に成功したが、今年度は作製した試料の断面像を観察し、正確な膜厚を求めた後、より詳細に広帯域パーセル効果の実現条件を吟味した。Fig. 1 に試料の断面像を示す。Au 層、SiO₂ 層の平均膜厚が 16, 23 nm と得られ、膜厚比が 0.7 であることが分かった。これにより理論計算との比較が可能となり、定量的な議論ができた。

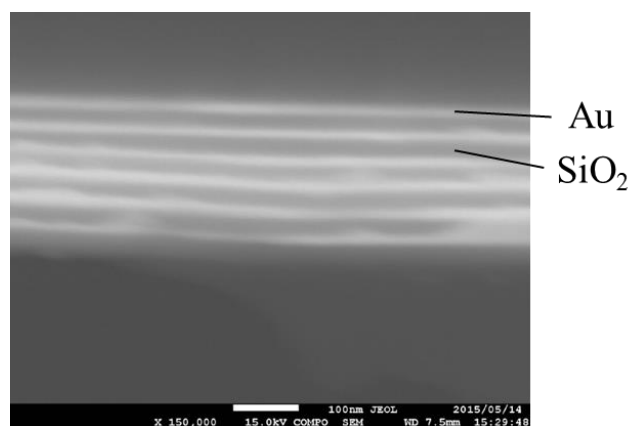


Fig. 1 多層膜メタマテリアルの断面 SEM 像

4. その他・特記事項(Others)

なし

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

"Dependence on fluorescence wavelength of Purcell effect in dye molecules on metal-dielectric multilayer hyperbolic metamaterials", Noriaki Tsurumachi, Hayato Izawa, Ryo Tomioka, Tomohiro Sakata, Makoto Suzuki, Yasuhiro Tanaka, Fusao Shimokawa, Shunsuke Nakanishi, Jpn. J. Appl. Phys., 55, 02BB05 (2016).

他国際会議 1 件, 国内学会 1 件

6. 関連特許(Patent)

なし