

ISSN 1881-3356

東北大学電気通信研究所
附属ナノ・スピニ実験施設
研究報告書 第11号

Research Report No.11
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University

2016

施設研究報告書 2016

目次

1. 施設の概要	1
2. 施設の組織	2
3. 平成 27 年度の研究成果のハイライト	3
4. 施設の活動	8
4-1 国際共同研究	8
4-2 国際シンポジウム	9
5. 研究成果（平成 27 年度）	13
5-A ナノ集積基盤技術関連	13
5-B 半導体スピントロニクス基盤技術関連	45
5-C ナノ分子デバイス基盤技術関連	133
6. 参考資料	195
6-1 施設のクリーンルームと装置の概要	197
6-2 施設の利用状況（平成 27 年度）	205
6-3 ナノ・スピノン工学研究会	210
国際シンポジウムプログラム	212

Annual Research Report 2016

Table of Contents

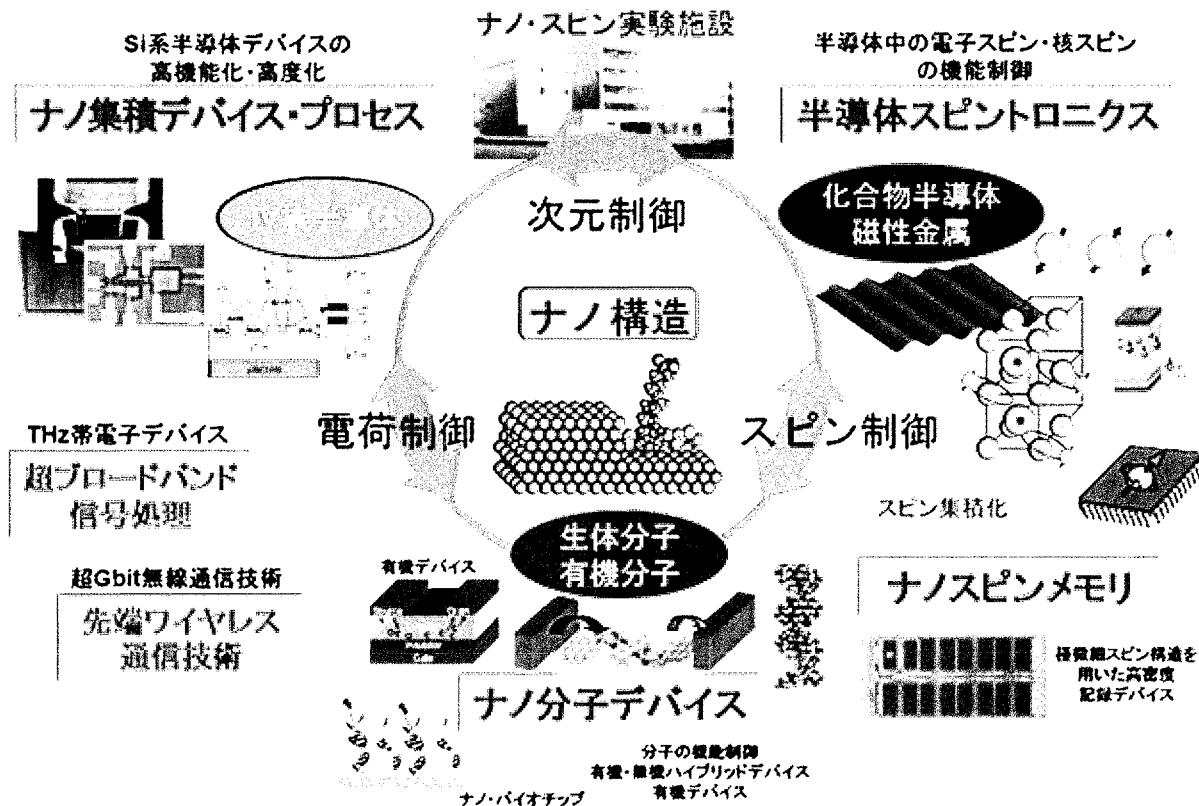
1 .	Outline	1
2 .	Organization	2
3 .	Highlights of Research in FY2015	3
4 .	Global Activities	8
4 – 1	COE of International Research Collaboration	8
4 – 2	International Symposium	9
5 .	Research Abstracts	13
5 – A	Nano integration	13
5 – B	Semiconductor Spintronics and information technology	45
5 – C	Nano-Molecular Devices	133
6 .	Miscellaneous	195
6 – 1	Facilities and Equipments	197
6 – 2	Statistics	205
6 – 3	Nano-Spin Seminar Series	210
	Program of International Symposium	212

1. 施設の概要

Outline

ナノ・スピニ実験施設

～情報通信を支えるナノ・スピニ基盤技術の創生～



「ナノ・スピニ実験施設」は、本研究所附属研究施設として平成16年4月1日に設置された。その目的は、情報通信を支えるナノエレクトロニクス・スピントロニクス基盤技術を創生することにある。これを実現するため、「ITプログラムにおける研究開発推進のための環境整備」によって整備されたナノ・スピニ総合研究棟とその主要設備を用いて、本研究所および本所と密接な関係にある本学電気・情報系の各研究分野と共にナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピニを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究開発を進め、さらに全国・世界の電気通信分野の研究者の英知を結集した共同プロジェクト研究を推進する。

現在、ナノ・スピニ総合研究棟では、「ナノ・スピニ実験施設」が推進するナノ集積デバイス・プロセス、半導体スピントロニクス、ナノ分子デバイスの各基盤技術を担当する施設研究室と施設共通部、及び超プロードバンド信号処理研究室が入居し連携して研究を進めている。これらの陣容で、上記基盤技術を創生し、ナノエレクトロニクス・スピントロニクスにおける世界のCOEとなることを目標としている。

