

両面加工法で作製した Bi 系固有接合スタックの自己発熱効果 II

Self-heating effect in Bi-2212 stacks fabricated by double sided process II

長岡技術科学大学¹, 独立行政法人情報通信研究機構²,

小野 祐太¹, 加藤 孝弘¹, 内富 直隆¹, 石橋 隆幸¹, 川上 彰²

Nagaoka Univ. Tech¹, NICT², Y. Ono¹, T. Kato¹, N. Uchitomi¹, T. Ishibashi¹, A. Kawakami²

E-mail: kato@nagaokaut.ac.jp

【はじめに】 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ (Bi-2212)固有ジョセフソン接合は固体テラヘルツ発振素子としての応用が期待されており精力的に研究が進められている。今回は両面加工法で作製した Bi-2212 固有ジョセフソン接合スタックの自己発熱効果の様子を蛍光熱イメージング法によって調べた結果について報告した。本研究では、素子の発熱による影響や温度の分布について計算機シミュレーションにより解析した。

【計算モデルと解析結果】

固有接合素子は pH1.65 の極低濃度塩酸溶液を用いた両面加工法でされ $65 \times 193 \mu\text{m}^2$ の接合面積を持ち、またスタック高さは塩酸溶液への浸漬時間より $h=0.88 \mu\text{m}$ 程度(接合数に換算すると約 570 接合)である。素子は一定温度に保たれた液体ヘリウムフロークライオスタット中のコールドステージ上で冷却される。今回のシミュレーションでは、まず初めに最もシンプルな例として、図1に示すような固有接合以下の3層からなるモデルを用いた。最下層のコールドステージから SiO : $400 \mu\text{m}$ → 接着剤: $5 \mu\text{m}$ → Bi-2212 : $1 \mu\text{m}$, また各層の幅は $65 \mu\text{m}$ とした。

固有接合素子の発熱は、発熱部分を固有ジョセフソン接合とし上記の構造モデルに熱拡散方程式を適用し解析を行った。この時の SiO 層の下面の温度を 20K とし、それ以外には断熱条件を課した。また Bi-2212 結晶については熱伝導率及び比熱の温度依存性を考慮している。図2に素子温度の投入電力依存性を解析した結果を示す(ただし、ここで用いた温度は素子中のもっとも高い温度点である)。投入電力が 50mW に及ぶと素子温度は 100K 以上まで温度上昇し、これは実験結果とほぼ同様の結果であった。現実の素子は固有接合の周りには BiOCl 誘電体層が存在しているため、我々が作製する素子に近い構造モデルを用いた発熱影響の解析を現在進めている。

【謝辞】本研究の一部は科学研究費補助金 15H03973 および 16K14251 の助成を受けたものです。



図1 数値計算に用いた構造モデル

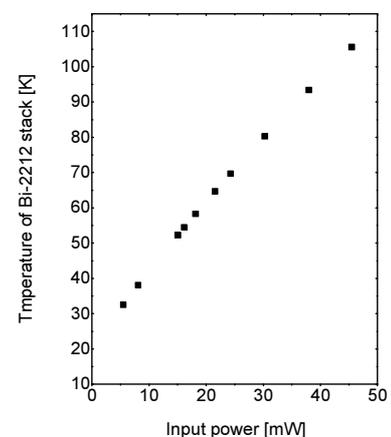


図2 素子温度の投入電力依存性の解析結果