

課題番号	GR029
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成 25 年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	透明半導体スピントロニクス基礎と応用
研究機関・ 部局・職名	東京大学・大学院理学系研究科・准教授
氏名	福村 知昭

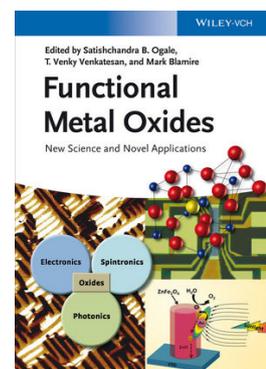
1. 当該年度の研究目的

本研究の主な目的は、室温強磁性半導体 Co ドープ TiO₂ の高温強磁性の起源を探り、半導体スピントロニクスの発展に役立てることである。今年度は、低キャリア濃度領域での室温強磁性において相分離らしき効果が観測されたため、相転移境界における磁性や微小領域の磁区構造を評価し、高温強磁性の発現メカニズムとの関わりを調べる。くわえて、固体ゲート層を用いた全固体電界効果トランジスタ構造の開発に取り組み、プロトタイプデバイスの実証を行う。大きなスピン軌道相互作用物質の探索についても検討し、強磁性半導体の磁性制御の新たな展開をねらう。また、国民との科学・技術対話の推進に関しても、継続して行っていく。

2. 研究の実施状況

CoドープTiO₂のCo濃度や電子キャリア濃度等の試料パラメータをふって、室温における磁区構造観察および磁化と電気伝導を調べた結果、微小領域の磁性と磁化や電気伝導から得られるマクロな領域の磁性がよい一致を示すことがわかり、高温強磁性の発現メカニズムが磁気ポーラロンのパーコレーションの描像であることを示唆する結果が得られた。また、5分子層程度の極薄のTiO₂表面保護層を用いることで、試料表面の強磁性が回復することがわかった。これはデバイスを作製するうえで有用な技術である。そして、室温強磁性の電氣的制御のための全固体型電界効果素子用のゲート絶縁層として、酸化物ナノシートが優れた耐圧性を持つことを論文発表し、並行して、固体電解質LiLaTiO₃の高品質薄膜の作製の高い再現性を達成した。以上のうち未発表の成果は、投稿論文を準備中である。一方で、ヘテロ構造に用いる大きなスピン軌道相互作用物質の作製にも取り組んだ。独自に開発した還元性固相エピタキシー法を用いることで、Biが-2価という異常な価数をもつ層状物質Y₂O₂Biのエピタキシャル薄膜の作製に初めて成功し、論文投稿中である。

本研究の成果を含む磁性酸化物半導体の総説が著書としてWiley社から1冊出版され(挿入図:表紙)、代表者が10年以上前に始めた磁性酸化物半導体が磁性材料の一つとして国際的に認知された。また、強磁性半導体の電界効果に関する総説も同社から2014年に出版予定である。国民との科学・技術対話の推進に関しては、主に高校生を対象とした一般向けの講演会、および一般を対象とした研究成果のポスター発表を行った。



