

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	Bi正方格子を持つ層状化合物のトポロジカル電子・磁気輸送・超伝導特性
Title(English)	Topological Electronic, Magnetotransport, and Superconducting Properties in Layered Compounds with a Bi Square-net
著者(和文)	村瀬正恭
Author(English)	Masayuki Murase
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11387号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:笹川 崇男,東 正樹,神谷 利夫,舟窪 浩,山本 隆文
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11387号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

本論文は、「Topological Electronic, Magnetotransport, and Superconducting Properties in Layered Compounds with a Bi Square-net (Bi 正方格子を持つ層状化合物のトポロジカル電子・磁気輸送・超伝導特性)」と題して英語で書かれており、Chapter 1 から Chapter 5 の計 5 章から構成されている。本論文の目的は、電子構造中のディラック電子のギャップの有無が輸送特性に与える影響の調査や、極低温輸送特性評価による非従来型超伝導の可能性を探索することである。以下に各章毎の要点を記す。

Chapter 1 “General Introduction”では、本論文の研究背景、目的、概要、及び章構成を示している。

Chapter 2 “Experimental Details”では、電子構造計算や輸送特性評価などの実験、および解析手法の詳細について述べている。

Chapter 3 “Gapless Dirac cone protected by glide symmetry: LaAgBi<sub>2</sub>”では、LaAgBi<sub>2</sub> がディラックノーダルライン半金属であるかを確認するため第一原理計算により電子構造の計算を行った。その結果、高対称運動量方向にギャップレスなディラックノーダルラインが存在し、かつ、そのディラックノーダルラインがフェルミエネルギーを横切ることを明らかにした。次に、LaAgBi<sub>2</sub> の単結晶育成について、ゾーンメルト法により精製した La 原料を用いることで  $RRR=131$  という高品質な単結晶が得られた。磁気輸送特性では  $RRR$  の向上に伴い磁気抵抗も大きくなり、先行研究で報告されていないフェルミ面の量子振動の観測にも成功した。量子振動について解析を行ったところ、ギャップレスディラック分散に由来する  $\pi$  ベリー位相を検出し、輸送特性の観点からフェルミエネルギー付近にギャップレスディラック分散が存在することを示した。更に、極低温での輸送特性を評価したところ、 $T_c = 2.02$  K で超伝導転移することを発見した。 $H_{c2}(0) = 3.92$  T であり、常磁性対破壊の起こるパウリリミット  $H_p = 1.86 \times T_c$  を上回る値を示した。このことは非従来型超伝導が実現している可能性を見出した。

Chapter 4 “Results in reference systems with gapped Dirac cone : (Sr,Ba)ZnBi<sub>2</sub>”では、LaAgBi<sub>2</sub> の比較対象として、類似構造を持つがシンモルフィックな空間群に属する(Sr,Ba)ZnBi<sub>2</sub> について研究を行った。第一原理計算により(Sr,Ba)ZnBi<sub>2</sub> はいずれも LaAgBi<sub>2</sub> と近い電子構造を持つが、シンモルフィックな空間群に由来し、高対称運動量でディラック点にバンドギャップを持つことが明らかになった。(Sr,Ba)ZnBi<sub>2</sub> では高純度な Zn 原料を用いることで先行研究に対して 2 倍の  $RRR$  を持つ単結晶育成に成功した。単結晶の高純度化により磁気抵抗の値も大きくなり、BaZnBi<sub>2</sub> においてのみ量子振動が観測された。量子振動解析から  $\pi$  ベリー位相は検出されず、ギャップレスディラック分散を持たないという第一原理計算と矛盾しない結果となった。更に、極低温での輸送特性を評価したところ、SrZnBi<sub>2</sub> では  $T_c = 0.52$  K で、BaZnBi<sub>2</sub> では  $T_c = 0.21$  K で超伝導転移することを発見した。SrZnBi<sub>2</sub> について  $H_{c2}(0) = 0.21$  T であり、LaAgBi<sub>2</sub> のようにパウリリミットを超えるようなことは起きていなかったため、従来型超伝導であることが明らかとなった。

Chapter 5 “General Conclusion”では、本論文を総括し、今後の展望について述べた。

以上を要するに、本論文は類似した結晶構造を持つ化合物について、所属する空間群の違いに着目することで、ディラック電子に由来する高易動度が磁気抵抗に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。また、LaAgBi<sub>2</sub> ではパウリリミットを超える超伝導を示すことから、非従来型超伝導の可能性を見出した。