

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 藤岡 淳

遷移金属酸化物における軌道自由度は凝縮系物理学の中心的課題の一つとして盛んに研究が行われており、また将来の革新的なエレクトロニクスにおける状態制御変数の候補としても期待されている。ペロブスカイト型 V 酸化物はスピン・軌道自由度の相互作用によって多様な磁気・軌道秩序相が生じる事が知られている。本論文は、V 酸化物においてフィリング制御型絶縁体金属転移が生じる過程のスピン・軌道秩序の静的・動的状態及び電荷ダイナミクスを明らかにしたものである。

本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章では研究背景としてモット転移について簡単に説明した後、本研究で対象としたモット絶縁体 RVO_3 のスピン・軌道秩序について述べている。

第 2 章では実験に用いた単結晶試料の合成法や基礎物性の測定法、光学測定の方法について説明している。

第 3 章では $La_{1-x}Sr_xVO_3$ の電荷ダイナミクスが、フィリング制御型絶縁体金属転移及びこれと同時に起こるスピン・軌道秩序の融解と共にどのように変化するかを議論している。ドーピングされていない状態ではスピン・軌道秩序に起因した異方的モットギャップ遷移が見られるが、微少ドーピングの領域でも同様に、ドーピングされたホールのダイナミクスが異方的であることを明らかにした。ドーピング濃度が増加すると軌道秩序の融解を反映して電子構造の異方性が減少していく様子を観測した。このような振る舞いを、(1)微少ドーピング領域ではドーピングされたホールが dyz/dzx 軌道を占有し、1 次元的軌道交換相互作用を反映して異方的遷移強度を持つ、(2)絶縁体金属転移点近傍ではスピン・軌道秩序融解を反映してホールは dyz, dzx, dxy 軌道をほぼ等しく占有し、等方的ダイナミクスが生じる、というモデルで説明している。

第 4 章では $R_{1-x}A_xVO_3$ ($R=La, Pr, Nd, Y; A=Sr, Ca$) における磁気・軌道秩序相図を明らかにし、格子歪み及び乱れがスピン・軌道秩序に与える効果を議論している。まず、常磁性・G 型軌道秩序相は絶縁体金属転移の臨界濃度より小さいドーピング量で消失する事を明らかにした。この結果から、ホールの運動エネルギーの増大のみならず格子系の乱れの増大によっても軌道秩序相が不安定化することを示した。また、 YVO_3 の低温で存在する G 型磁気秩序・C 型軌道秩序相を 2%程度の少量ホールドーピングで高温領域から存在する C 型磁気秩序・G 型軌道秩序相へ転移させることが可能であることを明らかにした。

第 5 章では格子歪みの増加が電子構造、スピン・軌道秩序に与える効果を議論している。対象物質として $Y_{1-x}Ca_xVO_3$ を選び、光学伝導度、ラマン分光の測定によってその電子構造、スピン・格子ダイナミクスを明らかにした。ドーピングによって誘起された相(C 型磁気秩序・G 型軌道秩序相)では異方的なモットギャップ遷移が生じているものの、ホールダイナ

ミクスは微少ドーブ域であってもほぼ等方的であることを明らかにした。また、モットギャップ遷移のスペクトル形状が斜方晶歪みの小さい LaVO_3 のものと比較して異なることに注目し、格子歪みによって軌道状態が変化している可能性を指摘している。このような軌道状態の相においてラマン散乱スペクトルを測定する事により、低温で短距離の G 型磁気相関が生じていることを示した。

第 6 章では本研究で得られた成果をまとめている。

以上を要するに、本論文ではペロブスカイト型バナジウム酸化物 RVO_3 においてフィリング制御型絶縁体金属転移が起こる際のスピン・軌道秩序の静的・動的状態および電荷ダイナミクスを基礎物性、光学測定によって詳細に明らかにした。この知見はスピン・軌道自由度及びこれらの相関を利用したデバイス開発に重要な指針を与えると考えられ、物性工学の発展に大きく寄与すると期待される。

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。