

## Si基板上における非磁性 Y-W-O 薄膜のMBE成長

### Molecular beam epitaxy of nonmagnetic Y-W-O films on silicon

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>, 依殺彦<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>, T. Tawara<sup>1,2</sup>, H. Yamamoto<sup>1</sup>

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

希土類元素添加酸化物結晶は量子光通信を実現するためキーマテリアルの一つである。特に、添加材として Er を用いて通信波長帯での量子光学通信を実現するためには、そのホスト結晶となる酸化物から添加 Er<sup>3+</sup>イオンのエネルギーレベルを擾乱する電子スピン、核磁気モーメントをできる限り多く取り除く必要がある。このような要請のもと現在最も注目を集めている結晶が Y<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>(YSO)である。YSO は電子スピンを持たない閉殻の Y<sup>3+</sup>, Si<sup>4+</sup>, O<sup>2-</sup>イオンにより構成され、しかも、Y の核磁気モーメントは小さく、O の核磁気モーメントは殆どゼロであるため、結果的に YSO は全スピン密度が極めて小さな理想的な非磁性結晶となっている。実際に世界で最も細い発光スペクトルはこの YSO 結晶で達成されていると言われている[1]。一方、我々は極最近 Cz 成長法により YSO 単結晶を作製し、その YSO に添加する Er の同位体を <sup>167</sup>Er だけに純化することで、<sup>167</sup>Er<sup>3+</sup>イオンの超微細構造のエネルギーレベル間の発光が長寿命化できることを示し、量子光学応用における YSO 単結晶の有用性を支持する結果を得た。しかし、今後さらに Er 発光の横緩和時間(t<sub>2</sub>)の長寿命化を図るためには、Er の同位体制御に加え、この YSO 単結晶をしのぐ良質な量子光学結晶を開発する必要がある。そこで、今回我々は Y-Si-O 系に含まれる元素 Si をそれよりも小さな核磁気モーメントをもつ元素 W で置き換えた Y-W-O 系に注目し、中でも特に電子スピンを持たない W<sup>6+</sup>イオンを含む Y<sub>6</sub>WO<sub>12</sub>(立方晶)結晶を Si 基板上に MBE 成長することを試みた。Y-W-O 薄膜は酸素ラジカルビーム源を備えた MBE チャンバー内で Y と W を電子線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ーピー(EIES)法により制御した。基板には Si(111)を用い、超高真空中で加熱することにより(7×7)清浄表面を出現させた。MBE では、先ず Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を、次に Y-W-O 膜を成長した。図は成長膜の XTEM 像である。この図に見られる通り、Si(111)上で Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層がエピタキシャル成長した後、その Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層上に引き続き Y-W-O 膜がエピタキシャル成長している。Y-W-O 膜からの TEM, XRD, 斜入射 X 線回折(GIXD)の回折パターンは Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>にはほぼ一致し、エネルギー分散型 X 線分析(EDS)による組成分析は Y<sub>6</sub>WO<sub>12</sub>の組成比に近いことを示した。また、Y-W-O 膜の XTEM 像にコントラストの濃淡が認められた。これらの結果は、Y-W-O 膜が Defect Fluorite 構造の Y<sub>6</sub>WO<sub>12</sub> (高温相)と Bixbyite 構造の Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とが混合した構造であることを示唆している。さらに、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層と Y-W-O 層との界面では W の濃度が高く、部分的に格子が整合していないことが分かった。本研究は JSPS 科研費 JP15H04130, JP16H01057 の助成を受けたものです。

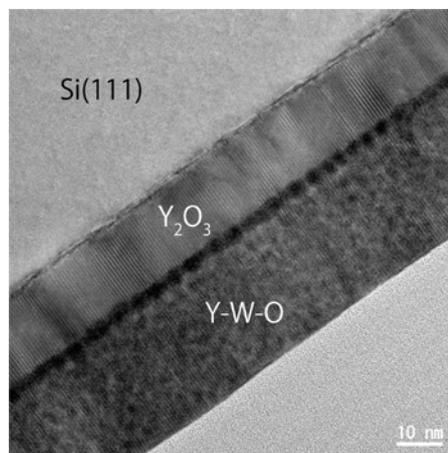


図 Y-W-O 膜/Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si(111)の XTEM 像

[1] T. Bottger, *et al.*, Phys. Rev. B 79, 115104 (2009).