

(平成 25 年度 研究実施報告)

# 国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム)

(研究領域「ナノエレクトロニクス」)

研究課題名「先端スピントロニクス材料と伝導現象 (ASPIMATT) 」

平成25年度実施報告書

安藤 康夫

(国立大学法人東北大学・教授)

## 1. 研究実施内容

### 1-1. 研究実施の概要 公開

日本-ドイツ共同研究「先端スピントロニクス材料と伝導現象 (ASPIMATT)」は、これまでの CMOS を置き換えるあるいは凌駕する可能性のある、将来のスピントロニクスのための基盤技術を開発することを目的としている。スピントロニクスの分野においては、市場からの強い需要があるにもかかわらず、いまだに多くの問題が解決されずに残っている。ハーフメタルホイスラー合金は、この問題に対して新しい展望を拓くものである。ホイスラー合金は高スピン分極率、高キュリー温度を持つように設計することができる。また、応用によっては、高いスピン注入効率、非常に小さい、あるいは、高いダンピング定数、磁気モーメントの自由な設計(低い磁気モーメントも高い磁気モーメントも実現可能)、異方性の制御なども可能である。このようにしてホイスラー合金は高いポテンシャルを有しているために、これまでの主流である 3d-遷移金属系における諸問題を解決できる可能性を秘めている。しかしながら、その化学的(原子の拡散、乱れ)および電子的(ショットキーバリアのデザイン)、スピン特性(スピン注入、スピンポンピング)などにおいて、その界面制御にいまだに問題点を残している。本プロジェクトは、これらの問題点を解決し、ホイスラー合金を用いた、新しい現象の発見およびデバイスの創成を目指している。

このような高い目的を達成するためには、必要とされる実験および専門性は一つの場所、あるいは、一つの国のみにおいてできるものではない。このようなことから、本プロジェクトではドイツチームと日本チームが、それぞれの専門性を有機的に結合させている。このチームは、ホイスラー合金のコンピュータベースの物質設計からデバイス作製に至るまでの理解と作製に関して、世界的にみても最高峰の組織であると我々は確信している。

H25 年度は、7 月にプロジェクト内のミーティングおよび学生主催のスクールをドイツにて開催した。スクールには、若手研究者(学生)を中心に約 80 名が参加した。スピントロニクス分野の著名な研究者およびプロジェクト内の若手研究者を講師に招いての開催であり、非常に有意義なものとなった。特に、日独の多くの学生、若手研究者が活発に質問をする姿が印象的であった。プロジェクト内ミーティングでは、日独双方の研究進捗状況について情報、意見交換し、今後の共同研究計画について議論を行った。また、日独双方の学生が中心となって企画したポスターセッションも開催された。ポスターセッションでは若手研究者同士の活発な議論が行われ、親睦を深めることもできた。これらの企画によって、本プロジェクトの大きな目的の一つである、若手研究者の育成および奨励が大いになされた。

研究に関しては順調に進められており、論文および学会発表を精力的に行なった。いくつかのグループについては、計画を前倒して研究を実施しており、最終年度での目標は十分達成される見通しである。また、前年度までに引き続き、日独の共同研究も順調に進んでいる。特に、安藤グループ(東北大)-ヒルブランドおよびアシュリーマングループ(カイザーラウテルン)、水上グループ(東北大)-フェルサーグループ(MPI)、植村グループ(北海道大学)-MPI グループ、斎藤グループ-カイザーラウテルングループの連携は非常に密であり、多くの共同研究の成果が得られている。今年度の大きな成果の一つとして、フェルサーグループが理論的に設計した Mn-Ga-Co 合金を水上グループが実験的に作製し、トンネル接合にデバイス化するまでに至ったことが挙げられる。このような画期的な共同研究を可能にするのは、世界的にみても我々のチームのみである。最終年度も引き続き日独の密な連携を継続することで、最終目標を達成できると考えられる。

特質すべき交流として、Hillebrands グループで本プログラムに参加していた博士課程学生(Thomas Sebastian)の博士論文審査委員の一人を研究代表者である安藤が担当した(平成 25 年 10 月 8 日に Kaiserslautern 工科大学で審査会開催)。本共同プロジェクトで育てた博士学生を共同審査し、博士号をだすことができたのは非常に大きな成果である。

