

論文審査の結果の要旨

氏名 石田 茂之

本論文は鉄系高温超伝導体の単結晶の電子輸送現象を詳細に測定し、その物理的意義を論じたもので、全6章からなる。

第1章の序論では、鉄系超伝導体の物質、FeAs面を基本とする層状の結晶構造、反強磁性金属から超伝導へと至る電子相図、電子構造などについて、研究の現状がまとめられている。これを踏まえて、磁氣的量子臨界性、自発的対称性の破れ、超伝導電子対の対称性同定が機構解明の鍵になると指摘した。本研究で取り上げる具体的な問題として、電気抵抗に現れる量子臨界性と超伝導の関係、反強磁性相で表れる抵抗の面内異方性の理解、超伝導相における不純物効果対破壊を設定した。

第2章の実験方法では、 BaFe_2As_2 および、 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$, $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ 単結晶の育成方法と LnFeAsO_{1-y} 多結晶体の合成、輸送現象の測定の詳細が述べられている。 BaFe_2As_2 単結晶では斜方晶転移で生じる FeAs 面内の双晶を取り除くことに成功した。

第3章の実験結果では、電子輸送現象の測定結果がまとめられている。まずアニーリング処理によって改質した低残留抵抗 BaFe_2As_2 単結晶は、反強磁性/斜方晶相でもほとんど異方性を示さないことを明らかにした。一方 Co をドーピング(正孔ドーピング)した試料では、Co 濃度にスケールされる形で大きな面内の異方性が観測される。この異方性は主に残留抵抗に由来する。これらの事実を総合して Co 不純物による散乱が異方的になっていると結論した。正孔も電子もドーブされない P 置換体でもほぼ同様の振る舞いを観測した。これに対して K ドーピング系(電子ドーピング)では、反強磁性/斜方晶相でも常に残留抵抗が小さく、大きな異方性も観測されない。これらの結果も、不純物散乱が異方性を誘起しているとの結果と整合している。 LnFeAsO_{1-y} 多結晶体について、電気抵抗の温度依存性を温度のべきの形で整理し、転移温度が高くなるとべきがフェルミ液体に期待される 2 から 1 へと漸近していく振る舞いを見出した。

第4章の考察では、第3章の結果がさらに詳細に議論されている。まず、反強磁性/斜方晶相での、異方的な不純物散乱の起源として、不純物周囲に局所的に誘起された軌道秩序を推論した。また、反強磁性/斜方晶秩序の抑制と、不純物散乱の強度(不純物あたりの残留抵抗の大きさ)から、対破壊的に秩序が抑えられている可能性を指摘する。最後に、超

伝導相では、不純物散乱は等方的でかつ極めて弱いので、超伝導電子対の対称性が、 S_{\pm} など単純な S でない場合でも、それを区別するのは難しいと結論した。

第 6 章の結論では、以上の議論がまとめられている。

本論文は、鉄系高温超伝導体の超伝導発現機構と電子構造を理解する上で鍵となる、信頼性の高い電子輸送現象のデータを供し、不純物効果や散乱の温度依存性をプローブとして、系に内在する異方性、量子臨界性、電子対対称性に関する新たな知見を得た。これらは、物性物理、とくに超伝導物理、電子相関物理の発展に資するところ大である。

なお、本論文は内田慎一教授、永崎洋博士らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究したものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断される。したがって、審査員全員により、博士（理学）を授与できると認める。