

## Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 超格子のMBE成長

### Molecular beam epitaxy of Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> superlattices

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

○尾身博雄<sup>1,2</sup>, 伊藤友樹<sup>1,\*</sup>, 俵毅彦<sup>1,2</sup>, 山本秀樹<sup>1,2</sup>

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

○H. Omi<sup>1,2</sup>, Y. Itoh<sup>1</sup>, T. Tawara<sup>1,2</sup>, H. Yamamoto<sup>1</sup>

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

希土類酸化物結晶 Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 結晶は $\sim 10^{22} \text{cm}^{-3}$ の高濃度の Er<sup>3+</sup>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。そこで前回まで我々はこれらの問題を解決するため、(Er<sub>x</sub>Sc<sub>1-x</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 混晶膜を Si(111)上に混晶比(x)を関数として分子線エピタキシャル(MBE)成長し、その局所構造、発光特性を、広域 X 線吸収微細構造および PL 法により評価し、また、Si 基板と混晶膜の界面に形成されるバンドオフセットを硬 X 線光電子分光法により決定した結果について報告してきた。今回は、Si 基板上にエピタキシャル成長した Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜からの発光を増強させることを目的として Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(格子定数: a=10.548 Å)と Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(a=10.60 Å)の超格子を Si(111)基板上に MBE 成長することに成功したので、その結果を報告する。

Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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突放出スペクトロスコピー法により制御した。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。成長膜は反射高速電子回折、X 線回折(XRD)、放射光斜入射 X 線回折(GIXD)、X 線全反射測定、断面透過電子線顕微鏡、エネルギー分散型 X 線分析(EDS)、フォトルミネッセンス法(PL)により評価した。GIXD 測定は放射光施設 SPring-8 のビームライン BL24 で行った。

図は Si(111)上に MBE 成長した Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 超格子の高角散乱環状暗視野走査透過顕微鏡(HAADF-STEM)像である。この図に見られる通り、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層と Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層が周期的に積層されていること、膜中および界面に転位が認められないこと、さらに、Si 基板と超格子の界面にアモルファスの SiO<sub>2</sub> 層が形成されていないことから、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 超格子が Si(111)上にコヒーレントにエピタキシャル成長していることが分かる。一方、この超格子に含まれる Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の総量と同量の Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 単層膜を Si(111)上にエピタキシャル成長させ、超格子と単層膜からの PL 発光を測定したところ、Er<sup>3+</sup>イオンの 1.5 μm の発光は Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 超格子からは観測されたが、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜からは観測されなかった。この結果は、超格子構造の形成が Er 発光の増強に本質的であることを示している。さらに、Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 超格子の成長において、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜厚が一定の条件で Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜の膜厚を変化させたところ、超格子膜からの Er の発光強度が Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜の膜厚 (t) の減少に伴い指数関数的に増加することが明らかになった。本研究は JSPS 科研費 JP15H04130、JP16H01057 の助成を受けたものです。

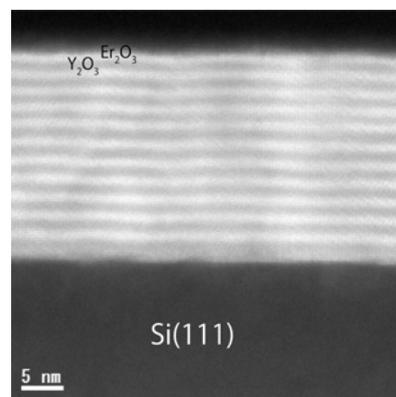


図 超格子の HAADF-STEM 像

\*現所属：東北大学工学研究科電子工学専攻