基板接合技術を用いた高温超伝導体テラヘルツ波発振器の開発

Development of high-T_c superconducting THz emitters using wafer bonding techniques

筑波大数理物質 [1]，産総研 [2]，筑波大学 ABES R&D センター[3]

○柏木 隆成 [1]，Kim Jeonghyuk[1], 中川 駿吾 [1], 中山 繭 [1], 山口 啄弥 [1], 松前 貴司 [2]，倉島 優一 [2]，日暮 栄治 [2]，高木 秀樹 [2]，森 龍也 [1]，桑野 玄気 [1]，楠瀬 慎二 [1], 永山 佳苗 [1]，湯原 拓也 [1], 斎藤 佑真 [1]，鈴木 祥平 [1]，辻本 学 [1]，南 英俊 [1]，門脇 和男 [3]

Univ. of Tsukuba [1], AIST [2], Univ. of Tsukuba ABES R&D Center[3],

○T. Kashiwagi[1], J. Kim[1], S. Nakagawa[1], M. Nakayama[1], T. Yamaguchi[1], T. Matsumae[2], Y. Kurashima[2], E. Higurashi[2], H. Takagi[2], T. Mori[1], G. Kuwano[1], S. Kusunose[1], K. Nagayama[1], T. Yuhara[1], Y. Saito[1], S. Suzuki[1], M. Tsujimoto[1], H. Minami[1], K. Kadowaki[3]

E-mail: kashiwagi@ims.tsukuba.ac.jp

銅酸化物高温超伝導体 $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ (Bi2212)の単結晶は, 超伝導層の CuO_2 と絶縁層の Bi_2O_2 が交互に積層した層状物質であり，固有ジョセフソン接合物質として知られる。我々は，この固有ジョセフソン接合を用いたテラヘルツ波発振器(Bi2212-THz 発振器)の開発を進めている。Bi2212-THz 発振器は，Bi2212 単結晶を，微細加工技術を用いて，厚さ数 μm のメサ構造に成型したものである[1]。このメサ構造に電圧を印加すると交流ジョセフソン効果による高周波電流が発生し，この電流の周波数がメサ構造の形状で決まる共振型アンテナの共振周波数に一致すると，強い電磁波が空間に放出される。我々はこの原理を利用し，発振周波数 0.3-2.4 THz，発振線幅 100 MHz，最大発振出力が 30 μW（@ 0.5 THz）などの発振特性をこれまでに実現した[2]。現在は，発振特性の安定化と出力の向上を中心課題として研究を進めており，今回の発表では，基板接合技術を用いた Bi2212-THz 発振器の製作方法の現状について報告する。

これまでの我々の Bi2212-THz 発振器では，２枚のサファイア基板を用いて，Bi2212 単結晶のメサ構造を挟み込むことで，メサ構造の支持及び素子ジュール熱の排熱を行ってきた[2]。これに対し，本研究では Bi2212 単結晶とサファイア基板を金属の蒸着膜を介して一体化させる基板接合技術を用いた。これにより従来手法に比べ，電気的，機械的，熱的特性の向上が期待できる。さらに，メサ構造の作製プロセスの調整により，メサ構造のアレイ化が容易に行える。図１には，基板接合技術で Bi2212 単結晶とサファイア基板を一体化した後に，ウエットエッチング法を用いて作製した Bi2212 単結晶メサ構造アレイの光学写真を示す。１つ１つの長方形が，80×200 μm^2 程度のメサ構造であり，これらがサファイア基板と一体化している。当日は，このアレイ素子の作製方法とその電波応答特性等について説明する。

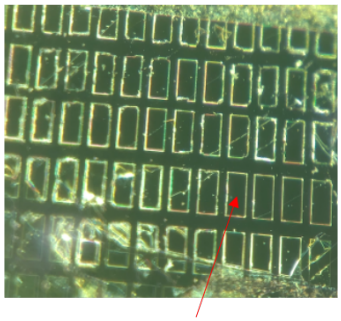

図 1 基板接合技術を用いて作製した Bi2212 単結晶のメサ構造アレイの光学写真。

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

[2] 例えば， T. Kashiwagi *et al.*, SUST **30**, 074008 (2017).