

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 滋賀 秀裕

本論文は「High-Tc Superconductive Switching Devices(和訳:高温超伝導スイッチングデバイス)」と題し、超伝導回路と半導体回路間のインターフェイスとなるデバイスの実現を目指し、高温超伝導三端子スイッチングデバイスの試作、特性測定、特性解析を行い、その結果からデバイスの性能を評価したものであり、6章から構成されている。

第1章は「Introduction (序論)」であり、本研究の背景と目的、および本論文の概要と構成について述べている。超伝導回路から半導体回路に信号を伝達するためには mV 程度の電圧を半導体でセンス可能なレベルにまで昇圧する必要があり、それを実現する手段として準粒子注入デバイスの利用を提案している。

第2章は「Device structure and fabrication process (デバイス構造と作製プロセス)」と題し、本研究でとりあげるスイッチングデバイスの構造と作製プロセスについて説明している。基本的な構造は準粒子注入デバイスと同様であるが、高い電圧利得を得るためゲートをソース電極付近に配置した。また、より大きな電流を注入するためにはゲート電極とブリッジとの間の接触抵抗低減が不可欠であるが、ゲート電極材料である Au を in-situ 堆積し、さらに適切なアニーリング処理を行うことにより低い接触抵抗を実現している。

第3章は「Fundamental device characteristics (デバイスの基本特性)」と題し、デバイスの基本特性を示している。超伝導体 YBaCuO の臨界温度は 80K 程度と良好な値が得られた。超伝導ブリッジの電流-電圧特性は、電圧状態においてほぼ一定の電流値となる独特の振る舞いを見せることが分かった。また、電流注入による電流利得は 1 から 1.5 と低い値を示した。これは、ゲートブリッジ間の接触抵抗を小さくしたことにより準粒子注入効果が薄れたためであると考えられる。

第4章は「Simulation for device analysis (デバイス特性解析シミュレーション)」と題し、デバイスの熱的な解析およびそれを用いたデバイス特性シミュレーションを行っている。本デバイスの振る舞いは温度によって決定されるという考えに基づき、熱の発生と伝導とからデバイス各部の温度を算出しデバイス特性を予測した。実際の測定結果からパラメータを抽出し、上記のシミュレーションを行った結果、電流-電圧特性を再現することができた。このときのデバイス温度分布から、ブリッジ内に超伝導部分と常伝導部分が共存することが判明した。

第5章は「Switching characteristics (スイッチング特性)」と題し、デバイスのスイッチング特性について、測定結果とシミュレーション結果について比較し、これらがほぼ一致することを確認している。まずはノンラッチ動作を試してみたが、立ち上がり・立ち下がり共に 10  $\mu$  s 以上と低速であり、また電圧利得も 2 程度と非常に小さいため実用に供することは不可能であると判断した。次にラッチ動作について調べてみたところ、試作したデバイス(幅 4  $\mu$  m、厚さ 100nm)の場合、立ち上がりについては 1V/ns 近い値が得られるが、リセット動作(ブリッジの冷却)に  $\mu$  s オーダの時間がかかってしまい、高速動作は望めないことが分かった。そこでデバイスのスケールリングを進めた場合に特性がどのように改善されるかを予測し、ブリッジ断面積を小さくすることで冷却時間は大幅に短縮でき、幅 1  $\mu$  m、厚さ 10nm のデバイスでは数 ns にまで抑えられるという計算結果が得ている。

第6章は「Conclusion (結論)」であり、本研究の成果を要約して述べている。

以上のように、本論文は高温超伝導三端子スイッチングデバイスについて、デバイス作製、そのスイッチング特性の実験による評価を行ない、さらにまた、これが準粒子注入に起因する高温領域の伝播によることを理論的に解析し、実験とのよい整合を行なったもので、超伝導エレクトロニクス分野への貢献は少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。