

Er₂O₃/Y₂O₃ 超格子の構造解析および発光特性評価

Structure analysis and optical characterization of Er₂O₃/Y₂O₃ superlattices

NTT 物性基礎研¹, NTT ナノフォトンクスセンタ², 東京理科大³

○尾身博雄^{1,2}, 平石真也^{1,3}, 俵穀彦^{1,2,3}, 山本秀樹¹

NTT Basic Research Labs.¹, NTT Nanophotonics Center², Tokyo Univ. Sci.³

○H. Omi^{1,2}, M. Hiraishi^{1,3}, T. Tawara^{1,2,3}, H. Yamamoto¹

E-mail: omi.hiroo@lab.ntt.co.jp

希土類酸化物結晶 Er₂O₃ は通信波長帯の光増幅および発光材料としてシリコンフォトニクスの分野で重要な発光材料である。しかし、Er₂O₃ 結晶は $\sim 10^{22} \text{cm}^{-3}$ の高濃度の Er³⁺ イオンを含有するため、エネルギーマイグレーション、異なるサイト間でのエネルギー移動、またはアップコンバージョンに起因した発光効率の低下が問題になっている。そこで、前回我々は、Si 基板上にエピタキシャル成長した Er₂O₃ 膜からの発光を増強させることを目的として Er₂O₃(格子定数: $a=10.548 \text{Å}$) と Y₂O₃($a=10.60 \text{Å}$) の超格子を Si(111)基板上に MBE 成長し、Er₂O₃ 層の膜厚が小さいほど Er からの波長 $1.5 \mu\text{m}$ の発光強度が増加することを報告した。今回は、Si(111)上に MBE 成長した Er₂O₃/Y₂O₃ 超格子を斜入射 X 線回折で詳細に評価した結果について報告する。

Er₂O₃/Y₂O₃ 超格子は酸素ラジカルビーム源を備えた MBE チャンバー内で Er と Y を電子線蒸着法により交互に蒸着することにより作製した。蒸着レートは電子衝撃発光分光法により制御した。基板には Si(111)を用い、超高真空中で加熱して(7×7)清浄表面を出現させた。超格子膜の斜入射 X 線回折(GIXD)による評価は放射光施設 SPring-8 のビームライン BL24 に設置された加熱炉を装備した GIXD 装置で行い、X 線の波長は 1.24Å とした。GIXD 法では一般に X 線の入射角を変えることにより薄膜表面の深さ方向に対して構造解析を行うことができる。図 1 は Si(111)上の[Er₂O₃(1 nm)/Y₂O₃(2 nm)]₁₀ 超格子から得た GIXD プロファイルの入射 X 線の入射角依存性を示す。いずれの入射角に対しても Si 基板からの(220)反射と超格子膜からの (440)反射が測定され、それらのピーク位置は X 線の入射角に依存せず常に一定であった。この結果は[Er₂O₃(1 nm)/Y₂O₃(2 nm)]₁₀ 超格子が Er₂O₃ と Y₂O₃ とを交互に積層した多層構造であるにも関わらず In-plane の格子定数は深さ方向に対して常に一定であることを示している。図 2 は(440)格子定数の温度依存性である。面内格子定数 $d(440)$ と基板温度(T)との関係が $d(440)=1.871+0.964 \times 10^{-6}T$ [1/K] であることが分かった。また、格子定数が均一であることを反映して 1535 nm にシャープな Er 発光が観測されている。

本研究は JSPS 科研費 JP15H0413, JP16H01057 の助成を受けている。

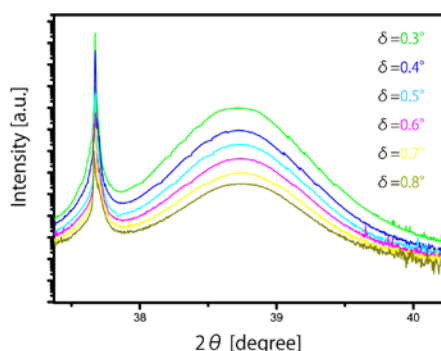


図 1 GIXD プロファイル

δ : 入射角

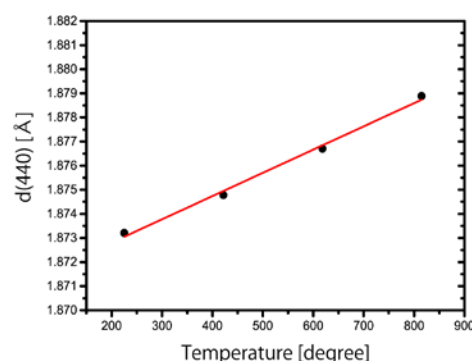


図 2 $d(440)$ の温度依存性