東北大学電気通信研究所附属
ナノ・スピニ実験施設長
教授 庭野 道夫

2. 施設の組織

Organization

施設長

教授 庭野 道夫

Director

Michio Niwano

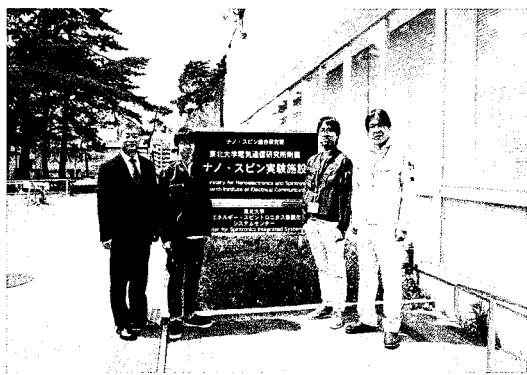
共通部

Technical Office

技術職員 森田 伊織 Iori Morita

技術職員 小野 力摩 Rikima Ono

技術職員 武者 優正 Mictimasa Musya



運営委員会

教授 庭野 道夫

Michio Niwano

教授 大野 英男

Hideo Ohno

教授 佐藤 茂雄

Shigeo Sato

教授 尾辻 泰一

Taiichi Otsuji

教授 村岡 裕明

Hiroaki Muraoka

教授 長 康雄

Yasuo Cho

教授 鶴尾 勝由

Katsuyoshi Washio

教授 遠藤 哲郎

Tetsuro Endoh

教授 末光 真希

Maki Suemitsu

教授 羽生 貴弘

Takahiro Hanyu

拡大実行委員会

Extended Executive Committee

施設教授 庭野 道夫 Michio Niwano

施設教授 大野 英男 Hideo Ohno

施設教授 佐藤 茂雄 Shigeo Sato

教授 尾辻 泰一 Taiichi Otsuji

教授 末光 真希 Maki Suemitsu

教授 堀尾 喜彦 Yoshihiko Horio

3. 平成 27 年度の研究成果のハイライト

Highlights of Research in FY2015

施設研究部と利用研究室の平成 27 年度の研究成果のハイライトを記します。

ナノ集積基盤技術関連

Nano Integration

● ナノ集積デバイス・プロセス（佐藤茂雄・櫻庭政夫）

Nano-Integration Devices and Processing (S. Sato and M. Sakuraba)

(1) 量子並列性を利用した計算アルゴリズムの開発を目的として、人工神経回路における計算手法を応用したニューロ様量子計算において、量子ビット間相間に比例してビット間結合を強化する量子アップ学習を導入し、その学習性能について評価を行った。簡単なプール関数の学習においてその有効性を確認した。

(2) 基板非加熱 ECR プラズマ CVD により Si(100)上に形成した Si/SiGe 混晶 (Ge 比率 60%) / Si(100) ヘテロ構造の電子物性評価について実験研究を進め、SiGe 混晶の歪緩和とともに valence 帯構造の変化に加えて明瞭な赤外 PL 発光が生じることも見いだした。さらに、含有水素の熱脱離とともに上記の赤外発光が観測されなくなることも明らかにした。

(3) 運動立体視による空間認識システムの構築を目的として、局所運動を統合することで平面の方位と衝突時間を検出する神経回路網モデルを LSI に実装した。膨大な神経配線をローカルなメモリに配置した結線テーブルとパケット通信を用いた仮想配線方式により実現し、一般的なデスクトップ CPU 上で実行した C++ プログラムと比較して、同程度の処理速度で 100 分の 1 以下の消費電力となることを HDL シミュレーションにより確認した。

(1) Toward the development of computation algorithms utilizing quantum parallelism, we have introduced a quantum version of Hebb learning, by which qubit interaction is enhanced in proportion to correlation between qubits, to neuromorphic quantum computation inspired by the computational method realized with artificial neural networks. We have simulated the proposed learning method and confirmed its effectiveness successfully.

(2) Electrical Properties of Si/strained SiGe alloy/Si(100) heterostructures grown by low-energy ECR plasma CVD without substrate heating have been studied. With strain relaxation in SiGe alloy, alternation of valence band structure and clear infrared photoluminescence were observed.

(3) Toward a spatial perception system by using motion-stereo vision, we implemented a neural network model into an LSI; an orientation and time-to-contact of a planar surface are detected by integrating local image motions. The enormous neural connections are realized by using virtual connection scheme with connection tables stored in local memories and packet-based communication. We confirmed by using HDL simulation that the operation speed of the designed LSI is comparable with a C++ program performed on a common desktop CPU, while its power consumption is smaller than that of the CPU by less than 1%.

半導体スピントロニクス基盤技術関連

Semiconductor Spintronics and Information Technology

● 半導体スピントロニクス（大野英男・深見俊輔）

Semiconductor Spintronics (H. Ohno and S. Fukami)

固体中のスピンと電荷の自由度を使った省エネルギーかつ高機能なスピントロニクス素子への応

用を目的として研究を行い、以下の成果を得た。(1) 強磁性半導体(Ga,Mn)As と白金からなる積層構造を用い、強磁性共鳴状態において逆スピントホール効果を介して生じる電気信号から、金属／半導体界面のスピニキシングコンダクタンスを定量化した。(2) 強磁性半導体(Ga,Mn)As を用い、ダンピング定数の電界による制御に成功し、また磁気ダンピングの物理的起源を明らかにした。(3) ナノスケール CoFeB-MgO 磁気トンネル接合素子における磁化の大角発振を伴う非線形強磁性共鳴の評価をもとに、電界による磁気異方性の変調効率を決定した。(4) Ta/CoFeB/MgO 積層構造を用い、強磁性細線中で磁壁が行うクリープ運動の属する普遍性クラスが決まるメカニズムを明らかにした。(5) Li を共添加した強磁性半導体(Ga,Mn)As における磁気輸送特性を測定し、膜面内磁気異方性、異方性磁気抵抗効果、プレーナーホール効果の温度依存性を系統的に評価した。

連携研究

1. 文部科学省「未来社会実現のための ICT 基盤技術の研究開発」の委託研究である「耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術開発」プロジェクトにおいて、参画研究室と連携して以下の成果を得た。(1) Co/Ni 強磁性細線中に形成される磁壁の熱安定性の細線幅依存性を評価し、磁壁の熱安定性が決まるメカニズムを明らかにした。(2) ナノスケール Ta/CoFeB/MgO ドットにおけるスピントルク磁化反転を評価し、磁化反転の闘電流密度を決める物理的因素を明らかにした。(3) 反強磁性体／強磁性体積層構造におけるスピントルク磁化反転の評価を行い、当積層構造においては無磁場でのスピントルク磁化反転が可能であると同時に、ある構成においては人工知能応用に適したアナログ的な振る舞いを示すことを発見した。

