

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	強い相対論効果と空間反転対称性の破れを持つ遷移金属カルコゲナイドの磁気抵抗と超伝導
Title(English)	Magnetoresistance and Superconductivity of Transition Metal Chalcogenides with Strong Relativistic Effects and Broken Inversion Symmetry
著者(和文)	並木宏允
Author(English)	Hiromasa Namiki
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10295号, 授与年月日:2016年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:笹川 崇男,中村 一隆,東 正樹,神谷 利夫,吉本 護
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10295号, Conferred date:2016/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	並木 宏允	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	笹川 崇男	准教授	吉本 護	教授
	審査員	中村 一隆	准教授		
		東 正樹	教授		
神谷 利夫		教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Magnetoresistance and Superconductivity of Transition Metal Chalcogenides with Strong Relativistic Effects and Broken Inversion Symmetry (強い相対論効果と空間反転対称性の破れを持つ遷移金属カルコゲナイドの磁気抵抗と超伝導)」と題して英文で書かれ、全五章から構成されている。

第一章「General Introduction」では、本研究の研究背景としてスピン軌道相互作用がバンド構造に及ぼす効果とそれによって発現する物性について簡潔に説明した後に、本研究の目的を述べている。

第二章「Experimental Details」では、本研究で用いた単結晶育成法や各種測定方法について述べている。

第三章「Results in PbTaSe<sub>2</sub> Single Crystals」では、セミメタリックなバンド構造を持ち空間反転対称性の破れた超伝導体である PbTaSe<sub>2</sub> に着目し、純良単結晶育成と磁気抵抗、超伝導特性を報告している。第一原理計算による検討から、PbTaSe<sub>2</sub> は顕著なスピンバンド分裂とトポロジカルに保護された表面状態を持つ事を明らかにし、パリティ混成超伝導体とトポロジカル超伝導体の有力な候補である事を見出している。計算による検討の後、多結晶の合成しか報告しなかった PbTaSe<sub>2</sub> の単結晶育成に取り組み、フラックス法に改良を加えることで mm サイズの結晶を得ることに成功している。育成条件の制御により、結晶の純良さの指標となる室温における抵抗率と極低温の残留抵抗率の比 *RRR* (Residual Resistivity Ratio) を系統的に変化させた単結晶を得る事にも成功している。これら試料の極低温 (~5 K) において、磁場に対して抵抗率が線形で上昇する線形磁気抵抗を観測している。磁気抵抗の大きさは *RRR* に対して線形な関係性を持ち、非磁性金属にも関わらず、最も純良 (*RRR* ~ 260) な結晶では 7 T において ~400% という巨大な値になる事も発見している。空間反転対称性を持ち、トポロジカルな表面状態を持たない SnTaS<sub>2</sub> との比較から、この異常な磁気抵抗がスピンバンド分裂またはトポロジカルな表面由来である事を提案している。一方、超伝導特性においては、母物質単結晶における超伝導パラメータを初めて明らかにしている。また Biドープによる *T<sub>c</sub>* の向上に成功し、その要因を電子構造計算の観点から考察している。計算から、顕著なスピンバンド分裂をもつ母物質について、極低温 (< 1.7 K) での超伝導状態の検証が重要であることを指摘している。この目的のために断熱消磁法で ~ 0.3 K まで測定できるシステムを自作し、上部臨界磁場が発散する異常な振る舞いが現れ始めることの観測に成功している。これらの結果から、PbTaSe<sub>2</sub> が通常の超伝導体とは異なるエキゾチックな超伝導体である可能性を見出している。

第四章「Results in MoTe<sub>2</sub> Single Crystals」では、セミメタリックなバンド構造を持ち、現時点で唯一のワイルセミメタルかつ超伝導体である MoTe<sub>2</sub> に着目し、純良単結晶育成と磁気抵抗、超伝導特性を報告している。単結晶育成には第三章同様の改良型フラックス法を用いる事で *RRR* の制御にも成功し、これまでの報告値の ~20 倍の *RRR* = 520 を持つ単結晶の育成に成功している。極低温 (~2 K) の磁気抵抗が *RRR* の2乗に比例して増大することを見出している。これにより、7 T において従来結晶の ~400 倍におよぶ 20000% を超える超巨大磁気抵抗の観測に初めて成功している。輸送方程式を用いて、電子とホールキャリアバランスが重要であること、*RRR* が大きい試料では極低温で移動度が急激に増大して超巨大磁気抵抗を発現することなどを議論している。一方、超伝導特性においては、母物質の *T<sub>c</sub>* ~ 0.3 K が等方圧力によって大幅に上昇する先行研究を踏まえて、Teをイオン半径の小さな S や Se で置換することにより生ずる化学圧力効果を利用して *T<sub>c</sub>* の上昇を試みている。置換した単結晶の育成にも成功し、S と Se 置換でそれぞれ 1000% (3.0 K) と 1200% (3.5 K) の *T<sub>c</sub>* 上昇に成功している。これらについて、磁場下抵抗率測定で ~ 0.3 K までの磁気相図を決めることにも成功したが、上部臨界磁場の異常は見られなかったと報告している。PbTaSe<sub>2</sub> の結果も踏まえ、母物質の MoTe<sub>2</sub> を対象として 0.1 K 以下における検証が不可欠であると提言している。

第五章「General Conclusion」では、本論文を通して得られた結果に関して総合的な議論を行い、本論文を総括するとともに、将来展望を述べている。

以上を要するに、本論文は「強いスピン軌道相互作用」と「空間反転対称性の破れ」によって発現する新奇物性を網羅的に探索する上での新たなアプローチ手法として、「セミメタリックなバンド構造」を持つ物質が非常に有用である事を明らかにしている点で、理學上ならびに科学技術上貢献するところが大きい。よって、博士(理学)の学位論文として十分に価値があるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。