

# 審査の結果の要旨

氏名 橋本 嵩広

本論文では、鉄系超伝導体  $\text{Fe}(\text{Se},\text{S})$  における新奇な超伝導状態について、レーザー角度分解光電子分光を用いた超伝導相での研究結果について述べられている。本論文は 6 章からなり、第 1 章は研究背景、第 2 章は実験手法、第 3 章は実験装置、第 4 章は  $\text{FeSe}$  の研究結果、第 5 章は  $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$  の研究結果、第 6 章は結論、という章構成となっている。

第 1 章では超伝導についての背景が述べられている。BCS 理論のギャップ方程式、温度依存性、状態密度について説明された後、非従来型超伝導における超伝導対称性の分類と同定、物質群について述べられている。続いて、鉄系超伝導体の結晶構造や相図、単位胞、超伝導対称性、並進対称性を保ったまま回転対称性を破るネマティシティーについて述べられている。

第 2 章では実験手法である角度分解光電子分光 (ARPES) について説明されている。基礎原理、三段階モデルによる光電子放出過程、角度分解測定 of 原理、選択則、光電子の検出と関連するエネルギー準位、超伝導ギャップの見積もりについて説明されている。

第 3 章では実験に用いた極低温超高分解能光電子分光装置について述べられている。超高分解能を得るためのレーザー光学系と光電子アナライザー、極低温を実現するための冷却系と輻射シールドについて説明されている。試料準備、性能評価実験、この装置を用いた過去の研究についても述べられている。

第 4 章では  $\text{FeSe}$  の超伝導ギャップ異方性の研究結果について述べられている。前半では高品質単結晶、ネマティシティーとそのバンド構造への影響、超伝導ギャップ構造、双晶境界近傍での時間反転対称性の破れについて先行研究がまとめられている。研究の動機、双晶と選択則についてまとめられた後、後半では研究結果が述べられている。放射光光源と放電管を用いた常伝導状態の電子構造全体の測定結果について述べられた後、双晶試料の常伝導状態での測定から、偏光依存性を用いることでフェルミ面を選択的に観測できることが説明されている。観測された超伝導ギャップ異方性は、ネマティシティーを反映して回転対称性を破っていることが述べられている。一軸圧によるデツイン試料の測定について説明された後、一軸圧を用いなくても単一ドメインが観測される場合があることが報告されている。また、双晶試料と単一ドメイン試料を比較することで、双晶試料では双晶境界によって超伝導ギャップのゼロ点 (ノード) が消失することが報告されている。なお、双晶境界についての偏光顕微鏡測定、位置依存 ARPES 測定についても述べられている。STM の先行研究との比較から、本研究では双晶境界近傍における時間反転対称性の破れが、ノードのある超伝導ギャップ異方性に与える影響を明らかにしたと述べられている。

第 5 章では  $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$  における BCS-BEC クロスオーバーの研究結果について述べられている。前半では BCS-BEC クロスオーバーに関する一般論をまとめた後、 $\text{FeSe}$  を含む鉄系超伝導体での BCS-BEC クロスオーバーについての実験的証拠、 $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$  の相図や電子構造、超伝導相について先行研究がまとめられている。研究の動機について述べられた後、後半では

FeSe<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub>のBCS-BECクロスオーバーに関する電子構造の研究結果が述べられている。SeのSによる置換量を大きくすることで、超伝導相でのバンド構造が下凸から上凸に変わっていくこと、 $x=0.21$ の試料でのみ擬ギャップが観測されたことから、本物質系でSによる置換量を大きくしていくとBCS状態からBEC状態に変わっていくことが述べられている。また、超伝導ギャップ $\Delta$ とフェルミエネルギー $\epsilon_F$ の比 $\Delta/\epsilon_F$ の組成依存性から、従来の単一バンドの議論では本物質系のBCS-BECクロスオーバーを説明できないことが述べられ、新しい機構としてホールバンド間の相互作用が提案されている。加えて、各バンドの頂点位置の組成依存性から、ネマティシティーがこのバンド間相互作用を制御している可能性も指摘している。

第6章では、結論として、ネマティシティーによって引き起こされる新奇な超伝導状態が発見されたことが強調されている。

なお、本論文の第4章の実験は、大田由一、山本遇哲、鈴木裕也、下志万貴博、渡部俊太郎、C.-T. Chen、笠原成、松田祐司、芝内孝禎、岡崎浩三、辛埴、また、第5章の実験は大田由一、都築章宏、長島椿、福島昭子、笠原成、松田祐司、松浦康平、水上雄太、芝内孝禎、辛埴、岡崎浩三との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験を行ったものであり、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1952字