2. 内閣府「無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現」の委託研究である「スピントロニクス集積回路を用いた分散型 IT システム」プロジェクトにおいて、参画研究室と連携して以下の成果を得た。(1) CoFeB-MgO 磁気トンネル接合におけるエネルギー障壁の温度依存性が接合サイズによって異なることを明らかにし、それが磁化反転モードの違いにより説明できることを示した。(2) ネットワークアナライザを用いた強磁性共鳴の測定から、単界面及び二重界面 CoFeB-MgO 積層膜のダンピング定数の膜厚依存性を評価した。(3) スピントルク磁化反転の第三の方式の動作実証に成功し、また本方式がスピントルク磁化反転の物理的機構を解明する上で有用であることを示した。

Our research activities focus on realizing low-power functional spintronic devices. The outcomes in the last fiscal year are as follows: (1) Determination of spin mixing conductance at metal/semiconductor interfaces from electrical signals induced by inverse spin Hall effect under the ferromagnetic resonance in a (Ga,Mn)As/Pt structure. (2) Demonstration of electrical control of damping constant and clarification of the physical origin of magnetic damping using a ferromagnetic semiconductor (Ga,Mn)As. (3) Quantification of modulation amplitude of magnetic anisotropy induced by electric field from a nonlinear ferromagnetic resonance with a large precessional angle in nano-scale CoFeB-MgO magnetic tunnel junction devices. (4) Clarification of the mechanism that determines the universality class for a creep motion of a domain wall in ferromagnetic systems. (5) Systematic evaluation of temperature dependence of in-plane magnetic anisotropy, anisotropic magnetoresistance, and planer Hall effect in (Ga,Mn)As codoped with Li.

In addition, the following outcomes have been obtained through cooperative researches under national projects.

1. Research activities in "Research and Development of Spintronics Material and Device Science and Technology for a Disaster-Resistant Safe and Secure Society" Program under Research and Development Project for ICT Key Technology to Realize Future Societies by MEXT: (1) Evaluation of width dependence of thermal stability of domain wall in ferromagnetic Co/Ni nanowires and clarification of the mechanism

that governs the thermal stability factor of domain walls. (2) Evaluation of dot size dependence of threshold current density for spin-orbit torque induced magnetization switching in nanoscale Ta/CoFeB/MgO dots and clarification of factors that determine the threshold current density. (3) Demonstration of field-free spin-orbit torque induced magnetization switching in an antiferromagnet/ferromagnet bilayer system and observation of analogue-like response, which is suitable for applications to artificial intelligences.

2. Research activities in "Achieving Ultimate Green IT Devices with Long Usage Times without Charging" Program under Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program of CSTI: (1) Observation of different temperature dependences of energy barrier in CoFeB-MgO magnetic tunnel junctions depending on their sizes, which can be explained by a difference in the magnetization reversal mode. (2) Evaluation of thickness dependence of damping constant for single-interface and double-interface CoFeB-MgO structures from a ferromagnetic resonance using a vector network analyzer. (3) Demonstration of the third scheme of spin-orbit torque induced magnetization switching that is useful to investigate the physical mechanism of the switching.

● 超ブロードバンド信号処理（尾辻泰一・末光哲也・ボーバンガトンベットステファン） Ultra-Broadband Signal Processing (T.Otsuji, T.Suemitsu, and S. Boubanga Tombet)

いまだ未開拓な電磁波領域であるミリ波・テラヘルツ波帯の技術を開拓し、次世代の情報通信・計測システムへ応用することを目的として、新しい集積型のミリ波・テラヘルツ波電子デバイスの創出と、それらを応用した超ブロードバンド信号処理技術に関する研究開発を推進している。本年度は、單原子層炭素材料：グラフェンを利得媒質とする新原理電流注入型テラヘルツレーザートランジスタのデバイスプロセス技術の開発を進め、従来を1桁以上上回る電界効果移動度200,000 cm²/Vsという極めて優れた輸送特性を実現した。また、InGaAs系およびGaN系高電子移動度トランジスタ(HEMT)の高速化・高耐圧化技術の研究を進め、独自の傾斜フィールドプレート構造とその作製技術を開発し、GaN系HEMT高速・高耐圧化への有効性を実証した。

The goal of our research is to explore the terahertz frequency range by creating novel electron devices and systems. Graphene, a monolayer sheet of honeycomb carbon crystal, exhibits unique carrier transport properties owing to the massless and gapless energy spectra, which is expected to break through the limit on conventional device operating speed/frequency performances. First, towards the creation of novel current-injection graphene THz laser-transistors, we developed an ultrafast graphene laser-transistor device process technology demonstrating extremely high electric-field carrier mobility around 200,000 cm²/Vs an order of magnitude larger than conventional data. Another important achievement is on high-speed, high-power, high-electron-mobility transistors (HEMTs) based on InGaAs- and GaN-based quantum-well heterostructures. Improved breakdown-voltage performances were verified in the GaN-based HEMTs by introducing a unique slant field plate structure integrated with the gate electrode.

