

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | Symmetry and topology in electronic band structures of spin-orbit-coupled surfaces and multilayers |
| 著者(和文) | 中陳巧勤 |
| Author(English) | Koukin Nakajin |
| 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10402号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:村上 修一,齋藤 晋,西田 祐介,西森 秀稔,吉野 淳二 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10402号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文) | 博士論文 |
| Category(English) | Doctoral Thesis |
| 種別(和文) | 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 | 中陳 巧勤 | |
|-------------|-----|-------|---------|-------|-----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 村上 修一 | 教授 | 西田 祐介 | 准教授 |
| | 審査員 | 吉野 淳二 | 教授 | | |
| | | 西森 秀稔 | 教授 | | |
| | | 斎藤 晋 | 教授 | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Symmetry and topology in electronic band structures of spin-orbit-coupled surfaces and multilayers」と題し、6章と付録よりなる。

第1章「Introduction」では、スピン軌道相互作用によるさまざまな新奇現象やそのスピントロニクスへの応用に関する研究背景を解説している。固体結晶で見られる典型的なスピン軌道相互作用の種類について説明した後、それらがどのような系で見られるか説明している。特にトポロジカル絶縁体などではスピン軌道相互作用の符号が物性を決める重要な自由度であることを述べている。最後に本論文の全体を概観している。

第2章「Spin-orbit interaction and topological gapless states」では、スピン軌道相互作用の物理とそれによるトポロジカルな金属状態の先行研究について述べている。最初に相対論からスピン軌道相互作用を導出している。さらにラシュバ型スピン軌道相互作用などの基本性質について説明し、その強さを調節することでスピン波寿命の発散的増大が見られる事を説明している。また類似の系として、トポロジカル絶縁体表面状態について説明し、特にその表面状態が速度の符号（スピン軌道相互作用の符号）によって異なるスピン構造を持つことについて述べている。さらに速度の符号が異なるトポロジカル絶縁体同士の接合において、金属的な束縛状態が現れる事や、トポロジカル絶縁体と通常の絶縁体の超格子系で、層の厚さに応じて相転移が起こる事を述べている。さらにトポロジカル半金属、特にノーダルライン半金属について基本性質や物質の例について述べている。

第3章「Non-Rashba systems」では、Tl/Si (111)-(1×1)表面およびBi/Si (111)-($\sqrt{3}\times\sqrt{3}$)表面について述べている。まずこの2つの系において、先行研究での実験および第一原理計算の結果を説明している。次に申請者による、これらの系に関する強く束縛された電子のモデルの構築について説明している。さらにこれらのモデルからバンド構造やスピントクスチャを計算し、実験結果と定性的に一致していることを示している。

第4章「bound states at a junction between two surface regions with the SOI」では、前章で構築したTl/Si表面やBi/Si表面を用いて、スピン軌道相互作用の符号が異符号であるような接合を構成し、そこでの束縛状態を計算している。特にBi/Si表面については、バルクの固有状態が面内であるのに対比して、接合での束縛状態ではスピンはほぼ面に垂直であることを示しており、それを対称性の立場から解釈している。

第5章「Topological nodal semimetal phase and peculiar surface states in topological insulator multilayers」では、トポロジカル絶縁体と通常の絶縁体との超格子系に現れる新規相について理論的に示している。先行研究と比べて積層でのスピン軌道相互作用の符号のパターンを変えることで、ノーダルライン半金属相が現れることを示している。この半金属相の出現理由を探るため、結晶対称性に起因したワーピング項を加えたときの物質相の変化についても解析している。特にディラック半金属やノーダルサーフェス半金属といった興味深い相の出現を示し、それらの相が出現する理由について、ある場合は内部対称性や鏡映対称性に起因し、別の場合にはパフィアの符号で特徴づけられるトポロジーに起因することを述べている。

第6章「Summary and outlook」では、論文の全体を概観し今後の展望について述べている。

付録「Appendix」では、論文中で使われる計算の詳細について丁寧に説明している。

以上をまとめると、本論文では、ラシュバ系、非ラシュバ系、トポロジカル絶縁体など、スピン軌道相互作用のある系について、接合や超格子などの構造を構成することで多種多様な新規相や興味深いスピン構造が現れることを理論的に示し、さらにそれらの起源について明らかにし、実際の物質との関わりや現れる物性について議論している。本研究を多種多様な物質系に応用することで物質のバンド構造やスピン構造を自由自在にデザインし、応用面も含む幅広い波及効果を持ちうるとともに、物性理論面でも、トポロジーや対称性に起因する新規相の出現条件を新たに示している。このような点から本論文は、理学の発展に大いに資するものと判定され、本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値があると認められる。

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。