

朝光 敦

東京大学 低温センター

プロフィール：1965年8月1日北海道生まれ。【勤務先】東京大学低温センター開発部門助教授。【経歴】1994年4月東京工業大学理工学研究科物理学専攻博士課程修了（理学博士）、1993年10月アトムテクノロジー研究対(JRCAT)研究員、1996年4月工業技術院産業技術融合領域研究所（NAIR）研究員、1998年9月より現職。1999年10月よりさきがけ研究21「状態と変革」研究者兼務。【専門】固体物理、低温実験【趣味】読書・スキー・囲碁将棋【連絡先】113-0032 東京都文京区弥生 2-11-16 東京大学低温センター、asamitsu@crc.u-tokyo.ac.jp.

スピン-軌道偏極固体材料の物性と相制御

要旨

スピン-軌道偏極固体材料とは、固体中の伝導電子系のスピンあるいは軌道状態(軌道擬スピン)が偏極している物質を指す。さらに、輸送現象を担うフェルミ面上の電子が100%スピン偏極している物質をハーフメタルと呼ぶが、ペロブスカイト型マンガン酸化物 $R^{3+}_{1-x}A^{2+}_xMnO_3$ (R:希土類イオン、A:アルカリ金属イオン) やルチル酸化物 CrO_2 などは、強磁性ハーフメタルとして多彩な物性を示すことは知られているが、一方反強磁性ハーフメタル(antiferromagnetic half metal、以下 AFHM)は、バンド計算などからはその存在を示唆されているものの、現在までにそのような物質が得られたという報告例はない。模式的なバンド構造を図1に示す。もしそのような物質群を合成することができれば、外部磁場に依存しないスピン偏極電流固体素子として、従来の磁気抵抗素子やスピンバルブ素子と組み合わせることにより高感度磁気記録読取などが可能になる。本研究は、上記性質を持つ AFHM 材料や軌道偏極した物質を創製し、その物性を制御することによって、スピン-軌道偏極材料における新規物理現象を探索するとともに、将来的にスピントロニクス材料のひとつとして利用しようとするものである。

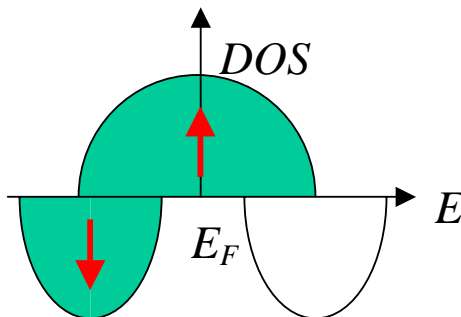


図1 反強磁性ハーフメタルのバンド構造

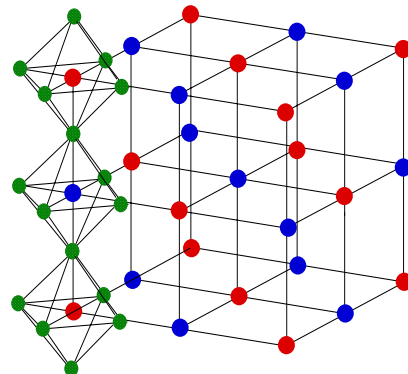


図2 ダブルペロブスカイト構造。赤、青は遷移金属イオン。緑は酸素イオン。

本研究では AFHM 系の材料候補として、伝導電子系と局在スピン系の2つの役割をそれぞれ2種類の異なる遷移金属に担わせるという戦略に基づき、それらの異なるイオンが空間的に規則正しく整列した(NaCl型)秩序ダブルペロブスカイト構造(図2)をもつ酸化物を作成し、磁氣的・電氣的物性の制御を行った。遷移金属元素として、ともにスピン1を持つ Ni^{2+} と Ru^{4+} を選択し、3次元・2次元構造を持つダブルペロブスカイトの合成に成功した。低温で反強磁性転移を示すことも確認されたが、現在まで金属化にはいたっていない(図3)。

もうひとつの方法として、反強磁性絶縁体母物質を用いて反強磁性金属相を圧力によって誘起し AFHM 材料候補の探索も行った。擬ルチル構造をもつバナジウム酸化物 V_nO_{2n-1} を合成し、スピンフラス トレーション系における圧力誘起絶縁体-金属転移を観測し量子臨界点近傍の伝導現象を調べた(図4)。ダイヤモンドアンビルを用いた高圧下電気伝導測定により反強磁性金属相への転移を発見し、バンド幅制御

によるユニバーサルな電子相図を得ることに成功した。

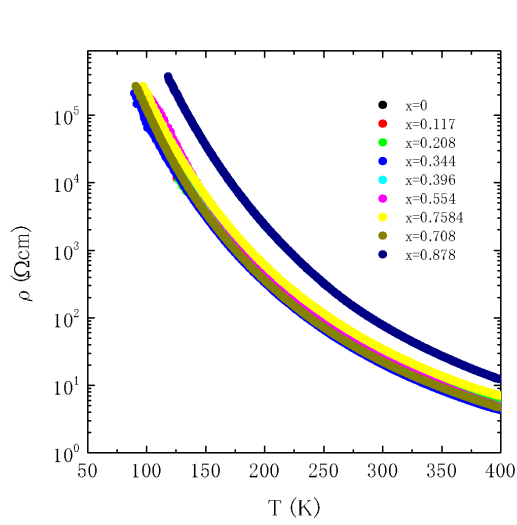


図3 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiRuO}_6$ の電気抵抗率

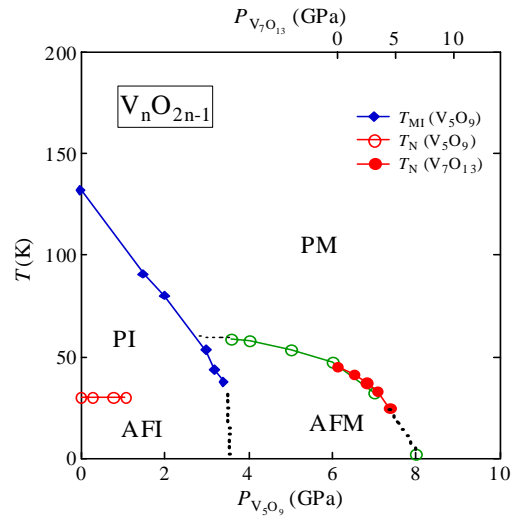


図4 $\text{V}_n\text{O}_{2n-1}$ の電子相図

発表論文

C. Urano, A. Asamitsu, N. Takeshita, N. Mōri, M. Kosaka, and Y. Uwatoko, “Universal Phase Diagram and Nontrivial Transport Phenomena around Quantum Critical Point in Magnéli Phase $\text{V}_n\text{O}_{2n-1}$ ”, to be submitted.