

機関番号：14301

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19048024

研究課題名（和文） スピン流と電子物性調整班

研究課題名（英文） Spin current and electrical properties

研究代表者

小野 輝男 (ONO TERUO)

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：90296749

研究成果の概要（和文）：

本研究課題である「スピン流と電子物性調整班」は、A04「スピン流と電子物性」班の研究目的を遂行するために編成されたものであり、A04班の研究に関する動向調査や研究戦略の策定、班内における情報交換や共同研究の促進を行った。

研究成果の概要（英文）：

This project has been organized to promote the activity in the group A04 "Spin current and electrical properties". For this purpose, we have done the followings: research survey concerning the project of the group A04, drawing up the research strategy, promotion of information exchange in the group A04, and promotion of collaboration in the group A04.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	0	1,800,000
2008年度	3,700,000	0	3,700,000
2009年度	3,700,000	0	3,700,000
2010年度	2,800,000	0	2,800,000
年度			
総計	12,000,000	0	12,000,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造機能材料

キーワード：スピントロニクス

## 1. 研究開始当初の背景

金属人工格子における巨大磁気抵抗効果の発見は、電気伝導における電子スピンの重要性を認識させ、電子の二つの自由度である電荷とスピンの両方を利用するスピンエレクトロニクスと呼ばれる分野へと発展してきた。巨大磁気抵抗効果は磁化状態変化による電気伝導の劇的変化であるが、研

究開始当初は、この逆効果である電流による磁化状態制御が盛んに研究されていた。これらの発展として、スピン流と電子との相関によって生じる諸物性についての興味を持たれ始めていた。特にスピン流と電子の運動（電流）や磁気モーメントとの相関についての議論がされ始めていた。

## 2. 研究の目的

特定領域研究「スピン流の創出と制御」における研究項目 A04「スピン流と電子物性」では、スピン流と電子との相関によって生じる諸物性の研究を行い、特にスピン流と電子の運動（電流）や磁気モーメントとの相関について明らかにすることを目的としている。スピン流⇄磁化の変換、スピン流⇄電流の変換、に関して理論と実験の両面から研究する。これにより、スピン流とスピンドYNAMIKSの相関を明らかにしスピントロニクス of the 新しき発展に寄与する。具体的には、スピン流と磁気構造の相関を小野が、スピン流と電流の相関を勝本と齊藤が担当し、これらの研究課題の理論を前川と多々良が構築するという体制をとっている。本研究課題である「スピン流と電子物性調整班」は、上述の A04「スピン流と電子物性」班の研究目的を遂行するために編成されたものであり、A04 班の研究に関する動向調査や研究戦略の策定、班内における情報交換や共同研究を促進させることを目的とする。

## 3. 研究の方法

スピン流と電子との相関によって生じる諸物性の実験的研究（3名）、および理論解析（2名）の計5名の計画研究代表者により構成されている。平成20年度までは、各研究代表者による研究動向調査や相互の情報交換を通して、共同研究の促進・発展に努めた。また、平成20年度より、公募研究代表者1名が研究項目 A01 に採択された。平成22年2月15-17日にはスピン流と電子物性調整班内の研究会が開催され、研究代表者、分担者、協力者合わせて20名が一堂に会し、活発な研究討論を行った。

## 4. 研究成果

班員の具体的活動状況は以下の通りである。

(1)スピン流による磁気構造のナノスケール制御（小野）

調整班代表者として、スピン流と電子物性全般に関する研究動向調査と分析、ならびに公募研究者との計画調整を行った。

(2)単電子スピン制御（勝本）

調整班員として、希薄磁性半導体を用いたスピントロニクスにおけるスピン流と電子物性全般に関する研究動向調査と分析、ならびに他研究項目との共同研究の調整を行った。

(3)ナノ磁性体におけるスピン流 - 電磁場変換（齊藤）

調整班員として、スピンホール効果および逆スピンホール効果に関する研究動向調査と

分析ならびに他研究項目との共同研究の調整を行った。

(4)逆スピンホール効果の微視的理論と応用（多々良）

調整班員として、スピン流と磁化ダイナミクスに関する研究動向調査と分析を行った。

(5)磁壁運動によるスピン流と起電力（前川）  
調整班員として、スピン流と磁化構造における相互作用に関する研究動向調査と分析、ならびに理論と実験の共同研究の調整を行った。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計213件）「全て査読有り」