ナノ分子デバイス基盤技術関連

Nano-Molecular Devices

● ナノ分子デバイス（庭野道夫） Nano-Molecular Devices (M. Niwano)

1. ペロブスカイト型太陽電池の開発

ペロブスカイト型太陽電池の性能向上のために、アニーリング処理によるペロブスカイト層の化学状態と結晶構造の変化を、赤外分光法とX線回折法により詳細に調べた。ペロブスカイト層の構造変化が太陽電池の特性、特に、界面における電荷移動特性に大きく影響を与えることを明らかにした。(J. Mater. Chem. A, 3, 14195 (2015))に発表。本論文は同誌の2015年

Hot Article に選ばれた。)

2. p^+-i-p^+ 型有機薄膜トランジスタの開発

有機ポリマーP3HT 薄膜とその有機薄膜に分子ドーピングしてできる導電性薄膜よりなる全有機トランジスタの開発に成功した。P3HT 薄膜に正孔ドーパントである F₄-TCNQ を注入して導電性薄膜を形成し、その膜を電極とした p^+-i-p^+ 型有機薄膜トランジスタを作製し、その性能を調べた。トランジスタの作製のために有機薄膜のパターニング法を新しく開発した。作製したトランジスタは従来の金属電極の有機トランジスタと比べて移動度が優れていることを示した。(分子ドーピング機構については Jpn. J. Appl. Phys., 54, 091602, 2015.に、有機トランジスタについては J. Appl. Phys. 119, 154503 (2016)に発表した。)

3. 人工神経回路網における信号伝達機構の解明のための計測技術の開発

細胞膜のもつ電気的絶縁性を利用して、薬剤評価系などに用いられている神経活動計測法の感度を従来の約 6 倍に向上できることを実証した。チップ上にマイクロスケールの電極を配列させた多点電極デバイスは、神経細胞や脳切片標本における神経活動を高い時間分解能で非侵襲に計測できるため、基礎研究のみならず新薬評価系などとして使われている。しかしながら、細胞内の電位変化を細胞の外側に配置された電極で計測するため、計測感度を向上させることが喫緊の課題となっていた。本研究では、グリア細胞という中枢神経系の支持細胞をハイドロゲル膜の上にシート状に培養し、それをデバイス上の神経細胞の上に被せる、という簡便な方法で信号強度を増幅できることを示した。この方法によりこれまで計測できていなかった神経回路の特性や薬理応答を解明できると期待される。(Appl. Phys. Lett., 108, 023701 2016 に発表)。

1. Development of perovskite solar cells: Annealing process is crucial in obtaining high-quality perovskite layers used for highly efficient planar perovskite solar cells. In this study, we have investigated annealing-induced chemical and structural changes of tri-iodide (TI) and mixed-halide (MH) organometal perovskite layers using infrared absorption spectroscopy, scanning electron microscopy and x-ray diffraction measurements. For TI layers, the solvent molecule, dimethylformamide (DMF), remained in the form of PbI₂/ DMF compound after drying at room temperature. During annealing, the DMF evaporated to form PbI₂ crystals. When the MH perovskite film was annealed, both CH₃NH₃PbCl₃ and CH₃NH₃PbI₃ crystals were initially formed from an amorphous phase. With further annealing, the CH₃NH₃PbI₃ crystals gradually grew through the incorporation of source materials supplied from the CH₃NH₃PbCl₃ crystals and the amorphous phase and the slow evaporation of methylammonium (MA) and chloride ions. The resultant MH perovskite layer after annealing was mainly composed of large CH₃NH₃PbI₃ grains with a trace of chloride ions. We suggested that the difference in composition and structure leads to different charge transporting properties of the TI and MH perovskite layers. (J. Mater. Chem. A, 3, 14195 (2015))

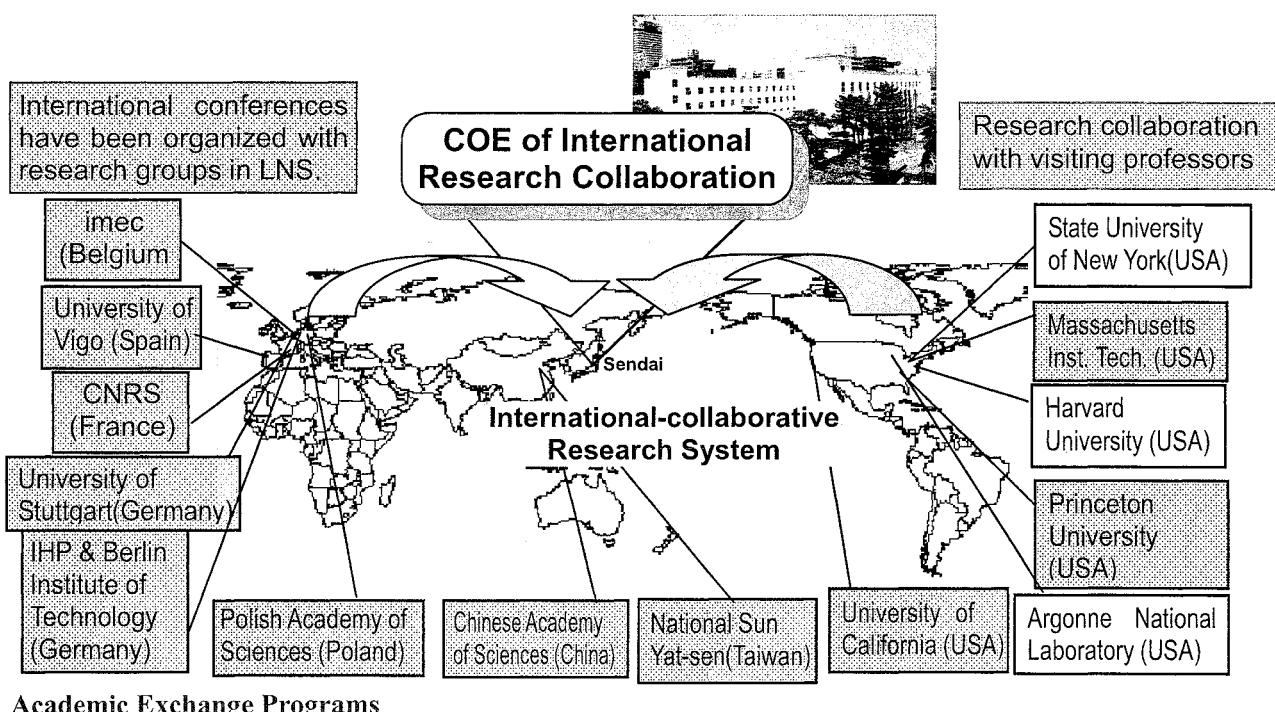
2. Fabrication and characterization of p^+-i-p^+ type organic thin film transistors: Organic thin film transistors (OTFTs) have been explored because of their advantageous features such as light-weight, flexible, and large-area. For more practical application of organic electronic devices, it is very important to realize OTFTs that are composed only of organic materials. In this paper, we have fabricated p^+-i-p^+ type of OTFTs in which an intrinsic (i) regioregular poly (3-hexylthiophene) (P3HT) layer is used as the active layer and highly doped p-type (p^+) P3HT is used as the source and drain electrodes. 2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane (F₄-TCNQ) was used as the p-type dopant. A fabricating method of p^+-i-p^+ OTFTs have been developed by using SiO₂ and aluminum films as capping layers for micro-scaled patterning of the p^+ -P3HT electrodes. The characteristics of the OTFTs were examined using photoelectron spectroscopy and electrical measurements. We demonstrated that the fabricated p^+-i-p^+ OTFTs work with carrier injection through a built-in potential at p^+/i interfaces. We found that the p^+-i-p^+ OTFTs exhibit better FET characteristics than the conventional P3HT-OTFT with metal (Au) electrodes, indicating that the influence of a carrier injection barrier at the interface between the electrode and the active layer was suppressed by replacing the metal electrodes with p^+ -P3HT layers. (J. Appl. Phys. 119, 154503 (2016); Jpn. J. Appl. Phys., 54, 091602 (2015))

