

課題番号 : F-14-GA-0006  
 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) : 伊澤勇人<sup>1)</sup>, 富岡涼<sup>1)</sup>, 鶴町徳昭<sup>1)</sup>, 下川房男<sup>2)</sup>  
 Username (English) : H. Izawa<sup>1)</sup>, R. Tomioka<sup>1)</sup>, N. Tsurumachi<sup>1)</sup>, F. Shimokawa<sup>2)</sup>  
 所属名(日本語) : 1)香川大学工学部材料創造工学科, 2)香川大学工学部知能機械システム工学  
 Affiliation (English) : 1) Department of Advanced Material Science, Kagawa University, 2) Department of Intelligent Mechanical Systems Engineering, 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

- ・触針式表面形状測定器 (ULVAC 社製, DEKTAK8)
- ・3D デジタルマイクロスコープ (キーエンス社製, VHX-1000)
- ・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)

### ・実験方法

上記の装置を利用し、金属(Au)-誘電体(SiO<sub>2</sub>)多層膜構造を Si 基板上に作製した。そして、スピコート法によりその上に色素分子を塗布し試料を作製した。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。ここでは

そのような条件を満たすピリジン 1 に関する結果を報告する。Fig. 1 に SiO<sub>2</sub> 基板、金薄膜、および多層膜メタマテリアルの上に塗布した色素の発光の時間減衰曲線を示す。これを見るとわかるようにメタマテリアルにおいて発光レートの増強に伴う、大きな寿命の減少が起こっている。今回、いくつかの膜厚比の試料を作製するとともに発光スペクトルの異なるいくつかの色素を用いて、増強が起こる条件位について調べ、広帯域のパーセル効果の実証に成功した。

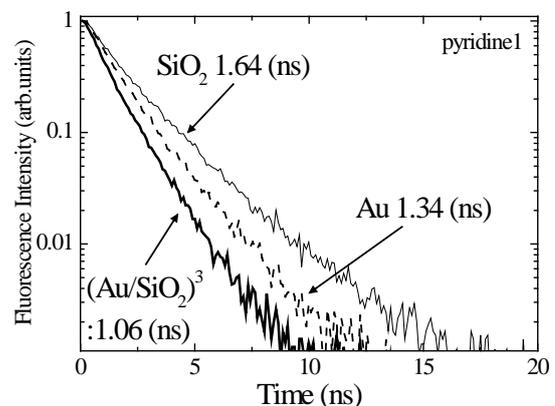


Fig. 1 Fluorescence decay curve

## 4. その他・特記事項(Others)

なし

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

本結果は 2015 年 6 月に開催予定の The 5<sup>th</sup> International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2015)に“Fluorescence wavelength dependence of Purcell effect in dye molecules on metal-dielectric multilayer metamaterial”として投稿中である。また、論文も執筆中である。

## 6. 関連特許(Patent)

なし