外部共振器と結合したBi2212-THz 波発振素子の高周波化

Demonstration of Higher Frequency Bi2212-THz Emitter by an External Resonator

筑波大数理物質[1]，筑波大学 ABES R&D センター[2]
○大野雪乃[1]，南英俊[1]，桑野玄気[1]，楠瀬慎二[1]，湯原拓也[1]，金子陽太[1]，
今井貴之[1]，中川駿吾[1]，柏木隆成[1]，辻本学[1]，門脇和男[2]
Univ. of Tsukuba[1], Univ. of Tsukuba ABES R&D Center[2]
○Y. Ono[1], H. Minami[1], G. Kuwano[1], S. Kusunose[1], T. Yuhara[1], Y. Kaneko[1],
T. Imai[1], S. Nakagawa[1], T. Kashiwagi[1], M. Tsujimoto[1], and K. Kadowaki[2]
E-mail: s1820377@s.tsukuba.ac.jp

高温超伝導体 $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8+\delta}$ (Bi2212)の固有ジョセフソン接合系をメサ状構造に加工し、接合の積層方向に電圧を印加することで、サブテラヘルツ域では、単一素子から数十 μW レベルのパワーをもつ単色波の連続放射が得られている[1, 2]。2007 年の発明以来研究されてきた素子構造では、メサ部が振動電流の発生源であると同時に共振器・アンテナの役割を兼ねている。Bi2212 の比誘電率は約 17 と大きいため、基本共振モードにて 1 THz 以上のテラヘルツ波の放射を得るにはメサ部の幅を 35 μm 以下に小さくする必要がある。そのような素子の作製は加工時のエラーのため難しく、これまで 1.5 THz 付近でのテラヘルツ波放射は高次共振モードでのみ観測されている[3]。

我々は、外部共振器をメサ部に結合させる構造の素子によって、メサ部からアンテナ・共振器の役割を切り離すことに成功した[4]。一辺 20 μm の正方形に小さくしたメサに金薄膜で作製した一辺 300 μm の正方形パッチを接触させた素子から、0.53-0.73 THz のテラヘルツ波放射を観測した。この素子構造であれば比誘電率が 1 の真空を共振器に使うため素子サイズが 4 倍程大きくなる。そのため 1 THz 以上の周波数を基本共振モードで狙うことができ、強い発振が期待できる。本研究は、半導体デバイスでも難しい 1.5 THz 付近のテラヘルツ波放射を得ることを目的とする。

図 1 は一辺 20 μm の正方形メサに一辺 100 μm の正方形パッチを接触させた素子の 45 K における電流電圧特性と、InSb ホットエレクトロン検出器によるテラヘルツ波放射の観測結果である。発振が観測されるバイアス電圧は、一辺 300 μm の正方形パッチによって 0.53-0.73 THz のテラヘルツ波放射が観測されたそれの約 2.5 倍である。また、接合あたり約 3.2 mV の電圧が印可されていることを示しており、ジョセフソン周波数は約 1.5 THz と見積もることができる。詳細については当日報告する。

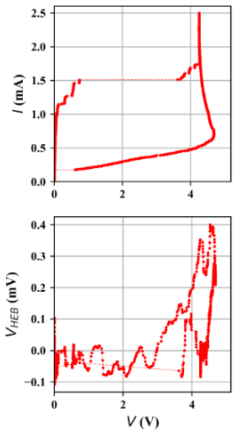

図 1

[1] L. Ozyuzer *et al.*, Science **318**, 1291 (2007). [2] S. Sekimoto *et al.*, APL. **103**, 182601 (2013).
[3] T. Kashiwagi *et al.*, APL. **107**, 082601 (2015).
[4] 大野ら, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 11a-S423-7 (2019).