

大型固有接合スタック内部の不均一温度分布の改善

Improvement of non-uniform temperature distributions in large-size intrinsic Josephson junction stacks

○ 及川 大, 都築 啓太, 熊谷 勇喜, 安藤 浩哉, 杉浦 藤虎, 塚本 武彦 (豊田高専)

○ Dai Oikawa, Keita Tsuzuki, Yuki Kumagai, Hiroya Andoh, Toko Sugiura, Takehiko Tsukamoto
(NIT, Toyota College)

E-mail: d-oikawa@toyota-ct.ac.jp

THz 発振器の材料候補として、高温超伝導体に内包される固有ジョセフソン接合 (IJJ) が期待され、盛んに研究されている。IJJ 素子における自己発熱は素子の電気特性と密接な関係があり、自己発熱の評価及びその抑制は応用上、非常に重要な課題となっている。大型 IJJ 素子の自己発熱は素子内で温度分布が不均一であるため、非常に複雑な現象であり、実験的に評価するのは困難である。そこで前回我々は、素子内部の温度分布及び電流分布を拡散 (熱伝導) 方程式を用い数値解析的に評価した [1]。今回我々は、著しい温度分布は電気抵抗率の温度依存性を起因とする、電流分布が関係していることに着目した。そこでメサの端部に発熱体を設置することを提案し、発熱体による抵抗率の変化から温度分布の不均一性及び自己発熱の抑制を試みたので報告する。Fig.1(a) に示すように、THz 発振素子として $300 \times 50 \times 1 \mu\text{m}^3$ の IJJ スタックが土台結晶上部にあるメサ型素子を仮定した。拡散方程式を電気抵抗率、熱伝導率の異方性及び温度依存性を考慮して解くことによって温度分布を数値解析的に調べた。Fig.1(b) に外部発熱なし、バス温度 30 K 及びバイアス電流 26 mA のメサ周辺の断面の温度分布を示す。ここで黒破線は局所温度が臨界温度 $T_c = 85 \text{ K}$ の等高線である。著しい温度分布が生じメサ中央部分は T_c を超え、常伝導状態へ遷移していることがわかる。一方、Fig.1(c) に発熱体から 1.6 mW の熱量を加えた場合の温度分布を示す。 T_c を超える領域が消失していることがわかる。これは発熱体によって端部の抵抗率が減少し、端部の電流が増加、すなわち中央部の局所発熱 (ジュール熱) が減少したことを意味している。よって外部発熱体によりメサ端部を加熱すると局所発熱が低減することがわかった。講演では、温度分布と電流-電圧特性の関連性を議論する予定である。

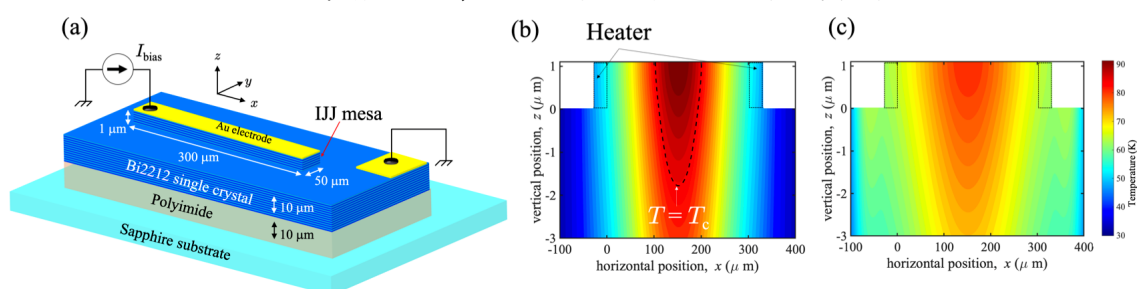


Fig.1 (a) A schematic diagram of the IJJ THz EM wave emitter. (b),(c) are temperature distribution images at 30 K and 26 mA. Black dash lines indicate isotherm $T = T_c = 85 \text{ K}$. (b) without external heat generation. (c) with external heat generation 1.6 mW.

[1] 及川大 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 12p-PA3-19 (2020)