固有接合内部の c 軸方向における温度分布の数値解析

Numerical simulations of c-axis temperature distributions in intrinsic Josephson junctions

○ 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

未開拓周波数領域である THz 電磁波の発振器の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．以前我々は，メサ型の THz 発振素子において，メサ端部に発熱体を設置することによって，メサ端の電気抵抗率を制御し，自己発熱による温度分布の均一化，hot-spot の低減及び電流-電圧特性の改善を数値計算によって示した．最近は，メサ型試料の土台結晶の薄型化や，メサ単独型素子によって冷却効率の向上がなされている．今回我々は，メサの深さ方向に焦点をあて，土台結晶の高さを変化させた場合の温度分布の数値計算を行なった．試料は Fig.1(a) に示すような典型的な $300 \times 50 \times 1\ \mu\mathrm{m}^3$ の IJJ スタックが土台結晶上部にあるメサ型 THz 波発振素子を仮定した．Fig.1(b) に土台結晶の高さ $H = 10\ \mu$m と $H = 3\ \mu$m のメサ周辺の断面の温度分布を示す．このときのバス温度は 30 K，バイアス電流は 26 mA である．ここで黒破線は局所温度が臨界温度 $T_c = 85$ K の等高線である．$H = 10\ \mu$m においては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，$H = 3\ \mu$m においては x 方向の温度分布が緩やかになり全体的に温度も減少していることから，土台結晶を薄くすることによって蓄熱の影響を抑制できることが示された．また，Fig.1(c) は土台結晶の高さが $H = 10\ \mu$m と $H = 3\ \mu$m におけるメサ内部の深さ方向に対する温度勾配である．この結果より，土台結晶が薄い方がメサ内部の深さ方向の温度勾配が急峻であり IJJ の同期現象の阻害が懸念される．講演ではこのメサ内の温度勾配と IJJs の同期現象の関連性を議論する予定である．

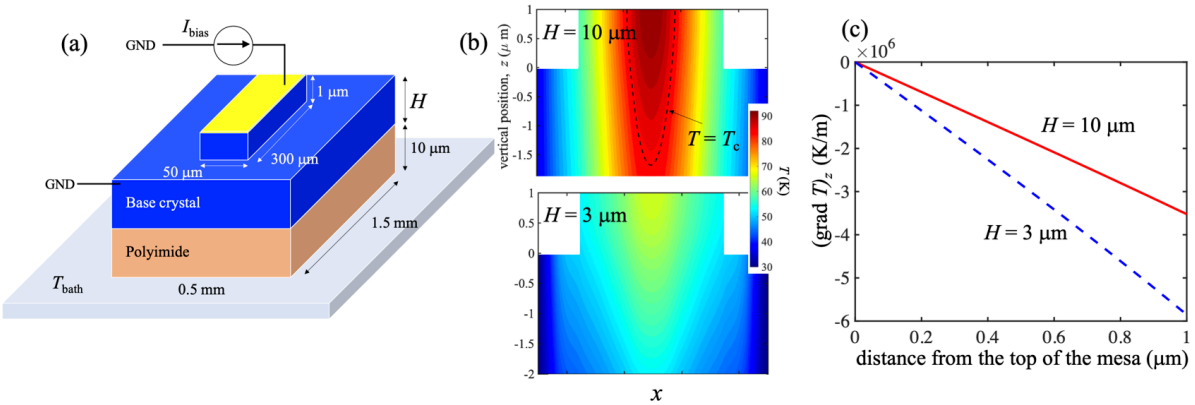

Fig.1　(a) A schematic diagram of the IJJ stack. (b) Temperature distribution images at base crystal height $H = 10\ \mu$m and $3\ \mu$m, $T_{bath} = 30$ K and 26 mA. Black dash lines indicate isotherm $T = T_c = 85$ K. (c) Gradient temperature in z-direction at center of the mesa versus depth from the top of the mesa.

© 2022年 応用物理学会