

論文審査の結果の要旨

氏名 根岸 真通

本論文はディラック電子系における電子相関の効果をイリジウム酸化物において実験的に研究したもので5章からなる。第1章は、イントロダクションであり、本研究の対象であるディラック電子系における相関効果の研究の意義が述べられている。これまで、電子相関の重要でない系でディラック電子系が開発され多くの関心を集めてきた。さらに、近年、2層グラフェンにおける絶縁体近傍の超伝導の発見など、ディラック電子系における電子相関の効果に大きな関心が寄せられている。その中、3次元物質における典型例の創出が求められていた。

第2章は根岸氏がイリジウム酸化物を対象とした理由について述べられている。イリジウム酸化物は、バンド幅、スピン軌道相互作用が電子相関と拮抗した系であり、相関効果の研究に適している。特に、根岸氏は、バルクでは先行研究で報告されていた、異なる強さの電子相関を持つディラック線ノード半金属・ペロブスカイト型イリジウム酸化物 $\text{SrIrO}_3 \cdot \text{CaIrO}_3$ に注目した。これらの物質に、Ir サイトの部分置換という摂動を加え、電子相関の増強と乱れの導入を行うことによって、電子相関効果を解明することを目標とした。

第3章は実験手法について述べられている。根岸氏は、ペロブスカイト型 $\text{Sr} / \text{CaIr}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$ のエピタキシャル薄膜を、パルスレーザー堆積法を用いて、ペロブスカイト型 SrTiO_3 基板の(001)面上に成膜した。 $\text{SrIr}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$ については、表面にステップテラス構造を持つ微傾斜基板を用いて、薄膜の結晶配向制御を行った。これらの試料について、X線光電子分光によって化学量論比の評価を行い、X線回折と透過型電子顕微鏡を用いて結晶構造を評価した。そして、Sn置換系の電子相図を、電気輸送特性と磁気特性を測定することによって明らかにした。また、Irの共鳴X線散乱を利用した磁気回折を行い、Sn置換 SrIrO_3 の磁気構造を評価した。

第4章は実験結果と考察について述べられている。 $\text{Sr} / \text{CaIr}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$ のエピタキシャル薄膜の作成に成功した。 $\text{Sr} / \text{CaIrO}_3$ どちらもディラック電子系に特有な半金属的な輸送特性を示した。Sn置換によって、 $\text{Sr} / \text{CaIrO}_3$ 両方に弱強磁性が生じることを見出した。しかし、輸送特性は、半金属から絶縁体への転移に際し、対照的なふるまいを示し、両者の転移の機構が異なることが示された。Sn置換された SrIrO_3 は、磁気転移温度の周辺に抵抗率の異常を示した。これは、磁性がエネルギーバンドにギャップが生成していることを示唆する。一方、本研究で初めて開発された新物質系 Sn置換 CaIrO_3 は、磁性とは関係なく絶縁体に転移することがわかり、相関と乱れによる局在化効果が示唆された。これらの異なる挙動は、 SrIrO_3 と CaIrO_3 における電子相関の強さとキャリア濃度の違いに起因すると考えられる。

第5章においては、本論文の結論が述べられている。Sn置換された $\text{Sr} / \text{CaIrO}_3$ が対照的な半金属―絶縁体転移を示すという根岸氏の発見は、5d ディラック電子系において

電子相関強度の違いが多様な量子相をもたらすことを示す結果であり、物性物理分野において意義があると認められた。一方で、電子相関と、対称性に保護された線ノードのトポロジーがどのような協奏効果を生じるのかは、今後に残された未解決の課題である。

なお、本論文第3・4章は、平岡奈緒香、浜根大輔、高木英典、堀場 弘司、北村 未歩、湯川 龍、組頭 広志、大隅 寛幸、有馬 孝尚との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験とその結果の解析を行ったもので、根岸氏の寄与が十分であると判断する。

よって、論文審査委員会は全員一致で博士(理学)の学位授与が適当であると結論した。