

Bi2212-THz波発振器におけるデバイス特性の材料組成依存性の研究

Study of material composition dependence of device properties in Bi2212-THz emitter

筑波大数理物質¹, 産総研², KEK物構研PF³, NIMS⁴,

東大物性研⁵, 東北大金研⁶, 筑波大ABES R&Dセンター⁷

○中川駿吾^{1,2}, 柏木隆成¹, 中山蘭^{1,2}, Kim Jeonghyuk¹, 山口啄弥¹, 桑野玄気¹, 楠瀬慎二¹,
辻本学¹, 南英俊¹, 中尾裕則³, 茂筑高士⁴, 石田茂之², 永崎洋², 長谷川幸雄⁵, 木村尚次郎⁶, 門脇和男⁷

Univ. of Tsukuba¹, AIST², PF IMSS KEK³, NIMS⁴,

The Univ. of Tokyo⁵, IMR Tohoku Univ.⁶, Univ. of Tsukuba ABES R&D Center⁷

○S. Nakagawa^{1,2}, T. Kashiwagi¹, M. Nakayama^{1,2}, J. Kim¹, T. Yamaguchi¹,

G. Kuwano¹, S. Kusunose¹, M. Tsujimoto¹, H. Minami¹, H. Nakao³, T. Mochiku⁴,

S. Ishida², H. Eisaki², Y. Hasegawa⁵, S. Kimura⁶, K. Kadowaki⁷

E-mail: nakagawa.shungo.su@alumni.tsukuba.ac.jp

次世代電波技術であるテラヘルツ帯の電磁波を担う小型光源として、銅酸化物超伝導体 $\text{Bi}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212) を用いたテラヘルツ発振器 (Bi2212-THz 発振器) の開発を行っている^[1]。高出力・狭線幅化といったデバイス性能の向上を目指し、現在は材料特性とデバイス特性の相関について研究を行っている。Bi2212-THz 発振器は、結晶構造の c 軸方向に積層する固有ジョセフソン接合を利用してテラヘルツ帯の交流電流を生み出す。材料の Bi2212 には、金属不定比組成 Bi の Sr 置換量 (x) および過剰酸素 (δ) が存在し、組成式が整数の比率にならない特徴を持つ。これらの不定比組成は、結晶中のホールキャリア量に影響し、 c 軸方向の輸送特性などに影響を持つ^[2]。また、不定比組成により結晶構造の乱れが発生し、超伝導転移温度 T_c などの超伝導特性に対して影響を与えることが知られている^[3]。我々は、これまでに過剰酸素 δ の調整が結晶の c 軸の結晶性に变化を及ぼし、デバイスの I - V 特性に反映されることを確認した^[4]。本研究ではさらに、Sr 置換量に注目するとともに、過剰酸素の量を系統的に変化させた結晶をデバイスに加工し、それらについて結晶 c 軸方向の均一性とデバイス特性を併せて評価した。

Bi2212 単結晶は、仕込み量を $x=0.05$ 及び $x=0.15$ として FZ 法で育成した。各単結晶はいくつかの制御雰囲気下 ($\text{O}_2 \cdot \text{N}_2$ など) でそれぞれ4日間程度熱処理を行い、過剰酸素 δ を調整した。その後、各結晶をウェットエッチング法^[5]を用いて $80 \times 200 \times 3 \sim 5 \mu\text{m}^3$ の単独メサ構造に加工した。同一のへき開面から得た複数の単独メサ構造を、放射光 X 線回折実験とデバイス評価に用いた。放射光で測定した (0026) の $2\theta/\theta$ スキャンの代表的な結果を図1に示す。 O_2 中での熱処理を行った結晶は、 N_2 中のものと比べるとピークがブロードまたは分裂する傾向が見られた。また $x=0.15$ の単結晶と比べて $x=0.05$ の単結晶では全体的にピークがブロードな傾向が見られた。現在は、これらの結晶を用いて作製した発振素子について、その電流-電圧特性や発振強度などのデバイス特性を調査中である。当日は、これらの対応関係を報告する。

[1] L. Ozyuzer *et al.*, Science **318**, 1291 (2007).

[2] T. Watanabe *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 2113 (1997).

[3] H. Eisaki *et al.*, Phys. Rev. B **69**, 064512 (2004).

[4] 中山ら, 第81回応用物理学会秋季学術講演会, 9p-Z27-23 (2020).

[5] Y. Shibano *et al.*, AIP Advances **9**, 015116 (2019).

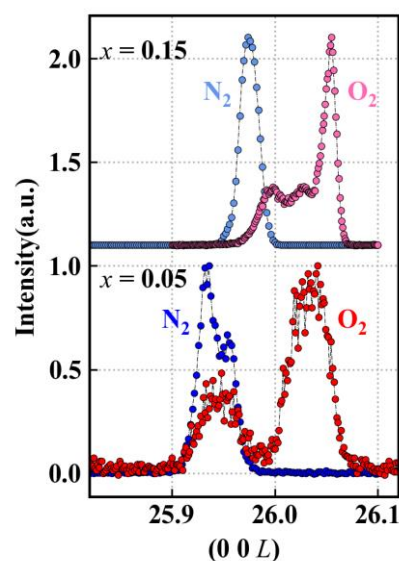


図1 $x=0.05$ と 0.15 の結晶で作製した単独メサ構造の (0026) 付近 $2\theta/\theta$ スキャンの熱処理依存性