

論文審査の結果の要旨

氏名 Walid Malaeb

銅酸化物における高温超伝導機構の解明のためこれまで膨大な研究が積み重ねられてきたが、いまだに機構解明には至っていない。一方、銅酸化物に関連した物質を研究し銅酸化物と比較することによって、高温超伝導機構に関連する情報や、新しい超伝導体の探索を助ける情報が得られることが期待される。本論文では、最近わが国で発見され世界的に注目を集めている鉄砒素化物高温超伝導体を取り上げ、その電子状態を光電子分光法を用いて調べ、銅酸化物との比較を行っている。本論文では銅酸化物の研究で得られ蓄積された技術や知識を十分に活用し、鉄砒素化物超伝導体に関する新しい知見を得ている。

本論文は8章よりなる。第1章ではまず本論文への導入として、銅酸化物高温超伝導体、強相関電子系、鉄砒素化物高温超伝導体を概観している。第2章では、本研究の背景として、鉄砒素化物高温超伝導体の結晶構造、物性、相図、電子構造計算、光電子分光の先行研究の結果を紹介している。続く第3章では、本論文で用いる測定手段である角度積分型光電子分光法、角度分解型光電子分光法および内殻光電子分光の原理と測定装置、およびこれらのスペクトルから得られる情報について述べている。

第4章では、いわゆる“1 1 1 1組成”をもつ鉄砒素化物高温超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ と同じ結晶構造を持つ鉄リン化物低温超伝導体 $\text{LaFePO}_{1-x}\text{F}_x$ および母物質 LaFeAsO について、多結晶試料を用いて角度積分型光電子分光測定を行い、基本的な電子構造を明らかにしている。まず、内殻準位スペクトルが金属鉄のスペクトルに類似し、鋭いピークを持ち多重項構造やサテライト構造を持たないことを見出し、鉄のd電子が遍歴的であることを推測している。次に、価電子帯のスペクトルがバンド計算で求めた状態密度とよく一致することを示し、フェルミ準位近傍は鉄のd電子が主成分であることを共鳴光電子分光実験により確かめ、遍歴電子的描像が出発点として適切であると結論している。一方、バンド計算からのずれも見出し、このずれを電子相関に起因する自己エネルギー補正として説明し、弱いながらも電子相関が無視できないことを示している。

続く第5章で、いわゆる“1 2 2組成”をもつ鉄砒素化物高温超伝導体 $\text{BaFe}_{2-x}\text{Co}_x\text{As}_2$ および反強磁性金属である母物質 BaFe_2As_2 について、単結晶試料を用いた角度分解光電子分光測定をおこない、バンド構造とフェルミ面を調べている。鉄砒素化物超伝導体はその2次元的結晶構造のため、これまで2次元的電子構造をもつと考えられてきたが、本論文では2次元面に垂直な方向のバンド分散を詳しく調べている。その結果、バンドが2次元面に垂直な方向に強い分散をもつこと、フェルミ面も強い3次元性を持つことを明らかにしている。

第6章では、銅酸化物高温超伝導体において反強磁性と超伝導が強く競合する、いわゆるストライプ相について知見を得るために、ストライプが比較的安定している物質で

ある $\text{La}_{2-y-x}\text{Nd}_y\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ について角度分解光電子分光を行っている。擬ギャップの大きさが他のストライプが安定している銅酸化物に比べて小さいことを見出している。

第7章では、銅酸化物高温超伝導体における化学ポテンシャルの温度依存性を測定するという新しい試みを行っており、試料として典型的な物質である $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ を用いている。得られた温度依存性は、バンド理論から予想されるものより1桁以上大きく、強相関電子系モデルの計算に比べても数倍大きいことを見出している。化学ポテンシャルの温度依存性はエントロピーのキャリアー濃度依存性に対応していることから、実験結果を説明するために電子とフォノンの相互作用を取り入れる必要性を指摘している。

最後の第8章では、本論文で得られた知見をまとめ、それらが鉄砒素化物高温超伝導体の研究、さらには高温超伝導研究全体に対してどのような寄与をするかを述べ、今後の展望を述べている。

以上のように本論文は、全く未知の物質であった鉄砒素化物高温超伝導体の電子構造を基本から出発して研究し、いくつかの重要な知見を得たことで高く評価された。従って、論文審査委員会は全員一致で博士(科学)の学位を授与できると認めた。

なお、本論文の一部は、吉田鉄平、小野寛太、久保田正人、片岡隆史、江端一晃、滝沢優、神原陽一、平野正浩、細野秀雄、臼井秀知、黒木和彦、有田亮太郎、青木秀夫、永崎洋、笹川崇夫、掛下照久、内田慎一の各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験、解析、考察を行なったもので、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。