

酸化エルビウム混晶薄膜発光の温度依存性： エネルギー移動と非発光過程の考察

Energy transfer and nonradiative processes in $(\text{Er}_x\text{Sc}_{1-x})_2\text{O}_3$ thin films

北大院工¹, NTT 物性基礎研², NTT ナノフォトニクスセンタ³

○川上欣洋¹, 鍛冶怜奈¹, 足立 智¹, 俵 毅彦^{2,3}, 尾身博雄^{2,3}

Hokkaido Univ.¹, NTT Basic Research Labs.², NTT Nanophotonics Center³

○Y. Kawakami¹, R. Kaji¹, S. Adachi¹, T. Tawara^{2,3}, H. Omi^{2,3}

E-mail: y.kawakami@eng.hokudai.ac.jp

【はじめに】酸化エルビウム結晶は $4f$ 準位間に通信波長帯光子で駆動できる光学遷移を有しており、これらのエネルギー準位を利用した量子メモリ等の量子デバイスが実現できれば、現在の通信インフラに適合した量子情報通信への応用が期待できる [1]. その実現のためには、結晶内での詳細なエネルギー動的過程の把握が必要である。我々は酸化エルビウム単結晶およびそのスカンジウム混晶薄膜を用いて、結晶内のエネルギー移動および非発光過程について知見を得るべく定常発光スペクトルおよび時間分解発光スペクトルの温度依存性測定を行ったので、その結果について報告する。

【実験および結果】 $(\text{Er}_x\text{Sc}_{1-x})_2\text{O}_3$ 単結晶 ($x=1.0, 0.05, 0.01$) において、 C_{3i} サイト Y'_3 準位共鳴励起 (1530 nm) で取得した (a) 定常発光スペクトルおよび (b) $Y'_1 - Z'_1$ 遷移の発光の時間変化を図 1 に示す。定常発光スペクトルでは、 C_{3i} サイト Y'_3 準位を共鳴励起したにも関わらず、 C_2 サイト $Y_1 - Z_1$ 発光等が観測されることから、 $C_{3i} - C_2$ サイト間のエネルギー移動が存在することが分かる。時間変化の特徴としては、2重指数関数減衰を示していること、Sc 添加濃度が高くなるに従い、速い減衰成分の寄与が小さくなることが挙げられる。これは測定した温度領域 (4 K–60 K) に共通する特徴であった。これらの特徴を再現するために、まずは $C_{3i} - C_2$ サイト間のエネルギー移動を考慮した図 2 に示すダイアグラムでのレート方程式解析を試みた。しかしこの系での Y'_3 準位のポピュレーションの時間変化は常に単一指数関数減衰を示す。そこでこの試料で観測されている C_2 サイトからの上方変換 PL を考慮し、上準位への励起を取り入れると、2重指数関数減衰を再現することが可能である。このことから上方変換 PL のレートの大きな C_2 サイトへのエネルギー移動が 2重指数関数減衰の速い成分の候補の 1つとして挙げられる。

また定常発光スペクトル強度の温度依存性から、欠陥等によるトラップ準位の 1~2つの活性化エネルギーを見積もることができた。講演では非発光過程についても発表を行う予定である。

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

[1] T. Tawara et al., Appl. Phys. Lett. **102**, 241918 (2013).

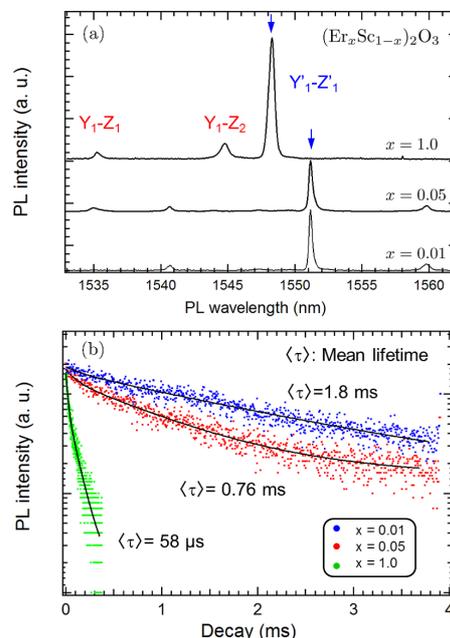


図 1: (a) $(\text{Er}_x\text{Sc}_{1-x})_2\text{O}_3$ 結晶における C_{3i} サイト Y'_3 準位共鳴での定常発光スペクトルおよび (b) $Y'_1 - Z'_1$ 遷移の発光の時間変化。

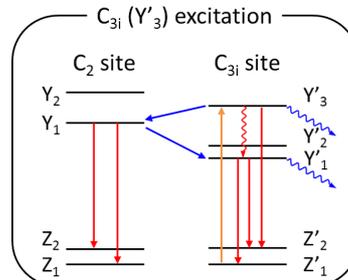


図 2: C_{3i} サイト Y'_3 準位共鳴励起におけるエネルギー準位ダイアグラム。