2. 研究実施体制 公開

## 2-1. 日本側の研究実施体制

研究代表者/ 主な共同研究者	氏名	所属	所属部署	役職
研究代表者	安藤 康夫	東北大学	大学院工学研究科	教授
主な共同研究者	永沼 博	東北大学	大学院工学研究科	助教
主な共同研究者	手束 展規	東北大学	大学院工学研究科	准教授
主な共同研究者	白井 正文	東北大学	電気通信研究所	教授
主な共同研究者	三浦 良雄	京都工芸繊維大学	大学院工芸科学研究科	准教授
主な共同研究者	植村 哲也	北海道大学	大学院情報科学研究科	准教授
主な共同研究者	山本 眞史	北海道大学	大学院情報科学研究科	教授
主な共同研究者	水上 成美	東北大学	原子分子材料科学 高等研究機構	准教授
主な共同研究者	佐久間 昭正	東北大学	大学院工学研究科	教授
主な共同研究者	大兼 幹彦	東北大学	大学院工学研究科	准教授
主な共同研究者	関 剛斎	東北大学	金属材料研究所	助教
主な共同研究者	松倉 文礼	東北大学	原子分子材料科学 高等研究機構	教授
主な共同研究者	好田 誠	東北大学	大学院工学研究科	准教授
主な共同研究者	齊藤 英治	東北大学	金属材料研究所, 原 子分子材料科学高 等研究機構	教授
主な共同研究者	内田 健一	東北大学	金属材料研究所・	准教授

## 2-2. 相手側の研究実施体制

研究代表者/ 主な共同研究者	氏名	所属	所属部署	役職
研究代表者	Felser, Claudia	MPI CPFS	AC	Prof.
主な共同研究者	Stanislav, Chadov	MPI CPFS	AC	Dr.
主な共同研究者	Binghai, Yan	JGU	AC	Dr.
主な共同研究者	Fecher, Gerhard H.	MPI CPFS	AC	Dr.
主な共同研究者	Ouardi, Siham	MPI CPFS	AC	Dr.
主な共同研究者	Cinchetti, Mirko	TU-KL,	PHYS	Dr. habil.
主な共同研究者	Aeschlimann, Martin	TU-KL,	PHYS	Prof.
主な共同研究者	Balke, Benjamin	JGU	AC	Dr.
主な共同研究者	Burkard, Hillebrands	TU-KL,	PHYS	Prof.
主な共同研究者	Oleksandr, Serha	TU-KL,	PHYS	Dr. habil.
主な共同研究者	Ebke, Daniel	MPI CPFS	AC	Dr.

2-3. 両国の研究実施体制

to:\nfrom:	1.1-A	1.2-A	1.3-A	1.4-B	1.5-B	1.6-A	2.1-A	2.4-A	3.3-A	3.4-B	3.5-B	4.1-B	4.3-B	4.7-B	4.8-A	4.9-B
1.1-A		Rose	Rose	Rose	Orange									Orange		
1.2-A	Yellow		Yellow	Rose	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow						Yellow	
1.3-A	Green				Rose	Red	Green	Green			Rose	Green	Green		Green	
1.4-B	Yellow	Rose	Yellow		Yellow								Yellow		Yellow	Yellow
1.5-B	Green	Yellow	Rose	Yellow		Red	Green	Yellow		Rose	Rose	Green	Green		Green	
1.6-A			Red		Red											
2.1-A		Yellow	Rose	Rose	Rose			Green						Rose		
2.4-A			Red	Rose	Yellow		Red							Red	Yellow	
3.3-A		Yellow			Yellow							Yellow				
3.4-B					Red											
3.5-B			Red		Red											
4.1-B		Yellow	Rose		Orange				Yellow				Rose		Rose	
4.3-B		Yellow	Rose	Yellow	Orange							Rose		Green	Red	
4.7-B	Green						Green	Green					Orange		Orange	Rose
4.8-A		Yellow	Orange	Yellow	Orange			Yellow				Rose	Red	Green		Red
4.9-B				Yellow										Rose	Red	

Matrix of interactions between projects.

