

氏名 渡辺 信嗣
学位 博士(理学)
学位記番号 新大院博(理)第246号
学位授与の日付 平成18年3月23日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名

核磁気共鳴法による超伝導性 $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15.8}$ の電子状態の研究

論文審査委員

主査 教授 後藤 輝孝
副査 教授 山田 裕
副査 教授 大野 義章
副査 教授 土屋 良海
副査 助教授 佐々木 進
副査 助手 奥西 巧一

博士論文の要旨

本専攻の山田裕 教授らは、新規超伝導物質 $\text{Pr}_2\text{Ba}_4\text{Cu}_7\text{O}_{15.8}$ を見いだした。さらに、従来の銅酸化物の超伝導は全て2次元平面が引き起こすものであるが、この物質は2次元面を有しているにもかかわらず、1次元構造が超伝導の本質であることが示唆されていた。

核磁気共鳴は、物質の原子位置で異なる微視的な情報を得ることのできる数少ない強力な実験手段である。本論文の最大の目的は、この新規物質において、1次元構造が超伝導の本質であることを直接的な実験証拠として示すことである。

はじめに、核四重極共鳴(NQR)によって、2次元面を構成する銅と、1次元鎖を構成する銅の核スピンと、周波数軸上において明確に分離した。この分離により、物質におけるサイトに依存する微視的な電子状態を得ることを明らかにした。

次に、2次元面の銅のスペクトルは、室温から温度を下げるに従って285Kで消失し、これより低温では100MHzあたりに広い幅をもったスペクトルに移動することを見いだした。これは285Kで2次元面が反強磁性絶縁状態になることを強く示唆する。申請者は、自らが作成した解析プログラムを使い、低温でのスペクトルと実際に揺動計算によって見事に再現してみせた。これにより、2次元面は室温から低温にいたるまで絶縁状態であり、超伝導はおろか、電気伝導にも寄与しないことを実験的に明らかにした。

2次元面が絶縁状態であることが明らかにした上で、1次元鎖を構成している銅の核スピンが超伝導状態になっていることを、緩和率 $1/T_1$ の温度依存性から明らかにした。このなかで、特筆すべきは、(i)超伝導転移温度 T_c 以上では通常の金属状態(コリンハ的振舞)とは異なり、電子間相互作用が強いことを強く示唆している点、(ii) T_c 以下では通常の金属の超伝導状態に期待されるコヒーレンスピークが観測されず、温度の3乗のべきで急速に減少する点、である。後者は、この物質の超伝導ギャップに波数空間でノードが無いことを意味しており、d波超伝導を強く示唆している。これは、前者の T_c 以上における振舞と見事に整合する。これらの知見は、本研究の主目的が明確に達成されたことを意味する。

審査結果の要旨

以上から明らかのように、申請者は、本研究の最大の目的を、見事に実験的に明らかにしており、

この知見は学位論文としてはもとより、銅酸化物のこれまでの常識を見事に覆す画期的な成果として学会に大きなインパクトを与えるであろうことが明らかである。

この研究成果は、直接指導者である佐々木進 助教授の指導の下に行われたものであるが、申請者自身の寄与は広範囲に及ぶことが審査の結果、明らかになっている。すなわら、実際の測定はもらろんのこと、申請者は独自の工夫を随所に施すことで測定上の困難を自ら克服している点、また、様々な装置の改良・測定上の工夫はもとより、得られた結果の解析においても解析プログラムを自ら作成し、これらの結果の物理的意味に対しては関連論文を自ら調べ、検討するという点にまで及んでいる。

以上より、申請者は十分に第一線の独立した研究者としての資質を有していることは明らかであり、論文に対して、審査教員の全員一致により合格と判定した。

以上