

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 中山 有理

本学位論文は「酸化物高温超伝導体の磁束ピンングにおける異方性と結晶構造欠陥の影響」と題して、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ (Bi2212)超伝導体において飛躍的な特性改善をもたらした高濃度 Pb 置換効果について、臨界電流特性向上の理由を詳細に調べたものである。

第1章では、論文の内容を理解する上で必要な基礎知識がまとめられている。超伝導体がゼロ抵抗を示す仕組みについて説明した後、高濃度 Pb 置換 Bi2212 超伝導体の優れた臨界電流特性、Pb 置換によってもたらされる異方性の低下や微視的な相分離構造等、研究のキーワードとなる要素について詳しく解説している。

第2章では、本研究で用いた単結晶試料の作製方法が記述されている。異方性、及び相分離構造が磁束ピンングに与える影響を評価するためには、カチオンの組成、酸素量、結晶構造欠陥等、磁束ピンング現象にかかわる要素を精密に制御した試料を用いることが必要である。本章では、そのために必要な単結晶試料の調製と系統的なキャラクタリゼーションについて述べている。

第3章以下では、実験結果に基づいて、酸化物超伝導体の電磁気的な異方性が磁束ピンングに与える影響を議論している。支配的なピンングセンターが等しく、異方性のみが大きく異なる試料を用いた詳細な磁化測定の結果をもとに、詳しい考察を行っている。本章によって、物質の電磁気的な異方性が磁束のデピンング現象を支配すること、その結果として、異方性が低い酸化物超伝導体ほど優れた臨界電流特性を示すことが明らかにされている。

第4章では、高濃度 Pb 置換 Bi2212 単結晶に見られる微視的な相分離構造と磁束ピンング特性の関係について、実験によって明らかになった事実が詳細に述べられている。本章によって、高濃度 Pb 置換 Bi2212 単結晶の磁束ピンング特性が非常に大きな ab 面内異方性を持つこと、その振る舞いがキャリアドーピング状態に依存して大きく変化することを明らかにしている。

第5章では、第4章で明らかになった高濃度 Pb 置換 Bi2212 単結晶の異方的な磁束ピンング特性についての考察を行っている。2つの超伝導相の界面における磁束ピンング現象について、2相の超伝導転移温度 T_c 、及び熱力学的臨界磁場 $H_c(0)$ をパラメータとしたモデルが提案され、要素的ピンング力の温度依存性を詳細に評価している。さらに、モデルと実験結果の対応を検討することによって、高濃度 Pb 置換 Bi2212 単結晶にみられる相分離構造が、界面における

磁束ピンングを通して臨界電流特性の向上に寄与していることを明らかにすると同時に、温度誘起型ピンングという新しいピンング機構の起源を提案している。

第 6 章では、高濃度 Pb 置換が Bi2212 の臨界電流特性を改善する理由を詳細に議論している。Pb 置換がもたらす異方性の低下が、磁束デピンングの抑制を通して臨界電流特性を向上させること、また高濃度の Pb 置換によって出現する微視的な相分離構造は、界面が有効なピンングセンターとして作用するために臨界電流特性の改善に寄与していることが、本論文によって初めて明らかにされた。

以上、本論文は、高濃度 Pb 置換がもたらした Bi2212 単結晶の臨界電流特性改善の理由を明らかにしたものであるが、本論文に述べられている新たな知見は、超伝導材料研究の分野において非常に大きな意味を持つと考えられる。とくに、第 3 章では、異方性の低下が磁束ピンング特性の改善に非常に有効であることが示されている。また第 5 章で明らかにされている温度誘起型ピンングという新しい磁束ピンング機構は、高温領域における酸化物超伝導体の新たな可能性を示唆するものである。これらは何れも、超伝導材料の更なる臨界電流特性改善に向けた指針として、高く評価することができ、超伝導工学の基礎ならびに応用分野の発展に寄与するところが大きい。

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。