

論文内容要旨 (和文)

平成14年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 電子光工学講座

学生番号 02522309

氏名 山田 博信



(英文の場合は、その和訳を () を付して併記すること。)

論文題目 高分解能ビッター法による Y-123 系高温超伝導体の磁束量子観察に関する研究

本研究は、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (Y-123)系高温超伝導体の磁束量子の振る舞いが温度や磁界によりどのように変化するかを理解することを目的とし、高分解能ビッター法により磁束量子観察を行ったものである。

本論文は8章からなっている。以下にその内容を記す。

第1章「序論」では、本研究の背景および目的、本論文の構成について述べている。背景としては、高温超伝導体の性質・応用・研究の現状、磁束量子の説明、磁束量子観察の重要性、磁束量子観察の観察法などについて述べている。

第2章「実験方法」では、高分解能ビッター法の原理と観察手順、観察を効果的に行うための試料表面の研磨、SQUIDの原理などについて述べている。

第3章「実験試料」では、本研究で使用した実験試料について述べている。

第4章では「ニッケル蒸着時のヘリウムガス圧の最適化」について述べている。高分解能ビッター法は、磁性体を不活性気体中で蒸発させることにより磁性微粒子を作製し、それを試料に装飾することで磁束量子観察を行う方法である。そのため、ニッケル微粒子装飾時のヘリウムガス圧は重要であることから、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ (Bi-2212)単結晶を使用して最適化を行った。その結果、2.5 Pa程度が最適であることが分かった。

第5章「Y-123膜の磁束量子観察」、第6章「Y-123 溶融凝固バルクの磁束量子観察」では、線材やデバイスの材料として広く研究が行われている Y-123 膜と、すでに実用化・市販もされている Y-123 溶融凝固バルクについて、高分解能ビッター法により磁束量子観察を行った結果について述べている。印加磁界と磁束量子分布の相関および試料温度と磁束量子分布の相関を調べるために、試料温度 25 K、印加磁界 1.7 mT を基準の条件とし、温度が 25 K のまま印加磁界を 10 mT と大きくした場合と、印加磁界が 1.7 mT のまま温度を 75 K と大きくした場合について観察を行った。印加磁界を変えた実験では、磁界が大きくなると観察されるニッケル微粒子の装飾の数は増加するが、印加磁界に対する見かけ上の試料内部の磁束密度の値が減少することが分かった。そして、この値は溶融凝固バルクの方が大きくなった。試料温度を変えた実験では、高温になると、ニッケル微粒子の装飾の中で細長い形をしているものが占める割合に増加が見られることや印加磁界に対する見かけ上の試料内部の磁束密度の値に増加が見られることが分かった。溶融凝固バルクでは、高温での細長い形のニッケル微粒子の装飾の割合の増加は小さく、印加磁界に対する見かけ上の試料内部の磁束密度の値は低温、高温共に大きくなった。また、溶融凝固バルクにおいては、超伝導性の Y-123 相の中に非超伝導性の Y_2BaCuO_5 (Y-211) が混在しているが、これらの界面が磁束のピンニングセンターとして作用している様子が観察された。

第7章「走査型 SQUID 顕微鏡による磁束量子観察」では、複数の観察法を用いることで磁束量子の

振る舞いについて新たな知見を得ることを目的として行った、走査型 SQUID 顕微鏡による磁束量子観察の結果について述べている。Bi-2212 単結晶では、磁束量子分布が温度によりどのように変化するかを調べることを目的とし、 $1.5 \mu\text{T}$ の磁界中で 3 K まで冷却した後、温度を上昇させて観察を行った。その結果、温度上昇に伴い磁束量子が消失していく様子や磁束量子が移動する様子が観察された。また、Y-123 溶融凝固バルクと $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ (Nd-123) と $\text{Nd}_2\text{BaCuO}_5$ (Nd-211) の混合比が異なる Nd-123 溶融凝固バルクでは、材料や、Nd-123 と Nd-211 の混合比の違いによる磁束量子分布の違いを調べることを目的として、試料温度 3 K 、印加磁界 $2 \mu\text{T}$ の条件で観察を行った。その結果、Nd-123 溶融凝固バルクにおいて、周囲に比べて磁束密度が大きい領域が観察され、その境界付近に磁束量子が存在している様子が観察された。これは、高分解能ビッター法による Y-123 溶融凝固バルクの磁束量子観察において、磁束量子が超伝導性の Y-123 相と非超伝導性の Y-211 相の境界に存在していた結果と類似している。その他にも、Nd-123 溶融凝固バルクでは、外部磁束の 50-60% が試料内部に侵入していることなどが分かった。

第 8 章「結論」では、本論文のまとめを行っている。

論文内容要旨 (英文)

平成14年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 電子光工学講座

学生番号 02522309

氏名 山田 博信



論文題目 Research on vortex observation in Y-123-system high-temperature superconductors by means of the high-resolution Bitter method

This thesis is written on the results of vortex observation in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (Y-123)-system high-temperature superconductors by means of the high-resolution Bitter method. The research was carried out in order to understand the vortex behavior caused by the applied magnetic field and the temperature.

The high-resolution Bitter method was carried out by using the decoration of the nickel particles which are made by evaporating of nickel in helium gas. The observed samples were Y-123 films and Y-123 bulk superconductors. In order to examine the correlation between vortex distribution and magnetic field and that between vortex distribution and temperature, observations were carried out in the three conditions: (a) 25 K under 1.7 mT, (b) 25 K under 10 mT and (c) 75 K under 1.7 mT.

