

氏 名 (本 籍)	木 村 和 宏 (茨 城 県)		
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 2891 号		
学位授与年月日	平成 14 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	工学研究科		
学 位 論 文 題 目	Vortex Phase Diagram and Vortex Dynamics in High- $T_c$ Superconductor $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ (高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の渦糸相図と渦糸ダイナミクス)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	門 脇 和 男
副 査	筑波大学教授	工学博士	滝 田 宏 樹
副 査	筑波大学教授	工学博士	吉 崎 亮 造
副 査	筑波大学教授	理学博士	植 寛 素
副 査	物質・材料研究機構特別研究員	理学博士	立 木 昌

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

銅酸化物高温超伝導体の磁場中での特性は、約 30K を境として低温側では従来の金属系超伝導材料と遜色ない超伝導特性を有しているが、高温側では温度上昇とともに急速に臨界電流密度は減少し、最も重要である液体窒素温度領域ではほとんど超伝導としての特性を失ってしまう。このような特異な性質がほぼ一般的にどの銅酸化物超伝導体にも共通に存在しており、高温超伝導体発見当初から重大な問題として提起されてきたが、本質的な問題の改善策は現状でも得られていない。しかしながら、その物理的な解明は、良質の単結晶を用いた詳細な物性研究によってこの数年間において大きな進展をみた。木村和宏君の本論文は、このような研究の一端を担っており、銅酸化物高温超伝導体の磁場中の特性に関するきわめて重要な意味を持つ、磁束状態の存在形態につき、高品質の大型単結晶  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  を用いた磁化測定や、木村和宏君が独自に開発した微少コイルを用いた交流透磁率の測定を通して実験的にいくつかの新しい知見をもたらした。すなわち、それらは、

- ① 高温超伝導体  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  の良質単結晶を用いて精密な磁化測定を行い、磁束線格子融解現象の熱力学的解明を行い、磁束線格子融解現象が超伝導を担う  $\text{CuO}_2$  相間のジョセフソン結合と電磁結合の両エネルギーが関与していることを明らかにしたこと。
- ② 磁束線格子融解現象が高温側では熱揺らぎによる磁束線格子の融解と同時に、層間結合が切れるデカップリングを伴う現象であることを指摘したこと。
- ③ 高品質単結晶  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  においては、磁束液体状態が単一相ではなく、弱いピン止め効果のある相と全くピン止め効果の無い相の 2 相からなること。
- ④ 高品質の単結晶  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  に柱状欠陥を導入し、人工的にピン止め効果を導入すると大きく磁束固体状態が磁束液体状態に進出し、3つのピーク効果が発現することを見いだしたこと、また、その原因を解明したこと。
- ⑤ 柱状欠陥を導入した  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  系の磁束固体相はボーズガラス理論でよく記述できることを見いだしたこと。
- ⑥ 微少コイル法で高品質  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  系単結晶における磁束線格子融解現象の角度依存性の精密測定を行い、従来から適用されてきた異方的 3 次元超伝導体のスケーリング則が成り立たず、ジョセフソン磁束とパンケーキ

磁束の交叉磁束という新しい概念によって矛盾無く説明できることを見いだしたこと。

⑦これまで踏み込んだ研究が余りなされなかった磁束線固体状態の相転移を見いだしたこと。

など、典型的な高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ 系の磁場中での特性において数々の新しい現象を発見するとともに、それが新しい概念を導入することによって説明可能であることを示した。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

このように、高温超伝導体、特に、典型的な酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ の高品質単結晶を用いた磁場中での物理特性の研究によって磁束状態の理解に貢献し、高温超伝導体の高温特性の特異な劣化現象が高温超伝導体の本質的な問題であることを明らかにしたことの意味は重大である。このように、本論文は高温超伝導体の磁束状態の解明に新たな知見をもたらし、磁束分野の理解に重大な貢献をした。この業績は国内外で高く評価されている。

しかしながら、このような本質的な超伝導特性をどのように改善するか、技術的課題は依然として未解決のまま残されており、これは今後の研究課題であろう。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。