Red: Projects with very strong interaction

Rose: Collaboration and complementary projects

Orange: Projects which provide samples and ideas to others

Yellow: Projects which supply theoretical support

Green: Projects which provide service to others to some extent

### 3. 原著論文発表 公開

#### 3-1. 原著論文発表

##### ① 発行済論文数

	うち、相手側チームとの共著 (※)
国内誌 0 件	( 0 件)
国際誌 51 件	( 4 件)
計 51 件	( 4 件)

※本共同研究の相手側チーム研究者との共著に限る

1. T. Saito, N. Tezuka, M. Matsuura and S. Sugimoto, "Non-local and Local Spin Signals in a Lateral Spin Transport Device with  $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}/\text{n-GaAs}$  Schottky Tunnel Junctions" *IEEE Trans. Magn.*, vol. 49, p. 4327-4330 (2013). (DOI:10.1109/TMAG.2013.2248053)
2. T. Saito, N. Tezuka, M. Matsuura and S. Sugimoto, "Three-Terminal Hanle Signals in Schottky Tunnel Junctions with  $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$  Full-Heusler Alloy Electrodes Deposited at Various Temperatures" *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 52, p. 063001 (2013). (DOI:10.7567/JJAP.52.063001)
3. T. Saito, N. Tezuka, M. Matsuura and S. Sugimoto, "Four-terminal Nonlocal Signals in Lateral Spin Transport Devices with variously ordered  $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}$  Full-Heusler alloy electrodes" *Appl. Phys. Lett.*, vol. 103, p. 122401 (2013). (DOI:10.1063/1.4821451)
4. T. Saito, N. Tezuka, M. Matsuura and S. Sugimoto, "Spin injection, transport, and detection at room temperature in a lateral spin transport device with  $\text{Co}_2\text{FeAl}_{0.5}\text{Si}_{0.5}/\text{n-GaAs}$  Schottky tunnel junctions" *Appl. Phys. Exp.*, vol. 6, p.103006, (2013). (DOI:10.7567/APEX.6.103006)
5. Jun Miura, Takashi Nakajima, Hiroshi Naganuma, Soichiro Okamura, "Leakage current under high electric fields and magnetic properties in Co and Mn co-substituted  $\text{BiFeO}_3$  polycrystalline films" *Thin Solid Films*, vol. 558, p. 194 (2014). (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsf.2014.03.046>)
6. Hiromi Shima, Ken Nishida, Takashi Yamamoto, Toshiyasu Tadokoro, Koichi Tsutsumi, Michio Suzuki, and Hiroshi Naganuma, "Large refractive index in  $\text{BiFeO}_3$ - $\text{BiCoO}_3$  epitaxial films" *Journal of Applied Physics*, vol. 113, p. 17A914 (2013). (DOI: 10.1063/1.4794878)
7. Yoshio Miura and Masafumi Shirai, "Theoretical Study on Tunneling Magnetoresistance of Magnetic Tunnel Junctions with  $D0_{22}\text{-MnZ}$  ( $Z=\text{Ga,Ge}$ )", *IEEE Transactions on Magnetism*, Vol. 50, No. 1, Article no. 1400504, pp. 1-4, 2014 (DOI: 10.1109/TMAG.2013.2276625)

