

Bi2212-THz波発振器における材料組成依存性の研究 II

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

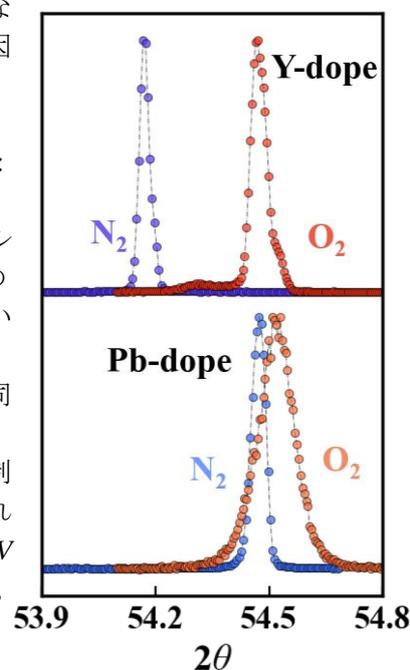
筑波大数理物質¹, 産総研², KEK物構研PF³, NIMS⁴, 東大物性研⁵, 東北大金研⁶○中川駿吾^{1,2}, 柏木隆成¹, 中山繭^{1,2}, Kim Jeonghyuk¹, 山口啄弥¹, 桑野玄気¹, 辻本学^{1,2}, 南英俊¹, 門脇和男¹, 石田茂之², 永崎洋², 中尾裕則³, 茂筑高士⁴, 長谷川幸雄⁵, 木村尚次郎⁶
Univ. of Tsukuba¹, AIST², PF IMSS KEK³, NIMS⁴, The Univ. of Tokyo⁵, IMR Tohoku Univ.⁶°S. Nakagawa^{1,2}, T. Kashiwagi¹, M. Nakayama^{1,2}, J. Kim¹, T. Yamaguchi¹,G. Kuwano¹, M. Tsujimoto^{1,2}, H. Minami¹, K. Kadowaki¹, S. Ishida², H. Eisaki²,H. Nakao³, T. Mochiku⁴, Y. Hasegawa⁵, S. Kimura⁶

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

テラヘルツ帯電磁波(THz波)の小型光源の開発は、次世代の電波産業に不可欠である。我々は、銅酸化物超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (Bi2212)を用いた THz 波発振器^[1]の開発を行っており、現在は材料特性がデバイスの電流-電圧(I - V)特性に与える影響について研究を行っている。Bi2212-THz波発振器では、 c 軸方向に内在する固有ジョセフソン接合が交流電流の起源であり、 c 軸方向の構造の乱れが I - V 特性に大きく影響する。また Bi2212 は、組成式 $\text{Bi}_{2+x}\text{Sr}_{2-x}\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ で示されるように、Bi-Sr 比(x)、過剰酸素(δ)という不定比組成がある。 x が0に近いほど超伝導転移温度が高くなる一方^[2]、 $x=0.10\sim 0.15$ 程度で大型の単結晶が得られやすい。また、 δ はキャリアドーピング量と関連し、 c 軸の輸送特性に大きく影響することが知られている^[3]。

前回の報告^[4]では、 $x=0.05$ の単結晶についてデバイス加工し、格子定数 c のばらつきを評価した。その結果、 $x=0.15$ のときと同様に O_2 アニールによって δ を増加させた際、 $00L$ ブラッグ反射の分裂を生じることが分かったが、その原因については不明だった。また、 $x=0.0$ に近づくと、Caが欠損することが知られている。これらを踏まえ、今回はCaの一部をYで置換した結晶とBiの一部をPbで置換した結晶を準備した。Y置換によりCaサイトの欠損が抑えられることが期待できる。また、Pb置換することで予め δ を減少させた結晶^[5]になるため、 x を変えた結晶とは別の観点から格子定数の分裂の原因の理解が進むと考えた。

仕込み量でBiを約30%Pbに置換したBi2212単結晶(以下:Pb-dope)および $x=0.00$ でCaを8%Yに置換した単結晶(以下:Y-dope)を、浮遊帯域熔融法を用いて育成した。これらの結晶を、それぞれ N_2 600°C、 O_2 400°Cの2種類の条件で4日以上アニールした後、ウェットエッチング法^[6]を用いて $80\times 400\times \sim 5\mu\text{m}^3$ 程度の単独メサに加工した。加工した結晶は放射光X線回折実験を用いて、格子定数 c のばらつきを評価した。図1に、これら結晶の 0020 反射の $2\theta/\theta$ スキャンを示した。Y-dopeでは、これまでと同様に O_2 アニールによるブラッグ反射の分裂が見られた。またPb-dopeでは、 N_2 アニールによる格子定数 c の増加が著しく抑制されており、 O_2 アニールによるブラッグ反射の分裂は確認されなかった。現在は、これらの結晶を用いた発振素子について、 I - V 特性などを評価している。当日はこれらの対応関係を報告する。

図1 0020 反射の $2\theta/\theta$

スキャン。上段は Y-dope 結晶で、下段に Pb-dope 結晶、アニール雰囲気付記した。

[1] L. Ozyuzer *et al.*, Science **318**, 1291 (2007).[2] H. Eisaki *et al.*, Phys. Rev. B **69**, 064512 (2004).[3] T. Watanabe *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 2113 (1997).

[4] 中川ら, 第 68 回応用物理学会 春季学術講演会, 17a-Z20-2 (2021).

[5] R. Gladyshevskii *et al.*, Phys. Rev. B **70**, 184522 (2004).[6] Y. Shibano *et al.*, AIP Advances **9**, 015116 (2019).