

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11904 号
------	---------------

氏 名 伊藤 大

論 文 題 目

超伝導回路における磁性体導入の効果に関する研究
(Study on effects of ferromagnets introduced into
superconducting circuits)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	藤巻 朗
委員	名古屋大学	教授	浅野 秀文
委員	名古屋大学	教授	大野 雄高
委員	名古屋大学	准教授	赤池 宏之

論文審査の結果の要旨

伊藤大君提出の論文「超伝導回路における磁性体導入の効果に関する研究」は、超伝導巨視的波動関数の位相の操作に基づき動作する超伝導回路において、残留磁化や磁化反転、さらには交換相互作用と言った強磁性体の性質を利用した新たな超伝導位相操作技術（超伝導位相エンジニアリング）を組み合わせることで、超伝導回路の高機能化あるいは低電力化を図ろうとするものである。各章の概要は以下のとおりである。

第1章では、情報通信技術の発展に伴う消費電力の増大という課題に対する解の1つとして超伝導回路を挙げ、その研究開発の現状を述べている。さらに、将来必要とされる性能を持たせるためには、高機能化・低消費電力化が不可欠であることを示し、そのための有力な手段として、磁性体による超伝導位相エンジニアリングを取り上げている。これらの議論を通し、本研究の目指す方向性と本研究の目的を論じている。

第2章では、低消費電力を具現化する超伝導回路方式として、磁束量子パラメトロン回路（QFP）を挙げ、その動作原理と特色について述べている。加えて、磁性体の有する各性質がどのように超伝導位相の制御に結び付けられ、それが超伝導回路の高機能化や低消費電力化にどのように寄与するかを明らかにしている。

第3章では、磁性体による超伝導位相エンジニアリングの準備段階として、酸化鉄磁性ナノ粒子が超伝導量子干渉計に与える影響を議論している。磁性体の高透磁率性を反映した最大20%のインダクタンスの増加、残留磁化による超伝導位相シフトの発現が示されている。ただし、ナノ粒子によるパターンでは、磁性パターン形成の制御性が低いことを課題として示している。

第4章では、PdNi磁性合金薄膜を超伝導回路路上に形成することを提案するとともに、磁性体の残留磁化と磁化反転を利用したこれまでにない機能を持つQFPを提案している。低温に適したNi含有率として11%を選定し、その磁性パターンの残留磁化のみでQFPの励起電流における直流オフセットの低減化（超伝導位相オフセットの追加）を試みた。その結果、励起電流振幅を1/12にすることに成功している。さらに、磁化反転を用いてANDとORの論理機能切り替えを実証している。個別に磁化の向きを制御できるようにすれば、回路の柔軟性や機能の向上に大きく貢献する技術となる。

第5章では、間に挟まれた磁性層の交換相互作用により初期位相がシフトする磁性ジョセフソン接合について、作製法の検討と特性の評価を行っている。位相差シフトのない通常の接合、初期位相差が π シフトした接合の作り分けに成功しているほか、集積回路応用に重要となる臨界電流のばらつきについて、標準偏差2%以下が求められたことを示している。

第6章では、本論文の総括を与えている。

以上のように本論文では、磁性体によって超伝導位相を制御する方法を提案するとともに、超伝導回路での有効性を明らかにしている。これらの結果は、超伝導回路技術の情報通信機器応用に対し重要な知見を与えており、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である伊藤大君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。