3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 2 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 1 件 “Fabrication and properties of microcapacitors with a one-nanometer-thick single $Ti_{0.87}O_2$ nanosheet” Daisuke Ogawa, Kosho Akasaka, Tomoteru Fukumura, Minoru Osada, Takayoshi Sasaki, Tetsuya Hasegawa Chemistry Letters, Vol. 43, No. 3, p. 307-309 (2014). ISSN: 0366-7022 (print); 1348-0715 (online) http://dx.doi.org/10.1246/cl.130925</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 1 件 “パルスレーザー堆積法による磁性酸化物薄膜のエピタキシャル成長” 福村知昭, Thantip S. Krasienapibal, 清良輔, 長谷川哲也 日本磁気学会研究会研究会資料, Vol. 192, p. 33-37 (2013).</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表 計 13 件</p>	<p>専門家向け 計 11 件 Tomoteru Fukumura 【招待講演】 “Room temperature ferromagnetism in $(Ti,Co)O_2$: the electrical control and the mechanism” EMN Open Access Weak, Chengdu, China, 10/21-27 (2013). [Open-Access House of Science and Technology (OAHOST)]</p> <p>Tomoteru Fukumura 【招待講演】 “Carrier-mediated ferromagnetism in $(Ti,Co)O_2$ and the electrical control at room temperature” EMN EAST Meeting -Energy Materilas Nanotechnology-, Peking, China, 9/7-10 (2013). [Open-Access House of Science and Technology (OAHOST)]</p> <p>Tomoteru Fukumura 【招待講演】 “Toward transparent flexible spintronics using RT ferromagnetic semiconductor” 2014 年春季 第 61 回 応用物理学関係連合講演会, 相模原市, 3/17-20 (2014). [応用物理学会]</p> <p>福村知昭, Thantip S. Krasienapibal, 長谷川哲也 【招待講演】 “パルスレーザー堆積法による磁性酸化物薄膜のエピタキシャル成長” 日本磁気学会第 192 回研究会「磁性薄膜成膜技術の向上と新展開」, 東京, 11/19 (2013). [日本磁気学会]</p> <p>福村知昭 【依頼講演】 “新磁性半導体: 材料探索” 秋のスピントロニクス特別研究会, 刈田郡, 10/17-19 (2013). [東北大学電気通信研究所]</p> <p>Daisuke Ogawa, Tomoteru Fukumura, Minoru Osada, Takayoshi Sasaki, Tetsuya Hasegawa “Insulating and dielectric properties of an individual titania nanosheet” 2013 MRS Fall Meeting, Boston, USA, 12/1-6 (2013). [Materials Research Society]</p> <p>神永健一, 清良輔, 福村知昭, 長谷川哲也 “還元条件下で作製したイットリウム酸化物エピタキシャル薄膜” 2014 年春季 第 61 回 応用物理学関係連合講演会, 相模原市, 3/17-20 (2014). [応用物理学会]</p> <p>Thantip S. Krasienapibal, Tomoteru Fukumura, Tetsuya Hasegawa “Improved magnetization in $(Ti,Co)O_2$ with non-magnetic capping layer” 2014 年春季 第 61 回 応用物理学関係連合講演会, 相模原市, 3/17-20 (2014). [応用物理学会]</p> <p>Jie Wei, Tomoteru Fukumura, Yasushi Hirose, Tetsuya Hasegawa “Epitaxial growth of $Li_{3-x}La_{2/3-x}TiO_3$ thin films on perovskite substrates by pulsed laser deposition” 2014 年春季 第 61 回 応用物理学関係連合講演会, 相模原市, 3/17-20 (2014). [応用物理学会]</p>

