蛍光 X 線ホログラフィを用いた Mn ドープ BiFe0₃薄膜の局所構造解析

Local Structure Analysis of a Mn-doped BiFeO3 The Film by a X-ray Fluorescence

Holography

兵庫県立大学¹, 広島市立大学², 名古屋工業大学³^O(M1) 渕脇 八雲¹, 中嶋 誠二¹, 藤澤 浩訓¹, 黒川 悠太¹, 八方 直久², 林 好一³, 木村 耕治³, 山本 裕太³, 松本 亮平³

Hyogo Univ.¹, Hiroshima City Univ.², Nagoya Institute of Technology.³, Yakumo Fuchiwaki¹,

Seiji Nakashima¹, Hironori Fujisawa¹, Yuta Kurokawa¹, Naohisa Happo², Koichi Hayashi³,

Kimura Koji³, Yuta Yamamoto³, Ryohei Matsumoto³

ei18k026@steng.u-hyogo.ac.jp

1.序論

強誘電体とは、自発分極有し、外部電界によりその向きを反転できる材料で、圧電性、焦電性 といった性質を併せ持つ材料であり、不揮発性強誘電体メモリや圧電アクチュエータの応用が期 待されてきた。近年、強誘電体材料の一種である BiFeO₃(BFO)は、自発分極が 100μC/cm² と大き く、強誘電性半導体としての応用も確認されており¹⁾、大きく期待されいる。また、BFO に Mn を 添加することで物性の変化が確認されている。これまでに、我々も Mn 添加による BFO のフェル ミ準位の変化や、それに伴うリーク電流の変化を観測している。Mn ドープが BFO の物性におよ ぼす影響を明らかにするためには、Mn ドープ BFO における Mn 及び Fe 原子近傍の局所構造が明 らかにする必要がある。

本研究では、大気中での測定が可能でドーパントから最大で第10近傍までの三次元的原子配列 を明らかにできるという利点を有する蛍光 X 線ホログラフィを用いて、BFO の Mn 及び Fe 原子 近傍の局所構造解析を行った。

2.実験方法

測定試料は、<110>方向に 4° 傾斜がある SrTiO₃(STO)(001)単結晶基板上に RF マグネトロンス ッタにより、Mn ドープ量が 10 at %の BiFeO₃ 薄膜を基板温度 655 ℃、成膜圧力 0.5 Pa、成膜速度 1.8 nm/min で 1 µm 成膜したものを用いた。STO 基板は、表面を Ti-0 で終端させるために B-HF を 用いて化学エッチングした後に大気圧中で 1000 ℃、3 時間の条件でアニールを行った。

蛍光 X 線ホログラフィ(X-ray Fluorescence Holography:XFH)の測定は、SPring-8 の BL13XU ビー ムラインにて行った。XFH の測定の手法は複数のエネルギーでホログラフム多重に得ることので きるインバース法を用いた。Mn 及び Fe の検出した蛍光 X 線ホログラム測定には、それぞれ Mn Kα(5.9 keV)及び Fe Kβ(6.5 keV)を用いた。よって、入射 X 線の範囲はそれぞれ Mn: 7.2-10.7 keV(0.5 keV 間隔)、Fe: 7.7-11.2 keV(0.5 keV 間隔)で行い、計 8 つのエネルギーでホログラムを得た。その 後、8 つのホログラフより解析ソフト(3D AIR IMAGE)を用いて Mn 及び Fe を中心とした原子像の 再生を行った。

3.結果及び考察

Figure 1 に Mn ドープ BFO 薄膜におけるドーパントである Mn 原子近傍の原子像を示す。Figure 1 は Mn ドープ BFO の結 晶構造における Bi-O 面の断面を示している。Bi 原子と考えら れる原子像が格子定数である約4 Å間隔で観測された。Fe 原 子近傍の原子構造も同様に再生したところ Mn 近傍の局所構 造と良い一致を示した、そのことから、Mn は Fe サイト(B サ イト)に置換されていることが明になった。

<参考文献>

1). Z. Hu et al ., Appl. Phys. Lett. 102, 102901 (2013).

[謝辞]

本研究の一部は科研費(No. 16K06272)及び岩谷直治記財助 成金の支援により行われました。また、蛍光 X 線ホログフ ィ実験は JASRI/SPring-8 BL13XU 課題番号 2018B1456 に より行われました。



Figure 1. Atomic images around Mn atom in Mn-doped BiFeO₃ thin film.