8. Gui-fang Li, Yusuke Honda, Hong-xi Liu, Ken-ichi Matsuda, Masashi Arita, Tetsuya Uemura, Masafumi Yamamoto, Yoshio Miura, Masafumi Shirai, Toshiaki Saito, Fengyuan Shi, and Paul M. Voyles, “Effect of non-stoichiometry on the half-metallic character of  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  investigated through saturation magnetization and tunneling spin polarization”, *Physical Review B*, Vol. 89, No. 1, Article no. 014428, pp.1-14, 2014 (DOI: 10.1103/PhysRevB.89.014428)
9. Yuya Ebina, Takafumi Akiho, Hong-xi Liu, Masafumi Yamamoto, and Tetsuya Uemura, “Effect of CoFe insertion in  $\text{Co}_2\text{MnSi}/\text{CoFe}/\text{n-GaAs}$  junctions on spin injection properties”, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 104, 172405 (4pp) (2014) (DOI: 10.1063/1.4873720).
10. Xeniya Kozina, Julie Karel, Siham Ouardi, Stanislav Chadov, Gerhard H. Fecher, Claudia Felser, Gregory Stryganyuk, Benjamin Balke, Takayuki Ishikawa, Tetsuya Uemura, Masafumi Yamamoto, Eiji Ikenaga, Shigenori Ueda, and Keisuke Kobayashi, “Probing the electronic states of high-TMR off-stoichiometric  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  thin films by hard x-ray photoelectron spectroscopy”, *Phys. Rev. B*, vol. 89, 125116 (10pp) (2014) (DOI: 10.1103/PhysRevB.89.125116).
11. Takafumi Akiho, Jinhai Shan, Hong-xi Liu, Ken-ichi Matsuda, Masafumi Yamamoto, and Tetsuya Uemura, “Electrical injection of spin-polarized electrons and electrical detection of dynamic nuclear polarization using a Heusler alloy spin source”, *Phys. Rev. B*, vol. 87, 235205 (7pp) (2013) (DOI: 10.1103/PhysRevB.87.235205).
12. Roman Fetzner, Jan-Peter Wüstenberg, Tomoyuki Taira, Tetsuya Uemura, Masafumi Yamamoto, Martin Aeschlimann, and Mirko Cinchetti, “Structural, chemical, and electronic properties of the  $\text{Co}_2\text{MnSi}(001)/\text{MgO}$  interface”, *Phys. Rev. B*, vol. 87, 184418 (7pp) (2013) (DOI: 10.1103/PhysRevB.87.184418).
13. Q. L. Ma, S. Mizukami, T. Kubota, X. M. Zhang, Y. Ando, and T. Miyazaki, Abrupt Transition from Ferromagnetic to Antiferromagnetic of Interfacial Exchange in Perpendicularly Magnetized  $\text{L1}_0\text{-MnGa}/\text{FeCo}$  Tuned by Fermi Level Position, *Phys. Rev. Lett.* 112, 157202 (2014). (DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.157202)
14. T. Kubota, S. Mizukami, Q. Ma, H. Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, and T. Miyazaki, Magnetoresistance effect of perpendicularly magnetized tetragonal- or cubic-  $\text{Mn-Co-Ga}$  Heusler alloy electrode, *J. Appl. Phys.* 115, 17D133 (2014). (DOI: 10.1063/1.4855016).
- \*15. Takahide Kubota, Siham Ouardi, Shigemi Mizukami, Gerhard H. Fecher, Claudia Felser, Yasuo Ando, and Terunobu Miyazaki, “Magnetic and transport properties of Mn-Co-Ga epitaxially grown tetragonal or cubic Heusler compound thin films”, *J. Appl. Phys.* 113, 17C723 (2013). (DOI: 10.1063/1.4799143).

高磁気異方性を示す Mn-Co-Ga 合金を用いた磁気抵抗効果に関して報告した論文である。ドイツ側で計算により設計した材料を日本側の高い試料作製技術で実現した、本プロジェクトならではの画期的成果である。

16. Q. L. Ma, T. Kubota, S. Mizukami, X. M. Zhang, H. Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, and T. Miyazaki, “Interface tailoring effect on magnetic properties and their utilizations in MnGa-based perpendicular magnetic tunnel junctions”, *Phys. Rev. B* 87, 184426 (2013). (DOI: 10.1103/PhysRevB.87.184426)

17. Q. Ma, S. Mizukami, T. Kubota, X. Zhang, A. Sugihara, H. Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, and T. Miyazaki, “Tunneling Magnetoresistance Effect in MnGa based Perpendicular Magnetic Tunnel Junction with Fe/Co Interlayer”, *J. Appl. Phys.* 114, 163913 (2013). (D: 10.1063/1.4828483)

18. Q. L. Ma, T. Kubota, S. Mizukami, X. M. Zhang, M. Oogane, H. Naganuma, Y. Ando, and T. Miyazaki, “Magnetoresistance Enhancement in  $Mn_xGa_{100-x}/MgO/CoFeB$  perpendicular magnetic tunnel junctions by using CoFeB interlayer”, *IEEE Trans. Magn.* 48, 2808 (2013). (DOI: 10.1109/TMAG.2013.2242861).

