

極低温超高分解能レーザー光電子分光の開発と鉄系超伝導体Ba(1-x)KxFe2As2の研究

著者	大田 由一
学位授与年月日	2014-03-24
URL	http://doi.org/10.15083/00007088

論文審査の結果の要旨

氏名 大田 由一

本論文は光電子分光装置の改良と、非従来型超伝導を発現する鉄系超伝導体 $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の物性研究という2つのテーマから成り立っている。光電子分光実験は、固体中の電子を直接取り出し、エネルギーや運動量などを直接観測することができる強力な実験手法である。しかし、他の輸送現象の実験手段と比べるとエネルギー分解能・冷却性能共に格段に不足している。論文提出者は光電子分光実験での極低温領域の物性研究を可能とするために、光電子分光装置の高分解能化・低温化を行い、非従来型超伝導機構を持つ極低温鉄系超伝導体の $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ について物性研究を行った。

本論文第1章は超伝導の基礎について述べられている。論文提出者の物性研究テーマである鉄系超伝導体は超伝導転移温度が高い試料では 50K を超える、非従来型超伝導体である。鉄系超伝導体を研究することの位置づけを明らかにするため、従来のBCS的な超伝導機構や、非従来型の超伝導機構としてどのようなものが提唱されているかについて述べている。

本論文第2章は、光電子分光法実験について述べられている。論文提出者は光電子分光装置の立ち上げと高分解能化・低温化のための改良を行い、また角度分解光電子分光(ARPES)実験による鉄系超伝導体の物性研究を行っている。それらの研究に必要な光電子分光実験の基礎知識について述べられている。

本論文第3章は、新型レーザー光電子分光装置の高分解能化・低温化について述べられている。光電子分光実験における分解能は、アナライザーの性能と光源の線幅によってほぼ決まる。新型のアナライザーを導入新装置においては、アナライザーの分解能は格段に向上しており、光源の線幅が問題となる。そのために、光源の線幅の狭窄化を行っている。また、実験において分解能を悪化させる要因であるスペースチャージの抑制のパルスレーザーの高繰り返し化が行われている。これらの改良の結果、 $70\mu\text{eV}$ という超高分解能が達成されている。また低温化においては、実験中の輻射熱の抑制を徹底するため測定槽やアナライザーにサーマルシールドを取り付け、また冷却性能を向上させるための液体 He 減圧系の改良により、冷却性能 1K を達成している。これらの改良による装置性能を評価するため、金のフェルミエッジ測定や、極低温単体金属超伝導体の超伝導ギャップ観測が行われている。

本論文第4章は、鉄系超伝導体 KFe_2As_2 を中心に $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_2\text{As}_2$ の先行研究について述べられている。非従来型の超伝導体である鉄系超伝導体では、スピン揺

らぎや軌道揺らぎを媒介とした超伝導機構が提唱されている。スピン揺らぎを媒介とした超伝導機構の場合超伝導ギャップに符号反転が存在し、超伝導ギャップが 0 となるノードが存在する。Ba_{1-x}K_xFe₂As₂ 系における最適ドーピング Ba_{0.6}K_{0.4}Fe₂As₂ では、ARPES の先行研究から各フェルミ面で超伝導ギャップがフルギャップであることが報告されている。一方で、ホールドーピングエンド KFe₂As₂ やその近傍のオーバードーピング試料において、様々な実験からノードルギャップが示唆されている。これらの試料において ARPES 測定からノードの波数位置を特定し、超伝導対称性を決定することは非常に重要である。

本論文第 5 章は、鉄系超伝導体 Ba_{1-x}K_xFe₂As₂ の ARPES 実験について述べられている。超伝導転移温度が 3.4K と低く、これまで超伝導状態の電子状態研究が行われていなかった KFe₂As₂ において、複数存在するゾーンセンターのフェルミ面の一部においてノードが存在すること、また超伝導ギャップのフェルミ面依存性の存在を明らかにした。この結果から KFe₂As₂ における超伝導対称性は d 波対称性ではなく、s±波対称性であることを特定した。またドーピング依存性の研究から、超伝導ギャップ異方性やギャップサイズのフェルミ面依存性に劇的なドーピング依存性があることを明らかにした。このような異方性の変化について、理論研究から 2 つの相互作用の競合を考えることによって、再現できることが報告されている。論文提出者は、観測された超伝導ギャップ異方性の変化は、鉄系超伝導体で提唱されているスピン揺らぎを媒介とした超伝導機構と軌道揺らぎを媒介とした超伝導機構の競合の結果であると結論づけている。

本論文第 6 章は、本論文における研究を総括している。本研究を通して極低温超高分解能光電子分光装置が開発され、鉄系超伝導体 Ba_{1-x}K_xFe₂As₂ の超伝導ギャップ異方性が明らかになった。

なお、本論文の第 3 章の実験装置開発は、木須孝幸、下志万貴博、岡崎浩三、小谷佳範、伊藤孔明、山本遇哲、渡部俊太郎、C.T.Chen、辛埴、第 5 章の物性研究は下志万貴博、岡崎浩三、石田行章、齋藤拓、深澤英人、小堀洋、木方邦宏、李哲虎、伊豫彰、永崎洋、橋本顕一郎、芝内孝禎、松田祐司、池田浩章、宮原英之、有田亮太郎、W.Malaeb、A.Chainani、辛埴との共同研究であるが、装置開発・物性研究共に論文提出者が主体となっていたものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1992 字