

Title	Unique electrical transport properties of atomically layered antiferromagnets with high mobility
Author(s)	渡邊, 杜
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/96390
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (渡 邊 杜)

論文題名

Unique electrical transport properties of atomically layered antiferromagnets with high mobility
(高移動度層状反強磁性体における特異な電気輸送特性)

論文内容の要旨

Atomically layered materials are a group of materials where two-dimensional sheet-like blocks are stacked on top of each other. In recent years, this group of materials has been gaining large attention especially in the field of magnetism. While active research is being made to elucidate the detailed magnetic structure of various atomically thin magnets, studies of electrical transport in these thin-film devices are still largely under development. The purpose of this thesis is to investigate the electronic transport properties unique to the atomically thin-film magnetic materials fabricated through the scotch tape method. Specifically, we have focused on two atomically layered antiferromagnets with high mobility.

The first is the rare-earth antiferromagnet CeTe_3 , which has recently gained attraction as an atomically layered magnetic material with high mobility. Through magnetoresistance measurements of the CeTe_3 thin films, we observed two characteristics that were previously unreported in the bulk samples. One is the magnetoresistance hysteresis, indicating the existence of anisotropy of the magnetic moments along the stacking direction of the thin film. The other is the clear quantum oscillation, originating from a small Fermi pocket because of the formation of the charge density wave. The temperature dependence of the quantum oscillation amplitude indicates a modulation of the Fermi surface with the onset of the magnetic order.

The second is the triangular-lattice antiferromagnet Ag_2CrO_2 , which is one of the few metallic magnetic materials. This material possesses an exotic magnetic structure known as the “partially disordered state”. We have performed simultaneous magnetoresistance and Hall measurements for Ag_2CrO_2 thin-film devices. A clear anomalous Hall signal was observed. It has a maximum at the magnetic transition temperature. The analysis of the anomalous Hall conductivity and its temperature dependence strongly indicate that the fluctuating moment near the transition temperature plays a key role in the unique anomalous Hall effect.

Through these results, we have showcased the emergence of unique electrical transport phenomena which can only be accessed in the magnetic thin-film devices, and demonstrated that they also provide important information on the underlying electronic and magnetic physics within these materials.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (渡 邊 杜)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 新見 康洋
	副 査	教授 萩原 政幸
	副 査	准教授 越智 正之
	副 査	准教授 塩貝 純一
	副 査	准教授 高田 真太郎

論文審査の結果の要旨

原子層物質は 2 次元のシート状のブロックが積み重なった物質群であり、単一の 2 次元シートであるグラフェンの発見以降、原子層物質の開拓とそれを用いたデバイスの研究が急進展している。2010 年代後半になると、原子層磁性体に関する研究が次々と報告されるようになり、磁性の分野でも 2 次元スピントロニクスデバイスの観点から注目を集めている。様々な原子層磁性体の磁気構造を解明する研究が積極的に行われている一方で、それらを用いた薄膜デバイスの輸送特性に関する研究は未開拓な部分も多い。そこで渡邊氏は、高い易動度を有する原子層反強磁性体に焦点を当て、これらの輸送特性の解明を目指して研究を行った。

まず着目したのが、希土類反強磁性体の一種の CeTe_3 である。この物質は、3 K 以下で短距離の反強磁性転移、1.2 K 以下で長距離の反強磁性転移(スピン密度波転移)を示し、また高い易動度を有する層状反強磁性体として知られている。渡邊氏は、機械的剥離法を用いて CeTe_3 の薄膜デバイスを作製し、0.4 K の極低温まで磁気抵抗を測定した。その結果、バルク結晶では報告されていなかった 2 つの特性を観測した。1 つが磁気抵抗に現れる磁気ヒステリシスで、このヒステリシスは反強磁性転移が現れる 3 K 以下で観測された。このことは、面直方向に沿って磁気モーメントの異方性があることを示唆している。もう 1 つの特性が明瞭なシュブニコフ・ドハース(Shubnikov-de Haas、以後 SdH)振動である。この SdH 振動は、電荷密度波の形成に伴い生じた小さなフェルミポケットに起因するもので、反強磁性転移する 3 K 以上でも観測されたが、特に 2 つ目の磁気転移温度である 1.2 K 以下で、SdH 振動のパターンも変調することを明らかにした。

2 つ目に着目した物質が、三角格子反強磁性体の一種である Ag_2CrO_2 である。一般に、三角格子反強磁性体は電気をほとんど流さない半導体や絶縁体であるが、 Ag_2CrO_2 は Ag_2 層の存在により、高い易動度を有する。また Ag_2CrO_2 は反強磁性体に転移後、一部のサイトが秩序化していない部分無秩序状態を有することが指摘されている。本研究では、 Ag_2CrO_2 薄膜デバイスを作製し、縦抵抗とホール抵抗を同時に測定した。その結果、ホール抵抗に異常が現れることが分かった。この異常は、通常の異常ホール効果とは異なり、反強磁性転移温度で最大となり、転移温度以後は急速に減衰する。測定した縦抵抗とホール抵抗から異常ホール伝導率を算出し、縦伝導率の関数としてプロットすると、これまで知られている異常ホール効果の振舞いと異なり、ホール角(異常ホール伝導率を縦伝導率で除した値)が非常に大きいことが分かった。このホール角は、Cr サイトから生じるスカラーカイラリティの効果で説明できる可能性がある。

本研究で得られた成果は、原子層反強磁性体の薄膜デバイスでしか観測できない電気輸送現象を見出しただけでなく、原子層反強磁性体における基礎的な電気及び磁気特性に関する重要な知見を与えるものである。以上の理由から、本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。