

## 研究論文

## 水素雰囲気下熱処理およびヒドリドドーピング下の

 $Y_{0.77}Gd_{0.23}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  薄膜の結晶相安定性

†浪田秀郎\*, 佐藤弘之\*, 的場正憲\*\*\*, 岩崎 秀\*\*\*, 藤岡正弥\*\*\*,  
原 由子\*\*\*\*, 原田工夢\*\*\*\*, 三浦正志\*\*\*\*, 神原陽一\*\*\*

### Crystallographic Phase of $Y_{0.77}Gd_{0.23}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ Thin Films after Heat Treatment under Hydrogen Atmosphere and Hydride Doping

by

† Hideo NAMITA\*, Hiroyuki SATO\*, Masanori MATOBA\*\*\*, Suguru IWASAKI\*\*\*,  
Masaya FUJIOKA\*\*\*, Yoshiko HARA\*\*\*\*, Takumu HARADA\*\*\*\*, Masashi MIURA\*\*\*\*  
and Yoichi KAMIHARA\*\*\*

(Received Feb. 27, 2024; Accepted Apr. 3, 2024)

#### Abstract

Metal organic deposited  $Y_{0.77}Gd_{0.23}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$  ((Y,Gd)BCO) thin films on  $SrTiO_3$  substrate were heat-treated in hydrogen ( $H_2$ ) atmosphere below 300 °C with or without hydride bias irradiation. Two kinds of (Y,Gd)BCO thin films prepared as over-doped ( $\delta \sim 0.05$ ) and under-doped ( $\delta \sim 0.35$ ) were used for the heat treatment. The (Y,Gd)BCO crystallographic phase disappears in both of over-doped and under-doped thin films heated at heat treatment temperature ( $T$ ) = 300 °C. The (Y,Gd)BCO crystallographic phase sustains at the higher  $T = 250$  °C in the under-doped samples. Heat treatment at  $T \leq 200$  °C increased lattice constant ( $c$ ) at a room temperature for both thin films. As for samples heated at  $T = 210$  °C, the  $c$  of hydride ( $H^-$ ) irradiated one increases; however, the  $c$  of  $H^-$  unirradiated one decreases.

**Keywords:** High-temperature superconductor, YBCO thin film, hydrogen incorporation, crystal structure

#### 1. 緒言

$YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  (YBCO) は, 1987 年に Chu らにより液体窒素温度(77 K) を超える超伝導転移温度  $T_c = 92$  K を示す銅

酸化物高温超伝導材料として報告された.<sup>1)</sup> YBCO の上部臨界磁場( $H_{c2}$ )はよく知られた金属系超伝導体である Nb-Ti や  $Nb_3Sn$  に比べ極めて高く<sup>2)</sup>, 0 K 外挿の真空中の磁束密度に換算すると, 磁気定数( $\mu_0$ )を用いて $\mu_0 H_{c2} \sim 120$  Tesla に上る.<sup>3)</sup> これは, YBCO より  $T_c$  が高い  $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$  に比べても高い値である.<sup>4)</sup> 従って, YBCO を母相とする超伝導体は高磁場下の応用が期待される.

Fig.1(a)に酸素欠損が無い(Y,Gd)BCO ( $\delta = 0$ ) の結晶構造を示す. これは Cu に酸素が配位したペロブスカイト型構造を基本とした層状の結晶である. 図中の Cu(I) 及び Cu(II) は, それぞれ+1 価, +2 価の銅イオンを示す. (Y,Gd)BCO は直方晶(orthorhombic)の化合物であり, 空間群は  $Pmmm$  である. Cu(I)O chain に存在する酸素原子 O(1)に関して,  $b$  軸方向に

令和 6 年 2 月 27 日受付

\* 慶應義塾大学理工学部物理情報工学科 : 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1

TEL 045-566-1590 FAX 045-566-1587

Department of Applied Physics and Physico-Informatics

Faculty of Science and Technology, Keio University.

Yokohama, Kanagawa 223-8522, Japan namita\_hideo@keio.jp

\*\* 慶應義塾大学スピントロニクス研究開発センター

Spintronics Research and Development Center, Keio University

\*\*\* 北海道大学 電子科学研究所

Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University

\*\*\*\* 成蹊大学 理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Seikei University

†: 連絡先/Corresponding author