

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	YPtBiトポロジカル半金属を用いた純スピン注入源の開発およびそのデバイス応用に関する研究
Title(English)	Research on a pure spin current source using YPtBi topological semimetal and its device applications
著者(和文)	白倉孝典
Author(English)	Takanori Shirokura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12286号, 授与年月日:2022年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:ファム ナムハイ,中川 茂樹,間中 孝彰,山田 明,宮島 晋介,田中 雅明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12286号, Conferred date:2022/12/31, 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	白倉 孝典	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	Pham Nam Hai	准教授	宮島 晋介	准教授
	審査員	中川 茂樹	教授	田中 雅明	外部審査員 (東京大学、教授)
		間中 孝彰	教授		
		山田 明	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Research on a pure spin current source using YPtBi topological semimetal and its device applications」(YPtBi トポロジカル半金属を用いた純スピン注入源の開発およびそのデバイス応用に関する研究)と題し、英文 10 章より構成されている。

第一章「Introduction」では、スピン流の生成方法およびそれを用いる様々なスピントロニクスデバイスについて紹介し、本研究の目的は①高いスピン流生成効率、②高い熱耐久性、③毒性物質を含まない、④スパッタリング法で成膜可能なハーフホイスラー型トポロジカル半金属の一種である YPtBi 薄膜の作製と評価、およびそれを用いたデバイス応用であると述べている。

第二章「Fundamental spin physics in spin Hall and ferromagnetic materials」では、スピンホール材料および強磁性材料における基本的なスピン物理についてまとめている。特に、トポロジカル表面状態のベリー位相効果を用いれば、強いスピンホール効果を実現できることを述べている。

第三章「Development of angle resolved second harmonic technique for precise evaluation of spin orbit torque in strong perpendicular magnetic anisotropy systems」では、正確なスピンホール効果の新しい評価方法として、角度分解二次高調波法を提案する。垂直磁気異方性が強い系では、提案した方法を用いることで、様々な磁気熱電効果の影響を分離でき、スピンホール効果を正確に評価できることを実証している。

第四章「Spin Hall effect in YPt alloy」では、YPtBi の構成成分である YPt 合金のスピンホール効果の評価についてまとめている。YPt のスピンホール角は最大でも 0.08 であり、後に測定した YPtBi のスピンホール角よりも遥かに小さいことから、本章は巨大なスピンホール効果におけるトポロジカル表面状態の重要性を示している。

第五章「Development of efficient spin source using a half-Heusler alloy topological semimetal YPtBi with Back-End-of-Line compatibility」では、スパッタリング法によるサファイア基板上への YPtBi 単膜および YPtBi/CoPt ヘテロ接合の成膜、YPtBi のスピンホール効果の評価および YPtBi による超低電流密度磁化反転の実証についてまとめている。本章は YPtBi が巨大なスピンホール角(>1) および高い熱耐久性(>400°C)を両立する高性能なスピンホール材料であることを示している。

第六章「Effect of stoichiometry on the spin Hall angle in YPtBi」では、YPtBi における組成の影響について述べている。Y/Pt の比率が変化した YPtBi でも、スピンホール角と伝導率の関係が化学量論比的な組成を持つ YPtBi と変わらないことから、YPtBi のスピンホール効果が組成の変化に対して、ロバストであることを示している。

第七章「Giant spin Hall effect in YPtBi grown at low temperature」では、基板温度を 300°C まで下げた時の YPtBi の成膜と評価について述べている。基板温度を下げると、YPtBi の結晶性およびスピンホール効果が劣化するが、スパッタリングの Ar 圧力を下げることで、YPtBi の結晶性およびスピンホール効果を回復させられることを述べている。

第八章「Strong spin Hall effect in conductive YPtBi sputtered on oxidized Si substrate」では、表面酸化された Si 基板上への YPtBi の成膜と評価について述べている。薄い Ta バッファ層を用いることで、高いスピンホール角と高い伝導率を両立する YPtBi を実現できることを実証している。

第九章「Theoretical study on bias-field-free spin Hall oscillators with an out-of-plane precession mode and improvement of their properties by YPtBi」では、無磁場下で発振可能な面直型スピンホール発振器の提案、および YPtBi をスピンホール材料として用いる時の性能改善について述べている。面内において、駆動電流と垂直な方向に、磁化困難軸を設けることで、無磁場下でも、スピンホール効果による磁化の自己発振を実現できることを示している。また、YPtBi を用いることで、駆動電流を大幅に削減できることを述べている。

第十章「Conclusion」では、本論文の成果を要約している。

以上を要するに本論文は、スパッタリング法を用いて、毒性物質を含まない、高スピンドル生成効率と高熱耐久性を両立する新しいスピンドル材料として、ハーフホイスラー型トポロジカル半金属 YPtBi を実証し、様々なスピントロニクスデバイスのスピンドル源として有望であることを示したものであり、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士（工学）の学位論文として十分に価値があるものと認める。

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。