19. R. Ranjbar, S. Mizukami, Y. Ando, T. Kubota, Q. L. Ma, X. M. Zhang, and T. Miyazaki, “Magnetic properties of  $L1_0$ - $Mn_{57}Ga_{43}/Co$  bilayer films with different Co thicknesses”, *J. Magn. Mater.* 346, 53 (2013). (DOI: 10.1016/j.jmmm.2013.07.008)

20. Akimasa Sakuma, “ Microscopic Theory of Gilbert Damping for Transition Metal Systems”, *J. Magn. Soc. Jpn.*, vol. 37, pp.343-351, 2013 (DOI なし)

21. Kazushige Hyodo, Yohei Kota, and Akimasa Sakuma, "First Principles Study on the Relationship Between Magnetic Anisotropy and Anomalous Hall Effect of  $bc2$ - $Fe_{50}Co_{50}$ ", *J. Appl. Phys.* Vol. 115, pp.17C710-1 – 17C710-3, 2014 (DOI:org./10.1063/1.4862218)

22. Shinji Isogami, Masakiyo Tsunoda, Mikihiro Oogane, Akimasa Sakuma, and Migaku Takahashi, “The Enhancement of Magnetic Damping in  $Fe_4N$  Films with Increasing Thickness”, *Japanese Journal of Applied Physics* 52, 073001 (2013) (DOI:10.7567/JJAP.52.073001)

23. Shinji Isogami, Masakiyo Tsunoda, Mikihiro Oogane, Akimasa Sakuma, and Migaku Takahashi, “Enhancement of Spin Pumping Efficiency in  $Fe_4N/Pt$  Bilayer Films”, *Applied Physics Express* 6, 063004 (2013) (DOI:10.7567/APEX.6.063004)

24. A. S. Demiray, T. Kubota, S. Iihama, S. Mizukami, T. Miyazaki, H. Naganuma, M. Oogane and Y. Ando, “Static and dynamic magnetic properties of cubic Mn-Co-Ga Heusler films”, *J. Appl. Phys.* 115, 17D133 (2014) (DOI:10.1063/1.4864250)

25. N. Tal, D. Mogilyanski, A. Kovács, H. Naganuma, S. Tsunegi, M. Oogane, Y. Ando and A. Kohn, “The role of structure on magneto-transport properties of Heusler  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  films deposited on  $\text{MgO}(001)$ ”, *J. Appl. Phys.* 114 , 163904 (2013) (DOI: 10.1063/1.4826908)
26. Z. Diao, M. Chapline, Y. Zheng, C. Kaiser, A. GhoshRoy, C. J. Chien, C. Shang, Y. Ding, C. Yang, D. Mauri, Q. Leng, M. Pakala, M. Oogane, Y. Ando, “Half-metal CPP GMR sensor for magnetic recording”, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 356 73 (2014) (DOI:10.1016/j.jmmm.2013.12.050)
27. T. Seki, Y. Sakuraba, R. Okura, and K. Takanashi “High power radio frequency oscillation by spin transfer torque in a  $\text{Co}_2\text{MnSi}$  layer: Experiment and macrospin simulation”, *Journal of Applied Physics*, vol. 113, pp. 033907-1-6, 2013 (DOI: 10.1063/1.4776719)
28. Ahmet Serdar Demiray, Makoto Kohda, and Junsaku Nitta, “Chirality determination of ferromagnetic disk by local Hall effect”, *Applied Physics Letters*, 103, 122408-1 -122408-5, 2013 (DOI: 10.1063/1.4821345)
29. Lin Chen, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Direct-current voltages in  $(\text{Ga},\text{Mn})\text{As}$  structures induced by ferromagnetic resonance", *Nature Communications*, 4, 3055-1 -3055-6, 2013 (doi:10.1038/ncomms3055)
30. Yusuke Kikuchi, Takeshi Seki, Makoto Kohda, Junsaku Nitta and Koki Takanashi, “Voltage-induced coercivity change in  $\text{FePt}/\text{MgO}$  stacks with different  $\text{FePt}$  thicknesses”, *Journal of Physics D: Applied Physics* 46, 285002-1 -285002-6, 2013 (DOI: 10.1088/0022-3727/46/28/285002)
31. Tim Yang, Makoto Kohda, Takeshi Seki, Koki Takanashi, and Junsaku Nitta, “Platinum layer thickness dependence of spin Hall induced effective magnetic field in  $\text{Pt}/\text{Co}/\text{Pt}$  structures”, *Japanese Journal of Applied Physics*, 53, 04EM06-1 - 04EM06-5, 2014 (DOI: <http://dx.doi.org/10.7567/JJAP.53.04EM06>)
32. Lin Chen, Shoji Ikeda, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "DC voltages in  $\text{Py}$  and  $\text{Py}/\text{Pt}$  under ferromagnetic resonance", *Applied Physics Express*, 7, 013002-1 -013002-4, 2014 (doi:10.7567/APEX.7.013002)
33. Yan-Ting Chen, Saburo Takahashi, Hiroyasu Nakayama, Matthias Althammer, Sebastian T. B. Goennenwein, Eiji Saitoh, and Gerrit E. W. Bauer, "Theory of spin Hall magnetoresistance", *Physical Review B*, Vol.87, No.14, pp.144411, 2013 (DOI: 10.1103/PhysRevB.87.144411)