3. Investigation of neuronal extracellular recordings: Electrical signals of neuronal cells can be recorded non-invasively and with a high degree of temporal resolution using multielectrode arrays (MEAs). However, signals that are recorded with these devices are small, usually 0.01%–0.1% of intracellular recordings. Here, we show that the amplitude of neuronal signals recorded with MEA devices can be amplified by covering neuronal networks with an electrically resistive sheet. The resistive sheet used in this study is a monolayer of glial cells, supportive cells in the brain. The glial cells were grown on a collagen-gel film that is permeable to oxygen and other nutrients. The impedance of the glial sheet was measured by electrochemical impedance spectroscopy, and equivalent circuit simulations were performed to theoretically investigate the effect of covering the neurons with such a resistive sheet. Finally, the effect of the resistive glial sheet was confirmed experimentally, showing a 6-fold increase in neuronal signals. This technique feasibly amplifies signals of MEA recordings. (Appl. Phys. Lett., 108, 023701 (2016))

4. 施設の活動

4-1 国際共同研究

平成 17 年度～21 年度特別教育研究経費として採択されたナノエレクトロニクス国際共同研究拠点創出事業を基盤として、21 世紀に求められる高度な情報通信を実現するため、「半導体立体ナノ構造の実現と応用」、「半導体中のスピンドル制御技術の確立と応用」、「分子ナノ構造による情報処理の実現と応用」の 3 本を柱に据え、ナノエレクトロニクス情報デバイスと、これを用いた情報システムの構築を推進するとともに、これらを実現するための国際共同研究体制を構築し、ナノエレクトロニクス分野の世界におけるセンター・オブ・エクセレンスの確立を目指している。



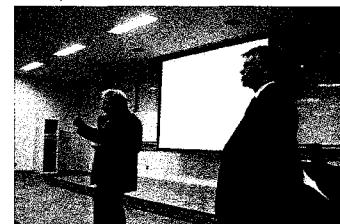
ナノ・スピニ実験施設で開催した国際シンポジウム

RIEC Symposium on Spintronics

第1回: 2005年2月8-9日	第2回: 2006年2月15-16日
第3回: 2007年10月31日-11月1日	第4回: 2008年10月9-10日
第5回: 2009年10月22-23日	第6回: 2010年2月5-6日
第7回: 2011年2月3-4日	第8回: 2012年2月2-3日
第9回: 2012年5月31-6月2日	第10回: 2013年1月15-16日
第11回: 2013年1月31-2月1日	第12回: 2014年6月25-27日
第13回: 2015年11月18-20日	



2nd RIEC International Symposium
on Brain Functions and Brain
Computer



2nd RIEC Symposium on Spintronics-
MgO-based Magnetic Tunnel Junction-
Left: Albert Fert (received 2007 Nobel
Prize in Physics); Right: Russel
Cowburn

International Workshop on Nanostructure & Nanoelectronics

第1回: 2007年11月21-22日	第2回: 2010年3月11-12日,
第3回: 2012年3月21-22日	第4回: 2013年3月7-8日
第5回: 2014年3月5-7日	第6回: 2015年3月2-4日)
第7回: 2016年3月1-3日	

RIEC-CNSI Workshop on Nano & Nanoelectronics, Spintronics and Photonics

第1回: 2009年10月22-23日

RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

第1回: 2012年11月15-16日

第2回: 2014年2月21-22日

第3回: 2015年2月18-19日

第4回: 2016年2月23-24日

4-2 国際シンポジウム開催 (プログラムは「6. 参考資料」に収録)

第68回電気通信研究所国際シンポジウム

第13回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ

12th RIEC International Workshop on Spintronics

大野 英男
Hideo OHNO

開催日: 平成27年11月18日(水曜日)~20日(金曜日)(3日間)

開催場所: 東北大学 電気通信研究所 ナノ・スピニ実験施設

本ワークショップは2005年に第1回が開催されて以来、ほぼ年1回のペースで回を重ね、今回で13回目の開催となった。今回は東北大学「知のフォーラム (Tohoku Forum for Creativity)」の一環として開催されたこともあり、過去最多となる185名の参加者を集めた。我が国をはじめとして、アメリカ、ドイツ、フランス、ポーランド、スウェーデン、サウジアラビアからの招待講演者による22件の招待講演に加え、35件のポスター発表がなされた。

招待講演では、トポロジカル絶縁体やハーフメタルホイスラー合金などの新規磁性材料、反強磁性体におけるスピニ輸送現象、スピニ軌道トルク、マグノニクス、量子スピントロニクス、スピニの光学制御、スピニ素子の脳型情報処理応用など、スピントロニクス分野の最新、かつ広範囲にわたる話題が扱われ、いずれも満員の聴衆との間で活発な議論がなされた。どのトピックも数年前には想像もできなかつたほどの進展を見せており、この分野の奥深さや将来の更なる発展

の可能性を改めて強く認識した。ポスター発表では本学の学生も発表を行い、世界の一流研究者に対して自分の研究内容を伝え議論することで、今後の研究を進めていくための良い示唆と大きな刺激が得られたものと思う。