- (1) K. Tanabe, D. Chiba, J. Ohe, S. Kasai, H. Kohno, S. E. Barnes, S. Maekawa, K. Kobayashi, T. Ono, “Spin-motive force due to a gyrating magnetic vortex”, Nature Communications, DOI:10.1038/ncomms1824 (2012).
- (2) K. Nakano, D. Chiba, N. Ohshima, S. Kasai, T. Sato, Y. Nakatani, K. Sekiguchi, K. Kobayashi, T. Ono, “All-electrical operation of magnetic vortex core memory cell”, Appl. Phys. Lett., 99, 262505 (2011).
- (3) T. Koyama, D. Chiba, K. Ueda, K. Kondou, H. Tanigawa, S. Fukami, T. Suzuki, N. Ohshima, N. Ishiwata, Y. Nakatani, K. Kobayashi, T. Ono, “Observation of the intrinsic pinning of a magnetic domain wall in a ferromagnetic nanowire”, Nature Materials, 10, 194 (2011).
- (4) Kunihiro Nakano, Daichi Chiba, Koji Sekiguchi, Shinya Kasai, Norikazu Ohshima, Kensuke Kobayashi, Teruo Ono, “Electrical detection of vortex core polarity in ferromagnetic disk”, Appl. Phys. Express 3, 053001 (2010).
- (5) Soo-Man Seo, Kyung-Jin Lee, Hyunsoo Yang, and Teruo Ono, “Current-Induced Control of Spin-Wave Attenuation”, Phys. Rev. Lett. 102, 147202 (2009).
- (6) Shinya Kasai, Peter Fischer, Mi-Young Im, Keisuke Yamada, Yoshinobu Nakatani, Kensuke Kobayashi, Hiroshi Kohno, and Teruo Ono, “Probing the Spin Polarization of Current by Soft X-Ray Imaging of Current-Induced Magnetic Vortex Dynamics”, Phys. Rev. Lett. 101, 237203 (2008).
- (7) Hironobu Tanigawa, Tomohiro Koyama,

- Maciej Bartkowiak, Shinya Kasai, Kensuke Kobayashi, Teruo Ono, Yoshinobu Nakatani, "Dynamical Pinning of a Domain Wall in a Magnetic Nanowire Induced by Walker Breakdown", Phys. Rev. Lett. 101, (2008) 207203.
- (8) Keisuke Yamada, Shinya Kasai, Yoshinobu Nakatani, Kensuke Kobayashi, and Teruo Ono, "Switching magnetic vortex core by a single nanosecond current pulse", Appl. Phys. Lett. 93, (2008) 152502.
- (9) Shinya Kasai, Kunihiro Nakano, Kouta Kondou, Norikazu Ohshima, Kensuke Kobayashi, and Teruo Ono, "Three-Terminal Device Based on the Current-Induced Magnetic Vortex Dynamics with the Magnetic Tunnel Junction", Appl. Phys. Express 1 (2008) 091302.
- (10) A. Himeno, K. Kondo, H. Tanigawa, S. Kasai, and T. Ono, "Domain wall ratchet effect in a magnetic wire with asymmetric notches", J. Appl. Phys. 103, 07E703 (2008).
- (11) T. Ono and Y. Nakatani, "Magnetic Domain Wall Oscillator", Appl. Phys. Express 1 (2008) 061301.