34. Mamoru Matsuo, Jun'ichi Ieda, Sadamichi Maekawa, Eiji Saitoh, "Effects of mechanical rotation and vibration on spin currents", Journal of the Korean Physical Society, Vol.62, No.10, pp.1404-1409, 2013 (DOI: 10.3938/jkps.62.1404)
35. M. Matsuo, J. Ieda, E. Saitoh, and S. Maekawa, "Effects of mechanical rotation and vibration on spin currents", Journal of the Korean Physical Socociety, Vol. 62, No. 10, pp.1404, 2013 (DOI: 10.3938/jkps.62.1404)
36. Ryuichi Shindou, Jun-ichiro Ohe, Ryo Matsumoto, Shuichi Murakami, and Eiji Saitoh, "Chiral spin-wave edge modes in dipolar magnetic thin films", Physical Review B, Vol.87, No.17, pp,174402, 2013 (DOI: 10.1103/PhysRevB.87.174402)
37. H. Nakayama, M. Althammer, Y.-T. Chen, K. Uchida, Y. Kajiwara, D. Kikuchi, T. Ohtani, S. Geprägs, M. Opel, S. Takahashi, R. Gross, G. E. W. Bauer, S. T. B. Goennenwein, and E. Saitoh, "Spin Hall Magnetoresistance Induced by a Nonequilibrium Proximity Effect" (selected as Editor's suggestion), Physical Review Letters, Vol.110, No,20, pp.206601, 2013 (DOI: 10.1103/PhysRevLett.110.206601).
38. Mamoru Matsuo, Jun'ichi Ieda, Kazuya Harii, Eiji Saitoh, and Sadamichi Maekawa, "Mechanical generation of spin current by spin-rotation coupling", Physical Review B, Vol.87, No,18, pp.180402, 2013 (DOI: 10.1103/PhysRevB.87.180402)
39. T. An, V. I. Vasyuchka, K. Uchida, A. V. Chumak, K. Yamaguchi, K. Harii, J. Ohe, M. B. Jungfleisch, Y. Kajiwara, H. Adachi, B. Hillebrands, S. Maekawa, and E. Saitoh, "Unidirectional spin-wave heat conveyer", Nature Materials, Vol.12, No.6, pp.549-553, 2013 (DOI: 10.1038/NMAT3628)
40. S. Maekawa and H. Adachi, "Heat and Spin", Journal of the Korean Physical Society, Vol. 62, pp.1985, 2013 (DOI: 10.3938/jkps.62.1985)
41. Matthias Althammer, Sibylle Meyer, Hiroyasu Nakayama, Michael Schreier, Stephan Altmannshofer, Mathias Weiler, Hans Huebl, Stephan Geprägs, Matthias Opel, Rudolf Gross, Daniel Meier, Christoph Klewe, Timo Kuschel, Jan-Michael Schmalhorst, Günter Reiss, Liming Shen, Arunava Gupta, Yan-Ting Chen, Gerrit E. W. Bauer, Eiji Saitoh, and Sebastian T. B. Goennenwein, "Quantitative study of the spin Hall magnetoresistance in ferromagnetic insulator/normal metal hybrids", Physical Review B, Vol.87, No.22, pp.224401, 2013 (DOI: 10.1103/PhysRevB.87.224401)
42. Kazuya Ando, Shun Watanabe, Sebastian Mooser, Eiji Saitoh, and Henning Sirringhaus,

"Solution-processed organic spin-charge converter", *Nature Materials*, Vol.12, No.7, pp.622-627, 2013 (DOI: 10.1038/NMAT3634)