第 69 回電気通信研究所国際シンポジウム

第 4 回 脳機能と脳型計算機に関する通研国際シンポジウム The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

佐藤 茂雄
Shigeo SATO

開催日：平成 28 年 2 月 23 日（火）～24 日（水）（2 日間）
開催場所：東北大学電気通信研究所 ナノ・スピニ総合研究棟

シンポジウムは、半導体工学、計算機工学、ロボット工学、数理工学、大脳生理学、神経科学、心理物理学、非線形物理学といった関連分野から広く研究者を集め、脳機能や脳型計算機に関する最近の成果・動向について、分野の垣根を超えて研究発表と議論を行うことを目的として企画・設立された。今回が四回目であり、平成 28 年 2 月 23 日、24 日の 2 日間に渡って開催された。アメリカ、ドイツ、スペイン、スウェーデンの 4か国から 4 名の海外招待講演者を迎える、計 12 件の口頭発表、10 件のポスター発表が行われた。今回も講演内容は、神経科学、培養神経回路、集積回路など多岐にわたるものであった。分野を超えて有意義な質疑応答が活発に行われ、学際的な国際交流の機会を提供する活気あふれるシンポジウムとなった。

第 71、72 回電気通信研究所国際シンポジウム

第 10 回バイオ・医療・ナノエレクトロニクスに関する国際シンポジウム、 第 7 回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する国際ワークショップ The Joint Symposium of 10th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, 7th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics

庭野 道夫
Michio NIWANO

開催日：平成 28 年 3 月 1 日（火曜日）～3 日（木曜日）（3 日間）
開催場所：東北大学電気通信研究所 ナノ・スピニ実験施設

2016年3月1日（火）～3日（木）に、ナノ・スピニ実験施設のカンファレンスルームにて、10th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics および 7th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics の合同シンポジウムが開催されました。アメリカ、ドイツ、イギリス、そして日本からの計20件の招待講演と16件のポスター発表がなされ、3日間のべ参加人数は127名でした。ナノ構造とその応用に関するセッションでは、ナノチューブやナノシリコン、ナノポア、バイオナノ薄膜のようなナノ構造体について、その形成技術や構築した構造体の評価、さらに太陽電池やセンサなどへのデバイス応用についての講演が行われ、活発な議論が交わされました。特に、バイオナノ薄膜である脂質二分子膜と微細加工技術との融合に基づくバイオセンサや、ストカスティックセンサ、単電子デバイス等、幅広い領域にまたがる発表がなされたことは、この分野の発展性と将来性とを強く感じさせるものでした。バイオメディカルセッションでは、超音波を用いた画像診断や治療、非侵襲血糖値センサ、化学イメージセンサ等の医工学研究分野の基礎から応用にわたる発表がなされ、医工学分野の発展性を印象付けました。また、本シンポジウムではナノエレクトロニクスとバイオのような分野の異なる研究者の交流も活発に行われました。このような異分野交流がこれからのブレークスルーを生み出す強い原動力になるものと期待しています。

5. 研究成果（平成 27 年度）

5 A ナノ集積基盤技術関連

Nano Integration

- A1 ナノ集積デバイス・プロセス（佐藤茂雄・櫻庭政夫）
Nano-Integration Devices and Processing
(S. Sato and M. Sakuraba)

A1 ナノ集積デバイス・プロセス (佐藤茂雄・櫻庭政夫) Nano-Integration Devices and Processing (S. Sato and M. Sakuraba)

1. 脳型計算用デバイスの高密度実装技術に関する研究 High-density implementation of devices for brain computing

将来の Si-LSI の微細化限界を見据え、脳型計算機の実用化に向けて、脳型計算用デバイスの開発とその高密度実装技術、及び脳型計算機のプロトタイプについて研究を行っている。

Foreseeing the miniaturization limit of Si-LSI in future and aiming at the implementation of a practical brain computer, we study devices for brain computing, high-density implementation techniques, and a prototype of a brain computer.

2. 脳型計算用量子知能デバイスに関する研究 Intelligent quantum device for brain computing

脳型計算と量子計算を融合し究極の知能を実現するため、核スピンや超伝導体を利用した、量子ニューロン素子として働く知能デバイスとその計算アルゴリズムについて研究を行っている。

We study intelligent quantum device, which operates as quantum neuron, using nuclear spins or superconductor devices, and its computation algorithms in order to realize ultimate intelligence after the fusion of brain computing and quantum computing.

3. 高度歪 IV 族半導体エピタキシャル成長のための低損傷基板非加熱プラズマ CVD プロセスに関する研究 Low-damage plasma CVD process without substrate heating for epitaxial growth of highly strained group IV semiconductors

ナノメータオーダ厚さの高品質量子ヘテロ構造を実現するために、原子オーダで平坦かつ急峻なヘテロ界面を有する高度歪 IV 族半導体薄膜のヘテロエピタキシャル成長について研究している。

In order to realize nanometer-order thick high-quality heterostructure, heteroepitaxial growth of highly strained group-IV semiconductor films with atomically flat and abrupt heterointerfaces is being studied.

4. IV 族半導体高度歪量子ヘテロ構造の高集積化プロセスに関する研究 Large-scale integration process of group IV semiconductor quantum heterostructures

IV 族半導体量子効果デバイスの Si 集積回路への搭載を実現するために、IV 族半導体高度歪量子ヘテロ構造の高集積化プロセスと量子ヘテロナノデバイス製作・高性能化について研究している。

In order to integrate group-IV semiconductor quantum-effect devices into Si LSI, large-scale integration process of group-IV highly strained quantum heterostructures and fabrication of high-performance quantum hetero nanodevices are being studied.

