

論文審査の結果の要旨

氏名 鈴木 博人

122型構造を有する遷移金属プニクタイドは、遷移金属元素が Fe の時、高温超伝導を発現することがよく知られている。遷移金属元素が Zn の時は半導体であるが、最近、そこに Mn 不純物を導入することで、希薄強磁性半導体として振る舞うことが見いだされた。本論文は 122 型構造を有する遷移金属プニクタイドが示すこれらの多彩な物性に注目し、分光学的に超伝導発現や希薄磁性発現に關与する電子状態を明らかにしたものである。論文は 5 章から構成されている。

第 1 章では本研究の背景として、鉄系超伝導体、希薄磁性半導体に関する予備知識がまとめられている。高温超伝導の発現機構に關する記述では、媒介する励起がスピン励起、軌道励起のいずれであるか、との問と電子フェルミ面、正孔フェルミ面状の超伝導秩序パラメータの符号変化の詳細が密接に關係することが紹介されている。また、鉄系超伝導体の動的電子状態を理解するための新しいアプローチとして、時間分解分光の重要性が強調されている。希薄磁性半導体についての記述では、希積磁性の発現機構として、自由電子的なキャリアと局在モーメントの相互作用に礎を置く Zener 型モデルや不純物に束縛された束縛磁気ポーラロン模型などが紹介されている。さらに、キャリア量と磁性不純物量が独立に制御できるユニークな系としての 122 型希積磁性半導体の基本物性が紹介されている。

第 2 章では、本研究で使用した実験手法である角度分解光電子分光、共鳴光電子分光、時間分解光電子分光、X 線非弾性散乱分光について、原理と使用した装置、データ解析法が述べられている。

第 3 章では、 $\text{SrFe}_2(\text{As}, \text{P})_2$ 超伝導体における角度分解光電子分光を用いたギャップ異方性の探索実験の結果と議論が記述されている。正孔フェルミ面電子フェルミ面のそれぞれについて、 $k_x k_y$ 面内、 k_z 方向での超伝導ギャップの変化を詳細に調べた。3 枚の正孔フェルミ面のうち α 、 β フェルミ面では顕著なギャップ異方性はない。残りの γ フェルミ面において、Z 点近傍、X 点の方向において、超伝導ギャップが顕著に抑制される兆候を見出した。フェルミ面上のごく限られた場所でのノードの存在を示唆する結果は、スピン

揺らぎによって対形成が媒介されるとする理論的予言と符合している。

第4章では、高温超伝導の母体と見なすことができる反強磁性(SDW)金属の時間角度分解光電子分光の実験結果と解析が記述されている。1.5eVのポンプ光のパルス照射により、1ps程度の緩和時間を有するホットキャリアの生成が観測されるが、そのエネルギー依存性や運動量依存性は、SDWが融解して常磁性金属になったと考えて矛盾は無い。

第5章では、希釈磁性半導体 $Ba_{1-x}K_x(Zn_{1-y}Mn_y)_2As_2$ [$x=0.3, y=0.15$] の電子状態、特に Mn 不純物状態に関する実験結果と議論が記述されている。Zn の 3d 軌道はフェルミ準位より 10eV ほど下にあり、価電子帯は主に As の 4p 軌道からなる。角度分解電子分光の結果は価電子帯に確かに正孔がドーピングされていることを示す。X線吸収分光の結果は Mn が +2 価 ($3d^5$) の状態にあることを示す。共鳴角度分解光電子分光の結果は Mn 3d 状態が As 価電子帯にわたって広がっていることを示しており、強い 3d-4p 混成を示唆している。一方、一部の希釈磁性半導体で見られるようなフェルミ準位直下の明瞭な不純物バンドの形成は見られない。これらの事実から、3d-4p 混成が希釈磁性発現の本質であると指摘している。

第6章では本論文で明らかにされた結果とその意義がまとめられており、さらに今後の研究の展望が述べられている。

以上のように、本論文は 122 型の超伝導体および希釈磁性半導体の基本的な電子状態の特徴を先端的な分光的手法によって明らかにし、超伝導、強磁性発現の機構解明の手掛かりを与えた。物性物理学としての価値と独創性は十分と認められる。博士(理学)の学位論文としてふさわしい内容をもつものと認定し、審査員全員で合格と判定した。なお、本論文は、共同研究者らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験の遂行や結果の解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断した。