

Bi-2212 固有ジョセフソン接合における自己発熱効果の評価

Evaluation of self-heating effect in Bi-2212 intrinsic Josephson junctions

豊田高専 ○ 及川 大, 塚本武彦, 杉浦藤虎, 室谷英彰

Toyota National College of Technology ○Dai Oikawa, Takehiko Tsukamoto,

Toko Sugiura and Hideaki Murotani

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

近年, 高温超伝導体に内在する固有ジョセフソン接合を用いたデバイス応用へ向けての研究が盛んに行われており, 実用化へ向けての問題点の一つとして自己発熱の影響による性能劣化が懸念されている. 自己発熱効果は接合面積が大きく, 積層数が多いほど顕著に現れることがわかっており, 理論的研究がなされてきた [1]. THz 発振素子などの大面積及び多積層接合においては局所発熱があり接合中の温度分布が一樣ではなくその評価が非常に困難である. よって今回は接合内で温度分布がほぼ一樣な数 μm 四方の小型メサ型素子における自己発熱効果を調べた.

我々は, 面積 $2 \times 2 \mu\text{m}^2 \sim 9 \times 9 \mu\text{m}^2$ 及び接合数 $N = 8 \sim 30$ の正方形メサ型試料を Bi-2212 単結晶上に電子ビームリソグラフィ, フォトリソグラフィ及びアルゴンイオンミリングを用い作製した.

Fig.1 にバス温度 4.2 K における電流-電圧 ($I-V$) 特性の一例を示す. ここで用いた素子の面積は $3 \times 3 \mu\text{m}^2$ であり, 原点近傍の拡大図 (挿入図) から積層ジョセフソン接合特有のマルチブランチ構造を確認でき臨界電流は約 $350 \mu\text{A}$, 接合数が $N = 14$ と見積もられる. Fig.1 中の数値計算には自己発熱効果を含まない準粒子トンネルの式

$$I = \frac{1}{eR_n} \int_{-\infty}^{\infty} N(E)N(E+eV)\{f(E) - f(E+eV)\}dE$$

に基づいて計算している. e , R_n , N , f 及び E はそれぞれ電子の素電荷, 準粒子トンネル抵抗, d 波超伝導状態密度, フェルミ分布関数および準粒子励起エネルギーである. Fig.1 から低バイアス領域 ($I < 1\text{mA}$) においては実験値は数値計算結果とほぼ一致しており自己発熱が少ないことが示唆される. 一方, 高バイアス領域 ($I > 1\text{mA}$) において実験値は自己発熱効果特有の負性抵抗を描き電圧が大きく抑制されている. よってエネルギーギャップは $eV_g/N \approx 29 \text{ meV}$ と見積もられ発熱のない場合の Bi-2212 のそれ (50 meV) より小さく, 発熱効果が顕著に現れていることがわかる.

以上では, 発熱は接合自身のみで生じるという仮定に基づいて議論しているが, 厳密には接合自身からの発熱効果と電極/結晶間の接触抵抗部分における発熱を区別して考える必要がある. 講演ではこの点について報告する予定である.

[1]V. M. Krasnov *et.al.*, J. Appl. Phys. **89** (2001) 5578.

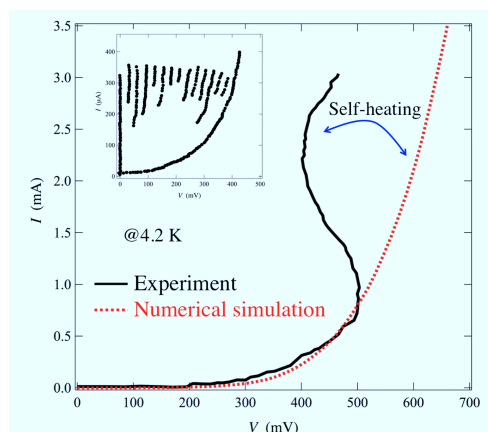


Fig.1 Current-voltage ($I-V$) characteristics at 4.2 K. Insert is the enlarged $I-V$ characteristics around the origin.