

Atomic Layer Deposition 法による誘電体多層膜粒子の作製及び 発光特性評価

Luminescence properties of dielectric multilayered particles prepared by
Atomic Layer Deposition

神戸大工 ○尾寄友亮, 今北健二, 藤井稔

Kobe Univ. Yusuke Ozaki, Kenji Imakita, Minoru Fuji

E-mail: fujii@eedept.kobe-u.ac.jp

誘電体を光の波長程度の間隔で周期的に 3 次元配列させた 3 次元フォトニック結晶は、低閾値レーザーや単一光子源へと応用可能な光制御素子として注目を集めている。当研究室では、従来と異なる新たな 3 次元フォトニック結晶として、誘電体多層膜を有する球状粒子の研究を行っている(図 1 挿入図)。高、低屈折率層を球状に交互に積層することにより、広いフォトニックバンドギャップと高い Q 値を実現できることが理論的にわかっている。しかし、従来実験的に作製するのは困難であると考えられていた。本研究ではこの多層膜球状粒子を、Atomic Layer Deposition (ALD) 法により作製し、光制御特性を実験的、及び理論的に明らかにする。多層膜粒子には、コア層として Eu^{3+} を添加した Y_2O_3 粒子を、シェル層には SiO_2 と TiO_2 を用いた。コアの Y_2O_3 粒子は均一沈殿法で作製した。反応時間、温度により粒径を制御した。前駆体溶液中に、 $\text{Eu}(\text{NO}_3)_3$ を少量加えることで、発光体である Eu^{3+} を添加した。シェル 1 層目には SiO_2 を、2 層目には TiO_2 を ALD 法により堆積した。サイクル数により膜厚を制御した。顕微分光法を用いて、単一粒子の発光特性と光散乱特性の評価を行った。

図 1 は、コア半径と各シェルの膜厚をそれぞれ $\lambda/4n$ とした場合の多層粒子の輻射的遷移割合の計算結果を示す。共鳴波長は $\lambda=500\text{ nm}$ 、高・低屈折率層はそれぞれ TiO_2 ($n_H=2.5$)、 SiO_2 ($n_L=1.45$) として計算している。波長 500 nm 付近に、フォトニックバンドギャップが形成され、その中に共鳴ピークが現れる。図 2 は、 488 nm 励起での Eu^{3+} の発光 610 nm (${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$) における輻射的遷移割合を示す。

Y_2O_3 粒子に比べて $\text{Y}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2@\text{TiO}_2$ 粒子では輻射的遷移割合が 1.27 倍になっており、理論計算の結果 (1.3 倍) とほぼ一致した。この結果は、多層膜粒子構造によって光の状態密度を制御できることを示唆している。当日は輻射的遷移割合と発光強度の関係について議論する。

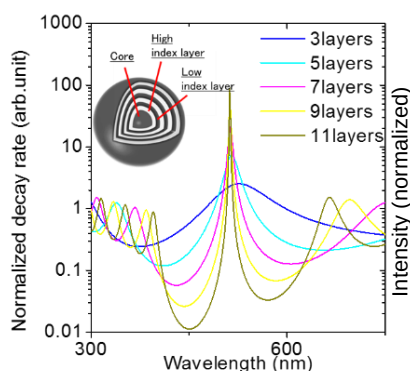


Fig.1: Calculated radiative decay rate

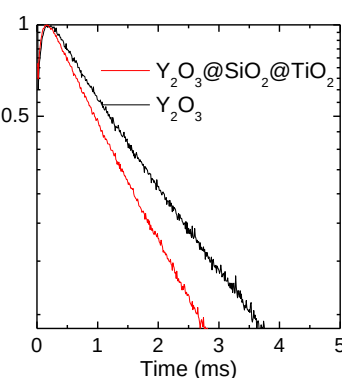


Fig.2: Radiative decay rate of 610 nm ($\text{Y}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2@\text{TiO}_2$)