

大型固有ジョセフソン接合内部の温度分布の数値解析

Numerical Simulation of Temperature Distribution

in Large Size Intrinsic Josephson junctions

豊田高専¹, 米子高専² ○(B)御手洗 陽紀¹, 及川 大¹, 田中 博美², 都築 啓太¹, 熊谷 勇喜¹,
安藤 浩哉¹, 杉浦 藤虎¹, 塚本 武彦¹

NIT, Toyota College.¹, NIT, Yonago College², °Haruki Mitarai¹, Dai Oikawa¹, Hiromi Tanaka²,

Keita Tsuzuki¹, Yuki Kumagai¹, Hiroya Andoh¹, Toko Sugiura¹, Takehiko Tsukamoto¹

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

高温超伝導体に内包される固有ジョセフソン接合(IJJ)は次世代デバイス材料として注目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、自己発熱の評価は応用上、非常に重要な課題となっている。以前我々は、IJJsのab面内方向では温度分布が一様と仮定できる小型のメサ型IJJ素子において自己発熱が電流電圧(I - V)特性へ与える影響を実験および数値計算の両面から評価した[1]。一方、大型IJJ素子の自己発熱は素子内で温度分布が一様でないため、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。Yurgensは大型IJJ素子内部の温度分布とそれを考慮した I - V 特性を数値解析的に評価した[2]。しかし、IJJ素子内部の電流分布や電圧の分布において詳細な議論はなされていない。本研究ではIJJ素子内部の電流分布及び電圧分布を数値解析を用いて求めることを目的とする。

温度分布 $T(\mathbf{r})$ は、発熱項を考慮した非線形拡散方程式 $\nabla \cdot (\kappa \nabla T) + f = 0$ を基に計算している。ここで熱伝導率テンソル κ は温度に依存し大きな異方性を有し、発熱項 f に関してはメサ内部を温度に依存する電気抵抗が格子状に配列した回路とみなして、各抵抗に生じる電力を基に計算した。試料はBi2212単結晶を面積 $300 \times 50 \mu\text{m}^2$ 、高さ $1 \mu\text{m}$ (約700接合)のメサ型に加工した素子を仮定した。

Fig.1にバス温度20 Kにおける I - V 特性(最外側の準粒子ブランチ)及び素子断面の温度分布の数値解析結果を示す。Fig.1

に示すように I - V 特性は自己発熱に起因した負性抵抗部分を有し、実験結果と定性的によく一致している。また高バイアス領域においては局所的に臨界温度を超えている部分、いわゆるホットスポットを有し、投入電力の増加に伴ってその領域が拡大していることがわかる。

[1]及川大 他 第75回応用物理学会秋季学術講演会予稿集(2014).

[2]A. Yurgens, Physical Review B **83** 184501 (2011).

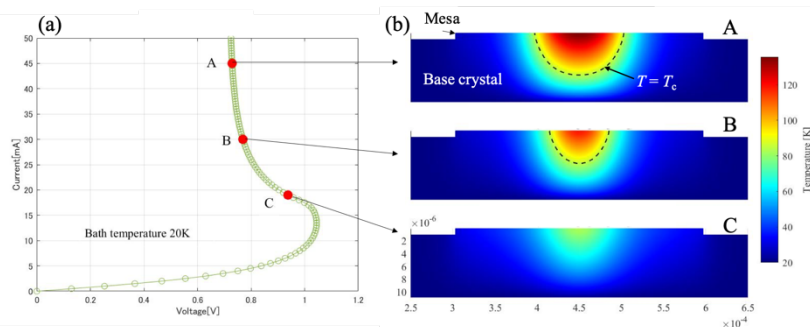


Fig.1 (a) Outermost quasi-particle branch of I - V characteristic at 20 K (bath temperature). (b) Temperature distribution images around the mesa at each bias point. Dash lines mark the isotherm $T = T_c$.