

Title	Studies on Spin Boundaries and Magneto-Luminescence Properties for Oxide Opto-Spintronics
Author(s)	佐藤, 一成
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45061
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	佐藤 一成
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 18802 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Studies on Spin Boundaries and Magneto-Luminescence Properties for Oxide Opto-Spintronics (酸化物オプトスピントロニクスに向けたスピン境界及び磁気発光特性 に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 小林 猛 (副査) 教授 伊藤 正 教授 北川 勝浩

論文内容の要旨

『酸化物オプトスピントロニクス』の実現に向けて、材料として「 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ 」(LSMO)と「 $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}$ 」(ZCO)を選択し、パルスレーザー堆積(PLD)法によって成長させ、それらの磁気-伝導、磁気-発光特性について研究した。

スピンバウンダリの検証のために、比較的既知の強磁性ハーフメタルである LSMO を選択した。格子不整合の大きい基板では、LSMO はナノスケールのコラム状に成長し、この無数のバウンダリが粒界磁気抵抗(IMR)効果に大きく寄与する。LSMO ナノコラムを用いて傾角境界接合を形成する技術を確認し、これを『ティルティド・ナノコラム・バウンダリ』と名付けた。これによって初めて高角度スピンバウンダリの基礎実験が可能となったので、スピン依存トンネル効果に関する Julliere モデルによる検証をおこなった。実験と理論を比較した結果、良い一致を示した。粒界を流れる電流が、本当にトンネル接合を介して流れているのか、というこれまで混沌としていた議論に決着をつけた。

次に、オプトスピントロニクス応用を目指して、母体をワイドギャップ半導体 ZnO とし、磁性イオンドープを試みた。室温強磁性半導体の有力候補である ZCO の材料創製、評価をおこなった。低温 4.2 K において、束縛励起子の発光ピークが 1 T において約 3 倍に増大するという、磁気フォトルミネセンスが観測された。また、ピーク位置もわずかながら高エネルギー側にシフト(ブルーシフト)した。直接測定が困難な有効 Cr 濃度 X_{eff} を求めるために、そのシフトエネルギーを束縛磁気ポーラロン(BMP)効果のモデルで計算した結果と比較する方法を用いた。まだ乗り越えるべき障壁は多く残されているが、磁性半導体としての可能性を示唆する多くの知見を得た。

最後に、今後のエレクトロニクスの展望において LSMO、ZCO オプトスピントロニクスの担うべき役割について考察した。

論文審査の結果の要旨

機能性酸化物材料には、発光、電気光学効果、強誘電性、巨大磁気抵抗効果、高温超伝導など様々な魅力的な物性があるが、これまでの利用はほとんど、それぞれの酸化物がもつ機能のみを活かしたものであった。これら酸化物材料の機能を有機的に結び付けることで、将来の高情報通信を支える基幹技術として磁気・光・電子の融合した統合機能デバイスを実現させることが酸化物オプトスピントロニクス狙いである。審査論文では酸化物オプトスピントロニクス材料をパルスレーザー堆積 (PLD) 法によって成長させ、それらの磁気-伝導特性、磁気-発光特性について一連の系統的な基礎研究をおこなっている。

スピンバウンダリの検証のために、比較的既知の強磁性ハーフメタルである $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSMO) を選択している。格子不整合の大きい基板上では、LSMO はナノスケールのコラム状に成長し、この無数のバウンダリが粒界磁気抵抗 (IMR) 効果に大きく寄与する。LSMO ナノコラムを用いて傾角境界接合を形成する技術を確立し、これを『テイルテイド・ナノコラム・バウンダリ』と名付けた。これによって初めて高角度スピンバウンダリの基礎実験が可能となったので、スピン依存トンネル効果に関する Julliere モデルによる検証をおこなっている。実験と理論を比較した結果、良い一致を示した。粒界を流れる電流が、本当にトンネル接合を介して流れているのか、というこれまで混沌としていた議論に決着をつけたものであり、学術的に大きな意味を持っている結果である。

次に、オプトスピントロニクス応用を目指して、母体をワイドギャップ半導体 ZnO とし、磁性イオンドープを試みている。室温強磁性半導体の有力候補である $\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}$ (ZCO) の材料創製、評価をおこない、低温 4.2 K において、束縛励起子の発光ピークが 1 T において約 3 倍に増大するという、磁気フォトルミネセンスが観測された。また、ピーク位置もわずかながら高エネルギー側にシフト (ブルーシフト) した。直接測定が困難な有効 Cr 濃度 X_{eff} を求めるために、そのシフトエネルギーを束縛磁気ポーラロン (BMP) 効果のモデルで計算した結果と比較する方法を導入している。まだ乗り越えるべき障壁は多く残されているが、磁性半導体としての可能性を示唆する多くの知見を得ていることは今後の研究の展開にとって大きく貢献する内容である。

最後に、今後のエレクトロニクスの展望において、LSMO、ZCO オプトスピントロニクスの担うべき役割についても考察している。

以上の内容は酸化物オプトスピントロニクス材料の創製及び基礎特性の評価に関する先駆的研究成果であると同時に、オプトスピントロニクス分野の今後の進展に多大な貢献をするものであり、博士 (工学) の学位論文として価値のあるものと認める。