

ゾル-ゲル法で成膜した金属ナノ粒子分散誘電体薄膜の 光学特性と機能性材料への応用

Optical properties of dielectric films dispersed with metal nanoparticles synthesized by sol-gel method and applications to functional materials

東海大学 工学部 光・画像工学科¹

○若木守明¹, 横山 英佐¹

°Moriaki Wakaki¹ and Eisuke Yokoyama¹

Department of Optical and Imaging Science & Technology, Tokai University¹,

ナノメートルサイズに関する研究は近年のナノテクノロジーの発展に伴って注目されている分野である。金属のナノ粒子の場合には、金属の表面プラズモンモードと光電場との相互作用による表面プラズモン共鳴(SPR)を有し、光機能性材料への応用が期待できる。金属ナノ粒子の光機能性材料への応用に際しては、目的とする光学デバイスに応じた光学物性を有するナノ粒子を設計・作製する必要がある。しかし、ナノ粒子のパラメータと光学物性の因果関係に関して未だ明確には解明されていないのが現状である。本研究では、以下の目的で研究を行っている。①ゾル-ゲル法での本複合膜作製条件の確立。②表面プラズモン吸収の評価および解析。③金属ナノ粒子・誘電体複合薄膜に対する理論計算モデルの確立。④金属ナノ粒子のサイズ・形状等の各種パラメータ及び誘電体(光学材料)のパラメータと光学物性との相関を明らかにする。⑤複合系の特徴を生かした機能性材料としての応用の開拓。

Au, Ag ナノ粒子分散複合膜を、ゾル-ゲル法を用いて成膜した。ナノ粒子パラメータはXRD, TEM 測定を用いて解析した。薄膜の光学物性は分光光度計を用いて測定し、有効媒質近似理論による解析を行った。有効媒質近似理論として Maxwell-Garnett モデルと Bruggeman

モデルを用い、各モデルの本材料系への適用性の検討を行った¹⁾。各種誘電体マトリックス中で Au, Ag ナノ粒子による SPR 吸収を観測した。ピーク波長は、粒子のサイズ、形状及びマトリックスの誘電率を考慮した Maxwell-Garnett モデルに良い一致を示した²⁾。

これら複合材料の、機能性材料としての応用を幾つか試みている^{3), 4)}。その一つとして、代表的な光触媒材料である、TiO₂ 膜がゾル-ゲル法でアナターゼ構造が得られることに着目し、金属ナノ粒子による光触媒効果の増強が得られるかを研究した結果、紫外線領域照射では 5.1 倍近くの向上が見られ、可視光照射でも、1.6 倍程度の増強効果が得られた³⁾。ナノ粒子による光散乱によるフォトン閉じ込め効果が作用していると考えられる。ナノ粒子による吸収を利用したレーザーパターンニング LIFT(Laser Induced Forward Transfer)も試みている⁴⁾。

1) E. Yokoyama, H. Sakata and M. Wakaki, *J. Mater. Res.* **24**, 2541 (2009). 2) M. Wakaki and E. Yokoyama, *Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials* **19**, 835 (2010). 3) M. Wakaki and E. Yokoyama, *Proc. of SPIE* **8173**, 8173G-1 (2011). 4) H. Sakata, S. Chakraborty, E. Yokoyama, and M. Wakaki, *Appl. Phys. Lett.* **86**, 114104-1 (2005).