

PLD 法により作製した $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{2-x-y}\text{SiO}_5$ 結晶の発光強度増感作用の評価 Evaluation of Sensitization Effect in $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{2-x-y}\text{SiO}_5$ Crystals Fabricated by PLD

電通大院情報理工, 近藤 史哉, 一色 秀夫

Univ. Electro-Communications, Fumiya Kondo, Hideo Isshiki

E-mail: kondo@flex.es.uec.ac.jp

1. 研究背景

希土類元素である Er を含む光学材料は $1.53\mu\text{m}$ での発光を示し、シリコンフォトニクス材料として注目されている。さらに励起波長 980nm 帯では Er とともに Yb を添加することで、 Er^{3+} の発光強度の増加が観測されている。Yb $^{3+}$ は Er^{3+} に比べの吸収断面積が約 10 倍大きくその励起状態($^2\text{F}_{5/2}$)のライフタイムが長いため、Yb $^{3+}$ ($^2\text{F}_{5/2}$)から Er^{3+} の第二励起準位($^4\text{I}_{11/2}$)へのエネルギー移動が生じる。そのため、 Er^{3+} の励起効率が上がり発光強度が増加する。本研究では Er^{3+} を高濃度で含むことができる $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶の研究を進めてきた。この Er^{3+} イオン間距離の短い結晶系では、Yb の効果的な増感作用が期待される。これまで $\text{Er}_{0.33}\text{Y}_{1.66}\text{SiO}_5$ 結晶の Y の一部を Yb に置換した $\text{Er}_{0.33}\text{Yb}_{0.33}\text{Y}_{1.33}\text{SiO}_5$ 結晶において、 $1.53\mu\text{m}$ 帯の PL 強度ピークが約 3 倍に増加する強度増感作用を確認した [1]。本研究ではさらなる増感作用の向上を目指すべく Yb:Er の比率を変化させた $\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{2-x-y}\text{SiO}_5$ 結晶を PLD(Pulse Laser Deposition)法で作製し、発光特性の評価を行った。

2. 実験内容

$\text{Er}_x\text{Yb}_y\text{Y}_{2-x-y}\text{SiO}_5$ 結晶作製には PLD 法を用い、回転する金属ターゲットの配置により組成制御を行った。組成は Er の堆積量を一定($x=0.5$)とし、Yb/Er 比が 2、1、0.5、0 となるように Y と Yb の割合($y=1, 0.5, 0.25, 0$)を変えた。PLD 装置内の酸素圧を $1.0 \times 10^{-4}\text{torr}$ とし、Si(100)基板上に約 100nm 堆積した後、Ar 雰囲気中で結晶化アニールを 1200°C 10 分間行った。結晶構造は XRD(X-ray Diffraction)測定により確認した。PL(Photoluminescence)測定には、波長 654nm および 975nm の LD を励起光源とした。強度増感作用評価には、 975nm -LD の動作温度制御により Yb $^{3+}$ の吸収線である 975nm と、off-resonant の 972nm の励起波長を用い、PL ピーク強度の比較を行った。

3. 結果と考察

XRD の結果を Fig 1 に示す。Yb の増加にともない Er_2SiO_5 結晶系で見られるピーク($(n00)$)の強度低下から、Yb により結晶性の低下が起こることがわかった。Fig2 に励起波長 972nm での PL スペクトルを示す。Yb で置換した結晶系においても $\text{Er}_x\text{Y}_{2-x}\text{SiO}_5$ 結晶同様の特徴的なスペクトルが観測されている。PL 強度も XRD 測定結果同様に、Yb の増加にともなう低下が観測されている。この励起波長では Er-Yb 間のエネルギー移動が無い場合、PL 発光強度の変化は結晶性が直接反映されていると考えられる。

Fig 3 に励起波長 975nm および 972nm における Yb/Er 比にたいする PL ピーク強度のプロットを示す。励起波

長 975nm 、Yb/Er 比 0.5 において顕著な PL 発光強度の増加が見られる。2 つの励起波長の PL 強度比から増感作用を見積もった結果(-○-)を図 3 に示す。Yb/Er 比 0.5 で 3.6 倍、1 で 4.0 倍の高い増感作用が表れた。一方、Yb/Er 比 2 では増感作用は 1.3 倍に低下した。これは、Yb の増加にともない近接する Yb イオン間の距離が短くなるため、Yb-Yb のエネルギー移動が優先的に起こり Er にエネルギー移動することなく緩和してしまうためと考えられる。以上より、増感作用の効果と PL の強度を考慮した高い結晶性を保つためには Yb/Er 比を 1 以下にすることが有効であるとわかった。

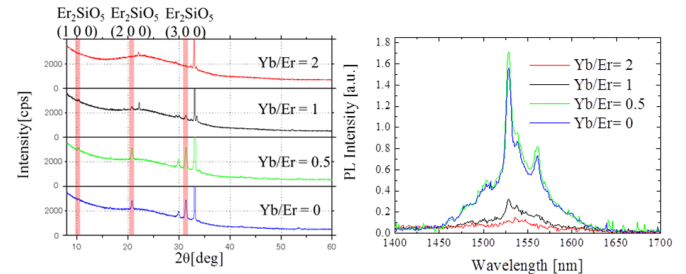


Fig 1 XRD measurement (left)

Fig 2 Room temperature PL at 972nm excitation (right)

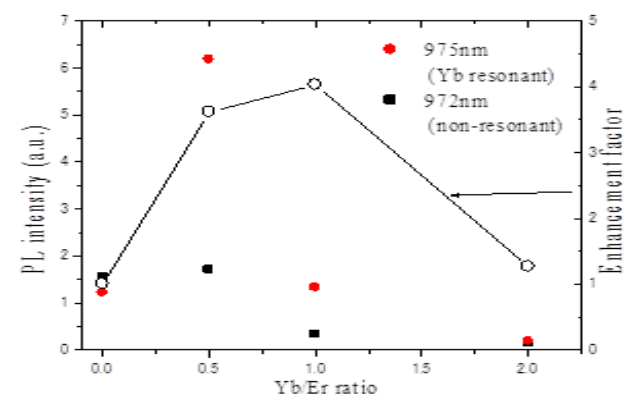


Fig 3 Yb/Er ratio- Sensitization effect

4. 結論

組成比 Er:Yb=1:1 で 4.0 倍、2:1 で 3.6 倍の増感作用が確認できた。PL 発光強度を考慮すると Er_2SiO_5 結晶系を崩さないことが不可欠であり、Yb/Er 比を下げるのが有効である。

5. 参考文献

- [1] H. Isshiki, F. Jing, T. Sato, T. Nakajima, and T. Kimura, "Rare Earth Silicates as gain media for Silicon Photonics", Photonics Research 2, pp. A45-A55 (2014)