[学会発表] (計 2 1 3 件)

- (1) Teruo Ono, "Experimental Evidence for Intrinsic Pinning Mechanism in Current-induced Domain Wall Motion", International Conference of AUMS, December 6, 2010, Jeju, Korea
- (2) Teruo Ono, "Electrical Detection of Vortex Core Polarity in Ferromagnetic Disk with Magnetic Tunnel Junction", Asia-Pacific Data Storage Conference, October 28, 2010, Hualien, Taiwan
- (3) Teruo Ono, "Current-induced domain wall motion against magnetic field", 7th International Symposium on Metallic Multilayers, September 21, 2010, Berkley, USA
- (4) Teruo Ono, "Experimental investigation of spin motive forces induced by a gyration motion of a magnetic vortex core", International Workshop on Surface, Interface and Thin Film Physics, June 16, 2010, Shanghai, China
- (5) Teruo Ono, "Modification of Spin Wave Propagation by Current Injection", American Physical Society March Meeting, March 17, 2010, Portland, USA
- (6) Teruo Ono, "Current-induced Domain

- Wall Motion in Perpendicularly Magnetized Co/Ni Wires", 20th International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces, June 23, 2009, Berlin, Germany
- (7) Teruo Ono, "Current-induced magnetization dynamics of nano-magnets - Domain wall motion & Vortex core switching -", International Symposium on Advanced Nanodevices and Nanotechnology, November 29-December 4, 2009, Kaanapali, Maui, Hawaii, USA
- (8) Teruo Ono, "High DW velocity in Co/Ni with perpendicular anisotropy" IEEE International Magnetics Conference, May 5, 2009, Sacramento, USA
- (9) Teruo Ono, "Real-time Detection of Current-induced Dynamics of Magnetic Vortex Core by Using TMR Effect", Asian Magnetics Conference 2008, December 10-13, 2008, Busan, Korea
- (10) Teruo Ono, "Real-time Detection of Current-induced Dynamics of Magnetic Vortex Core by Using TMR Effect", The 2nd International Workshop of SDSW on Vortex Dynamics in Confined Magnetic Thin Films, December 8-9, 2008, Seoul, Korea
- (11) Teruo Ono, "Current-induced vortex core motion in magnetic disk", Moscow International Symposium on Magnetism, June 20-25, 2008, Moscow, Russia
- (12) Teruo Ono, "Current-induced magnetization dynamics in nanomagnet", The 5th International Workshop on Surface, Interface, and Thin Film Physics, June 17-19, 2008, Shanghai, China
- (13) Teruo Ono, "Electrical Manipulation of Magnetization in Nanomagnet", The 5th International Conference on Advanced Materials and Devices, December 14, 2007, Jeju, Korea
- (14) Teruo Ono, "Current-induced spin dynamics in nanomagnet", Joint EUROCORES FONE "SpiCo-SPINCURRENT-Spintra" Workshop, Quantum Transport, Magnetic Nanodevices and Spintronics, December 11, 2007, Napoli, Italy
- (15) Teruo Ono, "Switching a vortex core in a ferromagnetic disk by electric current", Material Research Society Fall Meeting, November 26,

2007, Boston, USA

- (16) Teruo Ono, “Switching a vortex core in a ferromagnetic disk by electric current”, 4th Asian Forum on Magnetism, July 29 - August 1, 2007, Douliou, Taiwan
- (17) Teruo Ono, “Excitation of nano-spin-structure by electric current”, International Conference on Nanospintronics Design and Realization, May 21-25, 2007, Dresden, Germany

[図書] (計4件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

[http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~ono/onolab/public\\_html/indexj.html](http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~ono/onolab/public_html/indexj.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小野 輝男 (ONO TERUO)  
京都大学・化学研究所・教授  
研究者番号：90296749

### (2) 研究分担者

前川 禎通 (MAEKAWA SADAMICHI)  
日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター・センター長  
研究者番号：60005973

勝本 信吾 (KATSUMOTO SHINGO)  
東京大学・物性研究所・教授  
研究者番号：10185829

多々良 源 (GEN TATARA)  
首都大学東京・理工学研究科・准教授  
研究者番号：10271529

齋藤 英治 (SAITOH EIJI)  
東北大学・金属材料研究所・教授  
研究者番号：80338251