

Title	Fermi Surface and Superconducting Properties of Sr ₂ RuO ₄
Author(s)	吉田, 良行
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3169117
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	吉田良行
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 15156 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Fermi Surface and Superconducting Properties of Sr_2RuO_4 (Sr_2RuO_4 のフェルミ面と超伝導物性)
論文審査委員	(主査) 教授 大貫 惇睦
	(副査) 教授 武居 文彦 教授 竹田 精治 助教授 播磨 尚朝 助教授 摂待 力生

論文内容の要旨

高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ と同じ正方晶の結晶構造を持つ Sr_2RuO_4 は超伝導転移温度 T_c が約1.0 ~1.5Kであり、層状ペロブスカイト構造では銅を含まない唯一の超伝導体である。この物質はその結晶構造を反映して二次元的な電子状態を持ち、また、その超伝導が普通のBCS超伝導体と異なり、異方的な超伝導ギャップをもつ超伝導体であるとして注目されている。

本研究は Sr_2RuO_4 の純良単結晶育成に成功し、電気抵抗、磁気抵抗、ドハース・ファンアルフェン (dHvA) 効果、常伝導、及び超伝導状態での比熱を測定した。

単結晶試料は赤外線集光加熱方式の浮遊帯域溶融法によって育成した。最初の単結晶試料は $T_c = 1.14\text{K}$ であったが、最終的には $T_c = 1.52\text{K}$ となり、残留抵抗比が500の非常に純良な単結晶に到達した。

磁気抵抗の結果から、その角度依存性に山地効果による強い振動現象を見出した。また、dHvA効果の測定から、2次元性を反映した α 、 β 、 γ と呼ぶ3個のシリンダー状フェルミ面の詳細を明らかにした。ドハース振動の振幅の角度依存性は、激しく振動する振舞いを示し、 α ブランチに対して、この現象を伝導電子のスピンの寄与と強い山地効果による振幅の増大によるものとして解釈した。さらに、サイクロトロン有効質量は強い電子相関を反映し、 α 、 β 、 γ ブランチに対してそれぞれ $3.0m_0$ 、 $7.0m_0$ 、 $17m_0$ という大きな値をとる。これらの値は電子比熱係数に換算すると $40\text{mJ}/\text{K}^2 \cdot \text{mol}$ と求められ、比熱測定から得られた $39.8\text{mJ}/\text{K}^2 \cdot \text{mol}$ に非常によく一致した。

また、ドハース振動の高調波成分のサイクロトロン有効質量の振舞いから、一般の三次元系におけるドハース振動だけでなく、系が二次元の場合や、高磁場の極限において見られるケミカルポテンシャルの磁場振動効果も見い出された。すなわち、ドハース振動の和差周波数成分の振幅の角度依存性及び、サイクロトロン有効質量の異常な振舞いに反映された。

次に比熱測定の結果から、常伝導状態における電子比熱係数及び、デバイ温度をそれぞれ $39.8\text{mJ}/\text{K}^2 \cdot \text{mol}$ 、 430K と決定した。また、超伝導状態に関して、従来までに報告された残留電子比熱係数は、超伝導の転移温度が 1.14K 、 1.24K 、 1.52K と高くなるにつれて、20から $8\text{mJ}/\text{K}^2 \cdot \text{mol}$ に減少し、本質的ではないことが分かった。この実験結果はこれまで有力視されてきた理論の再考を迫ることになる。また、電子比熱の温度依存性は T^2 依存性を持ち、ラインノードを持つことも明らかにした。さらに磁場中比熱を通して、多くの超伝導状態での物性、パラメータを明らかにすることができた。以上の結果から Sr_2RuO_4 はラインノードを持つ異方的な超伝導体であると結論した。

論文審査の結果の要旨

高温超伝導体と類似の層状ペロブスカイト構造を持つ Sr_2RuO_4 のフェルミ面の性質と超伝導の研究をした。残留抵抗比500の良質な単結晶を育成し、ドハース・ファンアルフェン効果により α 、 β 、 γ と呼ぶ3個のシリンダー状フェルミ面の性質を明らかにした。その特徴は、(1)磁気抵抗と(2)ドハース振動の振幅の角度依存性に強い山地効果を見つけた。及び(3)ケミカルポテンシャルの磁場振動効果も見い出された。

次に超伝導の研究では、試料の超伝導転移温度が1.14、1.24及び1.52K と高くなるにつれて、残留電子比熱係数が20から $8 \text{ mJ}/\text{K}^2 \cdot \text{mol}$ に減少し、本質的ではないことが分かった。この実験結果はこれまで有力視されてきた理論の再考を迫ることになる。また、電子比熱は T^2 依存性を持ち、ポーラー型のノードを持つことも明らかにした。

以上のことから本論文 Fermi Surface and Superconducting Properties of Sr_2RuO_4 は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。