

Si 基板上($\text{Er}_{1-x}\text{Sc}_x$) $_2\text{O}_3$ のMBE成長MBE growth of ($\text{Er}_{1-x}\text{Sc}_x$) $_2\text{O}_3$ on Si substratesNTT 物性基礎研¹, NTT ナノフォトンクスセンタ², 北大院工³○尾身博雄^{1,2}, 俵毅彦^{1,2}, 鍛冶怜奈³, 穂積貴人³, 足立智³, 後藤秀樹¹, 寒川哲臣¹NTT Basic Research Labs.¹, NTT Nanophotonics Center², Hokkaido Univ.³○H. Omi^{1,2}, T. Tawara^{1,2}, R. Kaji³, T. Hozumi³, S. Adachi³, H. Gotoh¹, T. Sogawa¹

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

希土類酸化物結晶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リソグラフィ分野で注目を集めている。前回我々は分子線エピタキシャル成長(MBE)で Si(111)上に良質な酸化エルビウム(Er_2O_3)のエピタキシャル単結晶薄膜が得られることを報告した。しかし、一般によく知られている通り、 Er_2O_3 結晶では内包する Er イオンの濃度が高すぎるため ($\sim 10^{22}\text{cm}^{-3}$)、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る。今回、我々は、この問題を解決するために、 Er_2O_3 と同じ結晶構造(bixbyite)をもち、YAG 結晶よりも熱伝導率の高い酸化スカンジウム(Sc_2O_3)を Er 添加のホスト材料として選択し、Er 添加 Sc_2O_3 薄膜を Si(111)基板上に MBE 成長することを試みた。

反射光速電子回折(RHEED)を備えた MBE チャンバー内で Er_2O_3 と Sc_2O_3 を電子線蒸着法により同時に蒸着した。基板には Si(111)を用い、 Er_2O_3 と Sc_2O_3 の蒸着前に化学処理した Si を超高真空中で加熱し、清浄表面を出現させた。成長膜は、RHEED, X 線回折 (XRD), 斜入射 X 線回折, X 線全反射測定 (XRR), 断面透過電子線顕微鏡, ラザフォード後方散乱 (RBS), X 線吸収微細構造法、およびフォトルミネッセンス法 (PL) により評価した。放射光実験は SPring-8 のビームライン BL8, BL15, BL24 で行った。

図 1 は、Si(111)上に基板温度が 715°C で成長した Er 添加 Sc_2O_3 膜からの θ -2 θ XRD パターンである。このパターンは、Si 基板と Sc_2O_3 とのミスフィットが 9.2% であるにもかかわらず、混晶酸化物膜($\text{Er}_{1-x}\text{Sc}_x$) $_2\text{O}_3$ が Si(111)上にエピタキシャル成長することを示している。この試料の RBS 測定の結果は Er がこのエピタキシャル膜中に均一に分布し、その濃度が 1.2at% であることを示した。

また、XRR の結果はこのエピタキシャル膜と Si 基板との界面にシリコン酸化膜の極薄層が形成されること、さらに、PL 測定の結果はこの混晶膜中の Er^{3+} イオンが波長 1.5 μm で発光し、 Er_2O_3 よりもその光学特性が改善されることを示した。

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

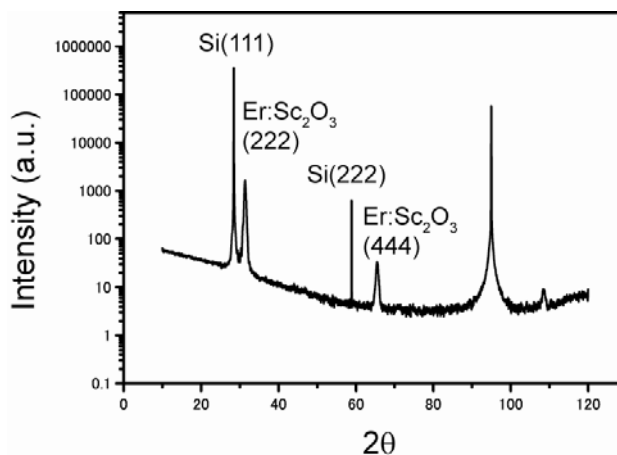


図 1: XRD 0-2θ

スキャン