

審査の結果の要旨

論文提出者 上田 真也

本論文は、次世代超伝導材料の候補物質として注目されている水銀-レニウム系銅酸化物および2ホウ化マグネシウムに関する研究を著したものである。水銀-レニウム系銅酸化物群の1223相は化学的に安定でかつ最高の臨界温度を示す超伝導体でありながら、良質な単結晶育成が困難であったためその基礎物性はほとんど理解されていなかった。本研究においてはまず良質な水銀-レニウム系銅酸化物の単結晶育成を試み、独自に開発したタンマン管の利用によって初めてこれに成功した。得られた単結晶について電気的磁氣的異方性、臨界電流特性、磁気相図を明らかにし、レニウム置換の物理的・化学的効果や実用材料としての十分なポテンシャルを示した。さらに類縁の1212相および1234相の単結晶育成にも成功しこれらの基礎物性についても初めて明らかにした。2ホウ化マグネシウムに関する研究では実用が想定される20Kでの臨界電流特性改善を課題とし、様々な物質のドーピングを調べた結果、炭酸塩ドーブ、特に炭酸ナトリウムドーブの有効性を発見し、その効果がホウ素サイトの炭素置換によって説明できることを示した。さらに多結晶組織の緻密化を独自に開発した金属封管内拡散法(PICT 拡散法)によって実現し臨界電流密度の飛躍的な改善に成功した。

第1章では、超伝導応用の特長と必要性を一般的な視点から論じ、次世代超伝導材料開発の意義を述べている。

第2章では、水銀-レニウム系銅酸化物に関する研究について、まず水銀系超伝導体やレニウムドーブ効果の従来知見や、様々な単結晶育成例について述べ、水銀-レニウム系銅酸化物の良質な単結晶育成およびその物性評価の意義を明示した。独自に開発したジルコニウム酸バリウム製タンマン管を用いて初めて良質な1212、1223、1234各相の単結晶育成に成功し、その電気的磁氣的特性を系統的に評価し、本物質群の基礎物性の特徴を他の銅酸化物超伝導体との比較によって描出した。特に、レニウム置換が本質的な電気的磁氣的異方性の低下を伴うこと、本物質群が液体窒素温度以上の高温での実用材料として十分な臨界電流特性を有していることを実証したことが大きな成果である。

第3章では、2ホウ化マグネシウム多結晶体の高臨界電流特性化による材料化の期待とそれに向けての戦略を述べ、成果としてまず、炭酸ナトリウムドーブが20K、高磁界下での臨界電流特性改善に有効な手法であることを示した。その改善機構に関してはホウ素サイトの炭素置換であることを明らかにしている。また、多結晶組織の緻密化による高臨界電流密度化手法として新たにPICT 拡散法を開発し、その優れた臨界電流特性を実証するとともに、炭素置換による一層の特性改善に関する成果を詳述した。

第4章では、水銀-レニウム系銅酸化物および2ホウ化マグネシウムに関しての本研究の成果を統括し、これらの次世代材料としての可能性に言及し、他の超伝導体に対する高機能化への展望を著した。

以上要約したように、本研究の成果は、水銀-レニウム系銅酸化物および2ホウ化マグネシウム

ムが次世代超伝導材料の有望な候補物質であることを確定させるものであり、他の超伝導物質に対してもさらなる特性改善の手法、指針を与えている。

本論文の内容は、応用化学を基礎とした物性化学、物性物理、低温工学などにまたがる融合学問分野である超伝導材料科学に対して大きく貢献するものと期待される。

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。