【査読付論文】

- 1 A. A. Shklyaev, V. I. Vdovin, V. A. Volodin, D. V. Gulyaev, A. S. Kozhukhov, M. Sakuraba and J. Murota, "Structure and optical properties of Si and SiGe layers grown on SiO₂ by chemical vapor deposition", *Thin Solid Films*, vol. 579, pp. 131-135, 2015.
- 2 Y. Yamamoto, N. Ueno, M. Sakuraba, J. Murota, A. Mai and B. Tillack, "C and Si delta doping in Ge by CH₃SiH₃ using reduced pressure chemical vapor deposition", *Thin Solid Films*, vol. 602, pp. 24-28, 2015.
- 3 T. Ma, D. Tadaki, M. Sakuraba, S. Sato, A. Hirano-Iwata and M. Niwano, "Effects of interfacial chemical states on the performance of perovskite solar cells", *J. Mater. Chem. A*, vol. 4, no. 12,

pp. 4392-4397, 2016.

【国際会議発表】

- 1 Y. Osakabe, T. Onomi, H. Akima, M. Sakuraba and S. Sato, "Experimental Analysis of Macroscopic Quantum Tunneling Rate in Series Array of Nb/AlOx/Nb Josephson Junctions", Proc. 15th International Superconductive Electronics Conference (ISEC 2015), Nagoya, Japan, July 6-9, 2015.
- 2 S. Sato, W. Li, H. Akima, and M. Sakuraba, "A Fundamental Study on STM Lithography on Hydrogen-terminated Silicon Surface", A*MIDEX – JSPS International Workshop, Marseille, France, July 9-10, 2015.
- 3 W. Li, S. Sato, H. Akima, M. Sakuraba, "Hydrogen Atom Desorption Induced by Electron Bombardment on Si Surface", ECS Trans., vol. 69, no. 31, Oct. 11-16, pp. 35-38, 2015.
- 4 M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato, "Group-IV Quantum-Heterostructure Formation Based on Low-Energy Plasma CVD towards Electronic Device Application", Proc. Energy Materials Nanotechnology (EMN) Hong Kong Meeting, Hong Kong, China, Abs.No. D10, Dec. 9-12, 2015.
- 5 N. Ueno, M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato, "Evaluation of Electronic Properties of Si/SiGe/Si(100) Heterostructures Formed by ECR Ar Plasma CVD", Proc. 9th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration", Sendai, Japan, pp. 27-28, Jan. 11-12, 2016.
- 6 K. Motegi, M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato, "Characteristics of B Doping in Si Epitaxial Growth on Si(100) Using ECR Ar Plasma CVD", Proc. 9th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration", Sendai, Japan, pp. 43-44, Jan. 11-12, 2016.
- 7 W. Li, S. Sato, H. Akima and M. Sakuraba, "Current and voltage dependence of STM induced hydrogen desorption on Si(111)", Proc. 9th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration", pp. 67-68, Jan. 11-12, 2016.
- 8 S. Moriya, H. Akima, S. Kawakami, M. Yano, K. Nakajima, M. Sakuraba and S. Sato, "A neural network model for detecting planar orientation and time-to-collision from local image motion", Proc. The 4th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, P-4, Feb. 23-24, 2016.
- 9 Y. Osakabe, S. Sato, M. Kinjo, K. Nakajima, H. Akima and M. Sakuraba, "Brain inspired adiabatic quantum computing and learning", Proc. The 4th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, S4-3, Feb. 23-24, 2016.
- 10 H. Akima, S. Moriya, S. Kawakami, M. Yano, K. Nakajima, M. Sakuraba and S. Sato, "VLSI implementation of a neural network model for detecting planar surface from local image motion", Proc. The 3rd International Symposium on Brainware LSI, Sendai, Japan, Feb. 26-27, 2016.
- 11 K. Motegi, M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato, "Depth Profile of B Concentration in Heavily B-Doped Si Epitaxial Film Grown on Si(100) Using ECR Ar Plasma CVD without Substrate Heating", Proc. Joint Symp. of 10th Int. Symp. on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 7th Int Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics, Sendai, Japan, pp. 23, Mar. 1-3, 2016.
- 12 N. Ueno, M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato, "Characterization of Si and Si-Ge Alloy Heterostructures Formed on Si(100) by ECR Ar Plasma CVD without Substrate Heating", Proc. Joint Symp. of 10th Int. Symp. on Medical, Bio- and Nano-Electronics, and 7th Int Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics, Sendai, Japan, pp. 24, Mar. 1-3, 2016.

5 B 半導体スピントロニクス基盤技術関連

Semiconductor Spintronics and Information Technology

B1 半導体スピントロニクス（大野英男・深見俊輔）

Semiconductor Spintronics
(H.Ohno and S. Fukami)

B2 超ブロードバンド信号処理（尾辻泰一・末光哲也・ボーバンガトンベット・ステファン）

Ultra-Broadband Signal Processing
(T.Otsuji, T.Suemitsu and S. Boubanga-Tombet)

B1 半導体スピントロニクス (大野英男・深見俊輔) Semiconductor Spintronics (H. Ohno and S. Fukami)

固体中の電子や спинの状態を制御し工学的に応用するために、新しい材料の開発、量子構造の作製と性質の理解、及びそれらのスピントロニクス素子高機能素子への応用に関する研究を行っている。さらに、不揮発性により、高機能かつ低消費電力化が期待されるスピントロニクス素子、及びスピントロニクス集積回路技術の研究開発を行っている。

Our research activities cover the areas of preparation, characterization, and application of new classes of solid state materials as well as their quantum structures, in which electronic and spin states can be controlled. Furthermore, we are working on research and development of advanced technology for spintronics-based devices and integrated circuits, which are expected to realize high performance and low power consumption owing to their nonvolatility.

1. 半導体スピントロニクスに関する研究

Semiconductor Spintronics

固体中のスピントロニクスの実現をめざして、半導体、磁性半導体、金属磁性体におけるスピントロニクス現象、及びそれらを利用した新規スピントロニクス材料、新規スピントロニクス素子の創生に関する研究を行っている。また、高機能低消費電力のメモリデバイスとそれによって可能となる新しい論理集積回路および情報通信処理システムを、スピントロニクスを用いて実現することを目指として、スピントロニクス実現に向けた基盤技術を開発する。

We are working on spin-related phenomena in semiconductors, magnetic semiconductors, and magnetic metals as well as novel functional spin materials and devices, in order to realize low-power functional spintronic devices. To realize high-performance low-power consumption spin memory and logic devices, we are developing technologies to realize advanced spin memory and logic devices using magnetic tunnel junctions (MTJs) consisting of ferromagnetic metal electrodes and insulating barriers.