In this research, vortex observation was also carried out by means of a scanning SQUID microscope in order to obtain the new knowledge on vortex behavior. The observed samples were $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ (Bi-2212) single crystals, Y-123 bulk superconductors and the $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (Nd-123) bulk superconductors which had different ratio of $\text{Nd}_2\text{BaCuO}_5$ (Nd-211) to Nd-123. The vortex observation in Bi-2212 single crystals was carried out as follows: (1) the sample under 1.5 μT was cooled down to 3 K, (2) the temperature was raised up. And the vortex observation in bulk superconductors was carried out at 3 K in 2 μT .

This thesis consists of 8 chapters. The titles of the chapters are as follows: introduction, experimental procedure, samples, optimization of the helium-gas pressure in evaporating nickel, vortex observation in Y-123 film, vortex observation in Y-123 bulk superconductors, vortex observation by means of the scanning SQUID microscope and conclusion.

(12pt シングルスペース 300 語程度)

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 17 年 2 月 17 日

理工学研究科長 殿

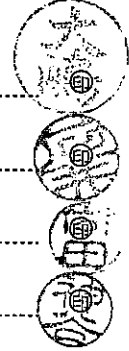
課程博士論文審査委員会

主査 大嶋 重利

副査 石井 修

副査 向田 昌志

副査 神谷 淳



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 システム情報工学 専攻

氏 名 山田 博信

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

高分解能ピクチャー法による Y-123 系高温超伝導体の磁束量子観察に関する研究

3. 学位論文公聴会

開催日 平成 17 年 2 月 1 日

場 所 7 号館 7-214 号室

4. 審査年月日

論文審査 平成 17 年 1 月 30 日 ~ 平成 17 年 2 月 3 日

最終試験 平成 17 年 2 月 7 日 ~ 平成 17 年 2 月 8 日

5. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文審査 合格

(2) 最終試験 合格

6. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200 字程度)

別紙のとおり

7. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

専攻名	システム情報工学	氏名	山田 博信
学位論文の審査結果の要旨			
<p>高温超伝導体、特に $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$系 (Y-123 系) は、超伝導特性が優れ様々な分野で応用が検討されている。中でも、線材や限流器などのパワー応用が最も期待されている。それらの応用では、如何に沢山の電流を流せる素材を開発できるかが、重要な研究テーマになっており、そのためには超伝導特有の磁束量子の動きを如何に抑えるかが重要なポイントになっている。従って、現在磁束量子を直接観察することが新たな知見を得るためには重要な研究となる。本学位申請者は、高分解能ビッター法を用いて、Y-123 系高温超伝導材料の磁束量子の振る舞いや動きを直接観察し、材料開発に新しい知見を得ることを目的に実験を行った。Y-123 系においては、Y-123 薄膜、Y-123 溶融凝固試料および Nd-123 溶融凝固試料を選定している。その理由は、高温超伝導体の中でも現在実用化が最も期待されている材料であり、磁束量子の振る舞いに関する知見が求められているからである。本論文の構成は以下の通りである。</p> <p>第 1 章は序論で、研究の背景、目的を述べている。第 2 章は実験方法で、高分解能ビッター法の原理、試料の作成法等を述べている。第 3 章は、実験試料の作製、第 4 章はビッター法の条件を述べている。本ビッター法では、超伝導試料上に磁性微粒子を装飾する手法を採用している。磁束量子を明瞭に観察するためには、ニッケル微粒子の運動エネルギーを制御しなければならない。ヘリウムガス圧を調整し、その最適な条件を確立した。第 5 章、第 6 章は、高分解能ビッター法により観察した Y-123 薄膜および Y-123 溶融凝固バルク試料の磁束量子観察について、第 7 章は、走査型 SQUID 顕微鏡により観察した Nd-123 系溶融凝固試料の磁束量子観察について述べている。</p> <p>5 章～7 章の実験から、磁束量子分布や磁束量子の動きに関して、次のような知見を得ている。Y-123 凝固バルク試料では、非超伝導相である 211 相と超伝導相 123 相の境界がピンニングセンターとして働くこと。これは、ピンニング力を向上させるためには界面の構造制御が重要であることを示唆している。また、磁束量子の密度が小さい場合は磁束量子はホッピング的に運動し、密度が高くなると動けなくなること。更に、試料の温度が高いほど磁束量子のホッピング的な動きが活発になることを明らかにした。これは、超伝導材料を臨界温度付近で応用する場合は、ピンニング力を大きくすることが重要であることを示唆している。また、ホッピングの距離から適切なピンニングセンターの密度も推定している。</p> <p>以上の成果を判断し、審査委員会は高分解能ビッター法による Y-123 系高温超伝導体の磁束量子観察の成果は有用であると認めた。尚、本論文の成果は、本人が国際会議で 3 回、国内の学会・研究会で 6 回発表を行っている。また、英文論文 4 編 (内筆頭論文 2 編) に掲載されており、成果の公表も十分満足できるものである。</p> <p>以上を総合的に判断し、審査員一同は本論文を学位論文として十分なものと認め、合格と判定した。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>本学の規定に従い、最終試験を本論文および関連する分野について口頭により行った。審査委員による質疑に対して適切な応答ができたこと、また、自ら工夫をして自作した装置を用いて新たな知見が得られたこと、問題解決力や洞察力を有していることなどが明らかになった。また、本研究の成果を国際会議で発表していること、英文で論文を書いていることなどにより、英語の語学力も十分であると認めたので、最終試験に合格であると判定した。</p>			