

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 小野瀬 佳文

本研究で取り扱った $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ は、数少ない電子ドーピング型高温超伝導体の一つである。この物質の発見以来、高温超伝導体における電子-ホール対称性および非対称性は、高温超伝導の電子論的機構の解明のための本質的な課題として議論され続けてきた。しかし、結晶作成の困難さや超伝導体を得るために適当な還元処理が必要であるといった結晶化学的な問題のために、電子ドーピング型高温超伝導体はホールドーピング系に比べると実験的な研究例が少なく未解明な部分が多かった。本研究では、溶媒移動浮遊帯域溶融(TSFZ)法によって $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ の良質な単結晶を作成し、光学定数や輸送係数の測定を行うことにより、電荷ダイナミクスや電子構造の系統的なドーピング濃度(x)依存性を明らかにしたものである。

本論文は、5章からなる。

第1章では、序章として、現在までのホールドーピング系と電子ドーピング系における研究が紹介されており、これを踏まえて、本論文研究の意義と目的が述べられている。

第2章では、実験に用いた単結晶試料の作製方法および還元処理の詳しい条件を述べた後に、光学測定、輸送係数の測定の測定方法が述べられている。

第3章、第4章、第5章は本論文の中心をなすものであり、本研究で得られた実験結果とその考察が述べられている。

第3章では $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ における光学測定の研究結果がまとめられている。この系のアンダードーピング領域($x \leq 0.125$)において大きなエネルギースケール(~数百 meV)の擬ギャップが光学伝導度スペクトルに存在していることが観測された。また、低エネルギー部(<0.05 eV)においては、ドルーデ応答が擬ギャップの成長と同時に成長していくことが観測された。この擬ギャップの大きさと擬ギャップ形成が始まる温度(T^*)はドーピングとともに減少していき、超伝導が観測される $x=0.15$ では擬ギャップが観測されなくなった。さらに、光電子分光スペクトルとの対応、電子-格子相互作用の影響および還元の有無による光学スペクトルの違いなども議論している。

第4章は、抵抗率とホール係数の研究結果がまとめられている。特に輸送係数における擬ギャップの影響について議論されている。面内の抵抗率は光学スペクトルにおけるドルーデ応答の成長に対応し、擬ギャップが形成され始める温度付近で急峻に減少することが観測された。また、面間の抵抗率も T^* 以下で急激に減少を示すことが観測された。これは、面間の伝導が波数($\pi, 0$)付近の状態に敏感であることから、 T^* 以下の温度で($\pi, 0$)近傍にコヒーレントな状態が形成され、ギャップはk空間での別の位置($(\pi/2, \pi/2)$ 付近)に開いていることを示唆しているものである。アンダードーピング領域のホール係数は、 T^* 以下で絶対値が急速に増大することが観測された。最低温ではアンダードーピング領域におけるホール係数

からもとめたキャリア数はドーピング量(x)と一致していることが示された。このことは、小さなフェルミ面の存在を示唆している。

第5章では、以上の結果に基づき、総合的な議論と本論文のまとめが述べられている。

まず本研究で得られた測定結果や中性子散乱の測定結果との比較から擬ギャップの起源が反強磁性スピン相関によるものであると結論されている。また、第二、第三隣接サイト間のホッピング(t' , t'')の効果を検討した理論計算の結果と実験結果が一致することも述べられている。さらに本研究で明らかになった擬ギャップはホールドーピング系において観測されている大きな擬ギャップと対応している可能性が大きく、両者の違いは t' , t'' の効果で説明できることを推論している。最後に本論文のまとめが述べられている。

以上を要するに、本論文では電子ドーピング型高温超伝導体における $\text{Nd}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ における良質な単結晶試料を作成し、光学測定および輸送係数の測定を行うことにより、電荷ダイナミクスと電子構造の系統的变化を明らかにした。特に、この系のアンダードーピング領域における反強磁性スピン相関によって誘起された擬ギャップの存在を見出し、その電荷ダイナミクスとの相関を明らかにした。現在の物性物理学における最重要課題の一つである高温超伝導体の電子物性に関する重要な知見を得たという点で、物性物理学、物理工学の進展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。