

高い基板温度および超高真空を目指した PLD 装置の立上げと YbFe₂O₄ 薄膜作製と結晶評価

Fabrication of Pulsed Laser Deposition system for high substrate temperature and high vacuum, and preparation of YbFe₂O₄ thin film using the system

○車井健慎¹, 田村怜大¹, 吉原大道², 横川泰士², 谷利優斗², 岩田展幸³

*Kenshin Kurumai¹, Reo Tamura¹, Daido Yoshiwara², Taishi Yokokawa², Yuto Tanikaga², Nobuyuki Iwata³

Abstract: We introduced the new deposition system and prepared YbFe₂O₄ film on the surface *c*-plane sapphire substrate using pulsed laser deposition (PLD) method. By introducing, the pressure in chamber is improved 6.1×10^{-7} Pa. From the result of X-ray diffraction 2θ spectrum, It shown not only YbFe₂O₄ peaks but also Fe₃O₄ peaks.

1. 背景・目的

RFe₂O₄(R=Y, Dy-Lu, Sc, In)は、Fe²⁺とFe³⁺の秩序化を起源とする電子型強誘電体として知られている^[1]。Fe イオンの電荷秩序とスピン秩序に相関が存在するため電気磁気効果も観測されている^[2-3]。RFe₂O₄は電子が電気分極を担うため、高速動作かつ低エネルギーで繰り返し耐久性が高いと期待している。R 原子に Yb を選択し、新たに立ち上げたパルスレーザー堆積装置を用いて YbFe₂O₄ 薄膜の作製を試みた。

2. 実験方法

YbFe₂O₄ 薄膜の作製には非常に低い酸素分圧が必要であることが知られている^[4]。新たな成膜装置の導入により、精密に酸素分圧を制御でき、高品質な YbFe₂O₄ エピタキシャル薄膜の作製が可能になる。ロードロックシステムの導入、および超高真空赤外線ランプヒーター導入により到達真空度 6.1×10^{-7} Pa、到達基板温度 900°C を達成した。

Figure 1 に成膜後の YbFe₂O₄ ターゲット写真を示す。ターゲットの自転・公転プログラムの作成により、ターゲット全体にわたり均一なアブレーションを実現した。

c-Al₂O₃ 基板をアセトン 5 分、15 分、エタノール 5 分で超音波洗浄を行い、1050°C で 12 時間大気アニール処理を行った。パルスレーザー堆積法(Pulsed Laser Deposition:PLD 法)にて *c*-Al₂O₃ 基板上に YbFe₂O₄ 薄膜を成膜した。成膜条件は成膜温度 820°C、レーザーエネルギー密度 5.0J/cm²、背圧 2.1×10^{-5} Pa、酸素分圧 1.0×10^{-5} Pa、成膜時圧力 2.3×10^{-4} Pa、成膜時間 1 時間とした。

3. 結果・考察

Figure 2 に 2θ 測定の結果を示す。YbFe₂O₄(0003), (0006), (0009), (00012)が観測された。しかし、Fe₃O₄(022), (044), (066)のピークも観測された。酸素過多な条件下では YbFeO₃ や Yb₂O₃, Fe₃O₄ が成長することが知られている^[4]。酸素分圧が高かったため、Fe₃O₄ が結晶成長したと考えている。

4. まとめ

本研究では新しい PLD 装置の立上げを行い、*c*-Al₂O₃ 基板上に YbFe₂O₄ 薄膜の作製し結晶評価を行った。X 線回折 2θ 測定により YbFe₂O₄ だけでなく、Fe₃O₄ が成長していたことがわかった。成膜時の酸素分圧が過剰であったため、Fe₃O₄ が結晶成長したと考察する。

5. 参考文献

[1] N. Ikeda *et al.*, Nature **436** 1136 (2005).

[2] T. Kambe *et al.*, Phys. Rev. Lett. **110** 117602 (2013).

[3] F. Wang *et al.*, J. Phys.: Condens. Matt. **22** 496001 (2010). [4] J. Tanaka *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **58** SLLB11 (2019).

1 : 日大理工・院 (前)・電子工 2 : 日大理工・学部・電子工 3 : 日大理工・教員・電子工

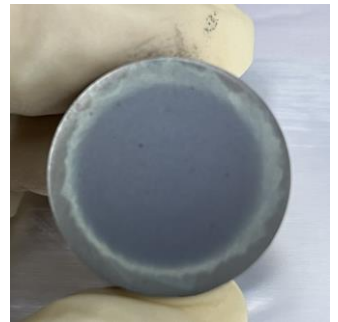


Figure 1. 成膜後の YbFe₂O₄ ターゲットの写真。ターゲット全体にわたり均一なアブレーションを実現した。

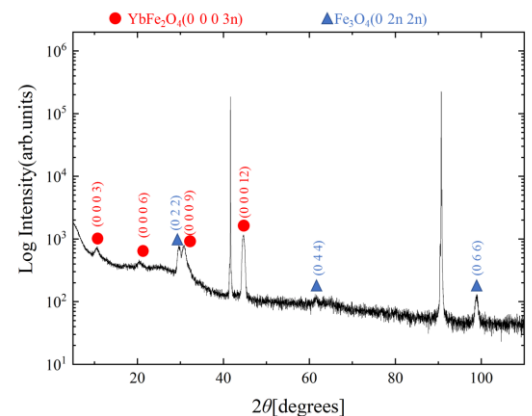


Figure 2. 2θ 測定の結果。YbFe₂O₄(0003), (0006), (0009), (00012)が観測された。しかし、Fe₃O₄(022), (044), (066)が観測された。