様式19 別紙1

	<p>田中悠太, 八方直久, 藤原真, 田中公一, 井上伸, 福村知昭, 長谷川哲也, 林好一, 細川伸也 “高温強磁性半導体アナターゼ型 Co:TiO₂ の三次元局所構造解析” 日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島市, 1/11-13 (2014). [日本放射光学会]</p> <p>Thantip S. Krasienapibal, Tomoteru Fukumura, Y. Hirose, Ryuta Sako, Masanori Nagao, Satoshi Watauchi, Isao Tanaka, Tetsuya Hasegawa “Electrical transport properties of self-buffered anatase TiO₂” 2013 年秋季 第 74 回 応用物理学会学術講演会, 京田辺市, 9/16-20 (2013). [応用物理学会]</p> <p>一般向け 計 2 件 福村知昭 “物質の中に広がる量子の世界” 東京大学理学部オープンキャンパス 2013, 東京, 8/7-8 (2013). [東京大学理学系研究科(大学と共催)]</p> <p>福村知昭(代理ポスター発表: Thantip S. Krasienapibal) “透明半導体スピントロニクス基礎と応用” FIRST シンポジウム「『科学技術が拓く 2030 年』へのシナリオ」, 東京, 2/28-3/1 (2014). [株式会社早稲田総研イニシアティブ]</p>
<p>図 書 計 2 件</p>	<p>Tomoteru Fukumura, Masashi Kawasaki “Magnetic oxide semiconductors: on the high-temperature ferromagnetism in TiO₂- and ZnO-based compounds” Functional Metal Oxides: New Science and Novel Applications, edited by Satishchandra Balkrishna Ogale, T. V. Venkatesan, Mark Vlamire, (Wiley-VCH, Weinheim, 2013), p. 89-131, 計 498 ページ, ISBN: 978-3-527-33179-6 http://as.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-3527331794.html</p> <p>Tomoteru Fukumura “Electric-field control of magnetism in ferromagnetic semiconductors” Spintronics for Next Generation Innovative Devices, Wiley Series in Materials for Electronic and Optoelectric Applications, edited by Katsuaki Sato, Eiji Saitoh, Arthur Willoughby, Peter Capper, Safa Kasap, (Wiley, 2014), 計 264 ページ, ISBN: 978-1-118-75191-6, 2014 年 11 月出版予定 http://as.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1118751914,subjectCd-PH61.html</p>
<p>産業財産権 出願・取得状 況 計 0 件</p>	<p>(取得済み) 計 0 件 (出願中) 計 0 件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>題名: 東京大学理学部オープンキャンパス 2013 講演会 名称: 東京大学大学院理学系研究科・理学部 イベント情報 http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/open-campus/2013/ http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/event/open-campus/2013/pdf/pre4.pdf</p>
<p>国民との科 学・技術対話 の実施状況</p>	<p>東京大学理学部オープンキャンパス 2013 一般向け講演会 日時: 平成 25 年 8 月 7 日; 場所: 東京大学理学部化学本館講堂 対象者: 一般(主に高校生); 参加人数: 約 70 名 内容: 最先端・次世代研究開発支援プログラムのプロジェクトのバックグラウンドとなる、物質の量子現象について「物質の中に広がる量子の世界」と題して、1 時間講演を行った。</p> <p>FIRST シンポジウム「『科学技術が拓く 2030 年』へのシナリオ」ポスター発表 日時: 平成 26 年 3 月 1 日; 場所: ベルサール新宿グランド 対象者: 一般; 参加人数: 約 200 名 内容: 科学技術に興味のある一般人から研究者まで幅広い対象者に対して、NEXT プロジェクトの成果発表をポスター発表で行った。</p>

様式19 別紙1

新聞・一般雑 誌等掲載 計0件	
その他	

4. その他特記事項

実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	119,000,000	96,980,000	22,020,000	0	0
間接経費	35,700,000	29,094,000	6,606,000	0	0
合計	154,700,000	126,074,000	28,626,000	0	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未 執行額	当該年度返還 額
直接経費	3,850,663	22,020,000	0	25,870,663	25,869,556	1,107	0
間接経費	12,336,000	6,606,000	0	18,942,000	18,942,000	0	0
合計	16,186,663	28,626,000	0	44,812,663	44,811,556	1,107	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	23,876,479	スタンダードPLD装置等
旅費	510,520	国際学会への出席及び招待講演等
謝金・人件費等	0	
その他	1,482,557	TEM-EELS, SIMS分析等
直接経費計	25,869,556	
間接経費計	18,942,000	
合計	44,811,556	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機 関名
水平サンプルローテ ータ P310ALU	米国カンタム・デ ザイン社	1	3,778,950	3,778,950	2013/7/29	東京大学
コンビナトリアルスパ ッタガン SPG-002- CONB	(株)パスカル	1	1,653,750	1,653,750	2013/8/14	東京大学
パイロメータ	(株)パスカル	1	721,350	721,350	2013/8/23	東京大学
スタンダードPLD装置 ST-LMBE-THK0 01	(株)パスカル	1	11,812,500	11,812,500	2014/2/28	東京大学
ターボ分子ポンプ排気 システム TS75W30 02	アールデック社	1	630,000	630,000	2014/3/18	東京大学