

## 酸化エルビウムエピタキシャル薄膜の スカンジウム混晶化による光学特性の改善

### Improvement of optical properties of $\text{Er}_2\text{O}_3$ epitaxial thin-films by alloying with scandium

NTT 物性基礎研<sup>1</sup>, NTT ナノフォトニクスセンタ<sup>2</sup>, 北大院工<sup>3</sup>

○俵毅彦<sup>1,2</sup>, 尾身博雄<sup>1,2</sup>, 穂積貴人<sup>3</sup>, 鍛冶怜奈<sup>3</sup>, 足立智<sup>3</sup>, 後藤秀樹<sup>1</sup>, 寒川哲臣<sup>1</sup>

NTT Basic Research Labs.<sup>1</sup>, NTT Nanophotonics Center<sup>2</sup>, Hokkaido Univ.<sup>3</sup>

○T. Tawara<sup>1,2</sup>, H. Omi<sup>1,2</sup>, T. Hozumi<sup>2</sup>, R. Kaji<sup>2</sup>, S. Adachi<sup>2</sup>, H. Gotoh<sup>1</sup>, T. Sogawa<sup>1</sup>

E-mail: tawara.takehiko@lab.ntt.co.jp

これまで我々は通信波長帯光子による量子コヒーレント操作のプラットフォームとして酸化エルビウム ( $\text{Er}_2\text{O}_3$ ) エピタキシャル薄膜に着目し、その基礎光学特性を調べてきた[1,2]。  $\text{Er}_2\text{O}_3$  は均一な結晶場中に  $\text{Er}^{3+}$  が結晶構成原子として存在することから、4f 軌道各量子準位に光学的にアクセス可能な狭い不均一幅と  $10^{22}\text{cm}^{-3}$  という高 Er 濃度が得られるが、一方で Er イオンが近接 ( $\sim 2\text{\AA}$ ) するためイオン間でポピュレーションの移動が数マイクロ秒という短い時間スケールで生じることが分かっている[2]。今回  $\text{Er}_2\text{O}_3$  をスカンジウムで混晶化[( $\text{Er}_x\text{Sc}_{1-x}$ ) $_2\text{O}_3$ ]する事で Er イオン間距離を制御し、エネルギー移動ならびにエネルギー準位揺らぎの抑制を試みた。

$\text{Sc}_2\text{O}_3$  中の  $\text{Sc}^{3+}$  は通信波長から可視域まで透明であることが知られている[3]。 ( $\text{Er}_x\text{Sc}_{1-x}$ ) $_2\text{O}_3$  ( $x=0.27\sim 0.03$ ) は Si(111) 基板上に MBE 法にて成長温度  $715^\circ\text{C}$ 、膜厚約  $100\text{nm}$  でエピタキシャル成長された。作製された試料の第一励起準位である  $^4I_{13/2}$  準位構造 (シュタルク準位:  $Y^{(s)}_{1-7}$ ) に着目し、 $1470\text{--}1540\text{nm}$  の波長可変レーザを励起光源として Photoluminescence Excitation (PLE) スペクトルを  $4\text{K}$  で測定した。図は  $\text{Er}_2\text{O}_3$  および ( $\text{Er}_{0.05}\text{Sc}_{0.95}$ ) $_2\text{O}_3$  の PLE スペクトル[(a), (c)]と時間分解 PL スペクトル[(b), (d)]である。PLE スペクトルは Er イオン  $C_{3i}$  サイトの  $Y'_1\text{--}Z'_1$  遷移で検出している。図(a)と(c)の比較から、( $\text{Er}_{0.05}\text{Sc}_{0.95}$ ) $_2\text{O}_3$  では  $C_2$  サイトの  $Y_2$  準位吸収が相対的に減少していることがわかる。これは  $C_2$  サイトと  $C_{3i}$  サイトの Er イオン間距離が離れる事により、サイト間共鳴エネルギー移動が抑制されている事を示している。さらに Er イオン間相互作用が抑制された事により、発光寿命が  $140\ \mu\text{s}$  から  $2.2\ \text{ms}$  へと長寿命化、ならびにエネルギー準位幅 ( $Y'_3$ ) は  $200\ \mu\text{eV}$  から  $55\ \mu\text{eV}$  (波長分解能と同等) へと狭線幅化が実現された。

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費 24360033 の助成を受けた。

[1] H. Omi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 02BG07., [2] 2013 応物春 俵他, 28a-G5-2, T. Tawara *et al.*, Appl. Phys. Lett. submitted., [3] I. Trabelsi *et al.*, J. Lumin. **130** (2010) 927.

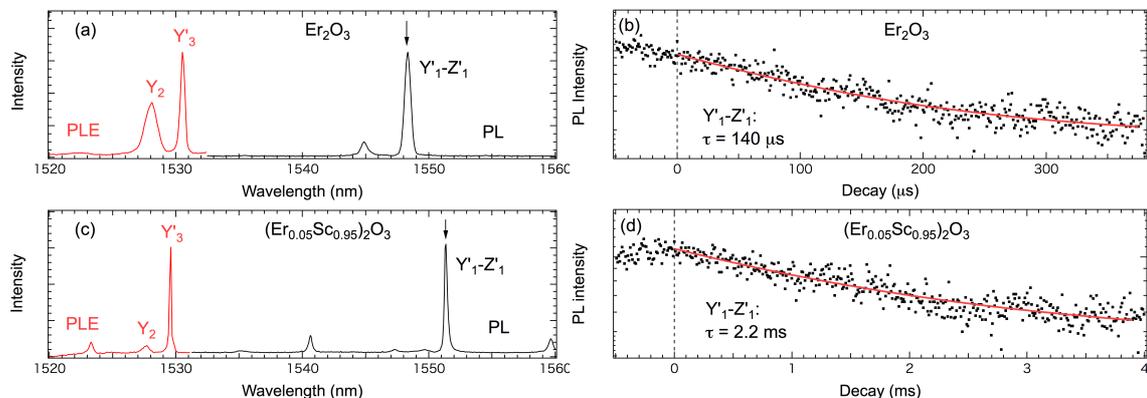


図  $\text{Er}_2\text{O}_3$  および ( $\text{Er}_{0.05}\text{Sc}_{0.95}$ ) $_2\text{O}_3$  の PL(E) スペクトルと時間分解 PL スペクトル。