43. Y. Kajiwara, K. Uchida, D. Kikuchi, T. An, Y. Fujikawa and E. Saitoh, "Spin-relaxation modulation and spin-pumping control by transverse spin-wave spin current in  $Y_3Fe_5O_{12}$ ", *Applied Physics Letters*, Vol.103, No.5, pp.052404, 2013 (DOI: 10.1063/1.4817076)

44. T. An, K. Yamaguchi, K. Uchida, and E. Saitoh, "Thermal imaging of standing spin waves", *Applied Physics Letters*, Vol.103, No.5, pp.052410, 2013 (DOI: 10.1063/1.4816737)

45. Z. Qiu, K. Ando, K. Uchida, Y. Kajiwara, R. Takahashi, H. Nakayama, T. An, Y. Fujikawa, and E. Saitoh, "Spin mixing conductance at a well-controlled platinum/yttrium iron garnet interface", *Applied Physics Letters*, Vol.103, No.9, pp.092404, 2013 (DOI: 10.1063/1.4819460)

46. A. Kawasuso, Y. Fukaya, M. Maekawa, H. Zhang, T. Seki, T. Yoshino, E. Saitoh and K. Takanashi, "Current-induced spin polarization on a Pt surface: A new approach using spin-polarized positron annihilation spectroscopy", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol.342, pp.139-143, 2013 (DOI: 10.1016/j.jmmm.2013.04.006)

47. S. Maekawa, H. Adachi, K. Uchida, J. Ieda, and E. Saitoh, "Spin Current: Experimental and Theoretical Aspects", *Journal of the Physical Society of Japan*, Vol.82, No.10, pp.102002, 2013 (DOI: 10.7566/JPSJ.82.102002)

48. Z. Qiu, K. Ando, K. Uchida, Y. Kajiwara, R. Takahashi, H. Nakayama, T. An, Y. Fujikawa, and E. Saitoh, "Experimental investigation of spin Hall effect in indium tin oxide thin film", *Applied Physics Letters*, Vol.103, No.18, pp.182404, 2013 (DOI: 10.1063/1.4827808)

49. T. Kikkawa, K. Uchida, S. Daimon, Y. Shiomi, H. Adachi, Z. Qiu, D. Hou, X.-F. Jin, S. Maekawa, and E. Saitoh, "Separation of longitudinal spin Seebeck effect from anomalous Nernst effect: Determination of origin of transverse thermoelectric voltage in metal/insulator junctions", *Physical Review B*, Vol.88, No.21, pp.214403, 2013 (DOI: 10.1103/PhysRevB.88.214403)

50. Ryo Iguchi, Koji Sato, Daichi Hirobe, Shunsuke Daimon and Eiji Saitoh, "Effect of spin Hall magnetoresistance on spin pumping measurements in insulating magnet/metal systems", *Applied Physics Express*, Vol.7, No.1, pp.013003, 2014 (DOI: 10.7567/APEX.7.013003)

51. Shun Watanabe, Kazuya Ando, Keehoon Kang, Sebastian Mooser, Yana Vaynzof, Hidekazu Kurebayashi, Eiji Saitoh, Henning Sirringhaus, "Polaron spin current transport in organic semiconductors", *Nature Physics*, (Advanced online publication), 2014 (DOI: 10.1038/nphys2901)

② 未発行論文数

	うち、相手側チームとの共著 (※)
国内誌 1 件	( 0 件)
国際誌 2 件	( 0 件)
計 3 件	( 0 件)

※本共同研究の相手国チーム研究者との共著に限る

1. 手束展規, “半導体へのスピン注入” までりあ, 印刷中

2. Tim Yang, Zhou-Q. Wang, Makoto Kohda, Takeshi Seki, Koki Takanashi, and Junsaku Nitta, “Perpendicular magnetic anisotropy in Pt/Co/AlO trilayer structures depending on AlO thickness and fabrication method structures” Key Material Engineering, in press.

3. K. Uchida, Z. Qiu, T. Kikkawa, and E. Saitoh, “Pure detection of the acoustic spin pumping in Pt/YIG/PZT structures”, Solid State Communications, (accepted), 2013 (DOI: 10.1016/j.ssc.2013.10.012)

以上