1) スピントロニクスに関する研究

Spintronics

分子線エピタキシやスパッタリング法を用いたスピントロニクス材料や構造の作製、スピントロニクス現象の評価と理解。

Development of functional spin materials and structures by using molecular beam epitaxy and sputtering, understanding and characterization of spin-related phenomena are being carried out.

2) 金属磁性体とその機能素子応用に関する研究

Magnetic metal functional devices and their application

20 nm 以下のスピントロニクス素子作製および素子加工技術の開発、作製した微細スピントロニクス素子の特性評価、そしてスピントロニクス素子を利用した種々の集積回路試作を進めている。

Development of spintronic devices with the size of less than 20 nm and their processing technology, characterization of the fabricated spintronic devices, and fabrication of various prototype integrated circuits employing spintronic devices are being carried out.

3) 磁性半導体及びその量子構造の物性と応用に関する研究

Properties and application of magnetic semiconductors and their quantum structures

強磁性体と半導体を組み合わせた新しい半導体デバイスの基礎的研究を行っている。Exploration of novel spintronic semiconductor devices based on ferromagnet/semiconductor structures is being carried out.

4) 高出力トンネル磁気抵抗素子の開発

Magnetic tunnel junctions with high output voltage

面内垂直磁気異方性トンネル磁気抵抗(TMR)素子の高出力化を行っている。

Development of high performance magnetic tunnel junctions (MTJs) consisting of ferromagnetic metal electrodes with in-plane or perpendicular magnetic easy axis and insulating barrier is being carried out.

5) 金属系スピントロニクスデバイスの開発

Metal-based spintronics devices

微細な金属系スピントロニクスデバイスの作製とその特性評価、スピニメモリロジック基本回路試作を行っている。

Fabrication of metal-based spintronic devices with small dimension and characterization of their properties and making basic spintronics-based circuits experimentally are carried out.

6) スピン注入磁化反転素子の開発

Spin transfer torque memory and logic devices

低書き込み電力に向けたスピン注入磁化反転に関する研究を行っている。

Characterizing spin transfer torque switching toward reduction of writing power is being carried out.

2. 耐災害性に優れた安心安全社会のためのスピントロニクス材料デバイス基盤技術に関する研究

Research and Development of Spintronics Material and Device Science and Technology for a Disaster-Resistant Safe and Secure Society

文部科学省「未来社会実現のための ICT 基盤技術の研究開発」の委託研究である「耐災害性に優れた安心安全社会のためのスピントロニクス材料デバイス基盤記述開発」プロジェクトにおいて、プロジェクト参画研究室と連携して高機能スピントロニクスワーキングメモリ向け材料デバイスの開発と大容量スピントロニクスワーキングメモリ向け材料デバイスの開発が行われた。

High-speed spintronics working memory and high-density spintronics working memory were studied in "Research and Development of Spintronics Material and Device Science and Technology for a Disaster-Resistant Safe and Secure Society" program under Research and Development for Next- Generation Information Technology of MEXT.

1) 高速スピントロニクスワーキングメモリに関する研究

Developments of high-speed spintronics working memory

磁気トンネル接合を基本構造とする高速二端子スピントロニクス素子、及び高速三端子スピントロニクス素子を作製し、基礎特性を調べた。

High-speed two terminal and three terminal devices based on magnetic tunnel junction were fabricated and studied.

2) 大容量ワーキングメモリに関する研究

Developments of high-density spintronics working memory

40 nm ϕ 以下の極微細なトンネル磁気接合を作製し、基礎特性を調べた。

Magnetic tunnel junctions with a diameter less than 40 nm ϕ were fabricated and studied.

3. スピントロニクス集積回路を用いた分散型 IT システムに関する研究

Research and Development of distributed IT system using Spintronics based integrated circuits

内閣府「無充電で長期間使用できる究極のエコ IT 機器の実現」の委託研究である「スピントロニクス集積回路を用いた分散型 IT システム」プロジェクトにおいて、参画研究室と連携してエナジーハーベスティングで駆動するスピントロニクス集積回路向け材料・素子の開発が行われた。

Spintronics materials and devices for spintronics based integrated circuits that can be driven by energy-harvesting were studied in Research activities in "Achieving ultimate Green IT

Devices with long usage times without charging" program under Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program of CAO.

- 1) エナジーハーベスティングで駆動するスピントロニクス集積回路向け材料・素子に関する研究

Developments of spintronics materials and devices for spintronics based integrated circuits that can be driven by energy-harvesting

エナジーハーベスティングで駆動するスピントロニクス集積回路向けの磁気トンネル接合を基本構造とする二端子スピントロニクス素子、及び三端子スピントロニクス素子を作製し、基礎特性を調べた。

Two terminal and three terminal devices based on magnetic tunnel junction for spintronics based integrated circuits that can be driven by energy-harvesting were fabricated and studied.

【査読付論文】

1. H. Nakayama, L. Chen, H.W. Chang, H. Ohno, and F. Matsukura, "Inverse spin Hall effect in Pt/(Ga,Mn)As", Applied Physics Letters, Vol. 106, 222405, June 2015.
2. S. Fukami, J. Ieda, and H. Ohno, "Thermal stability of a magnetic domain wall in nanowires," Physical Review B, Vol. 91, 235401, June 2015.
3. C. Zhang, S. Fukami, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno, "Spin-orbit torque induced magnetization switching in nano-scale Ta/CoFeB/MgO," Applied Physics Letters, Vol. 107, 012401, July 2015.
4. S. D'Ambrosio, L. Chen, H. Nakayama, F. Matsukura, T. Dietl, and H. Ohno, "Ferromagnetic resonance of Py deposited on ZnO grown by molecular beam epitaxy", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 54, 093001, July 2015.
5. L. Chen, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric-Field Modulation of Damping Constant in a Ferromagnetic Semiconductor (Ga,Mn)As," Physical Review Letters, Vol. 115, 057204, July 2015.
6. F. Matsukura and H. Ohno, "Temperature dependence of lattice parameter of (Ga,Mn)As on GaAs substrate," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 54, 098003, August 2015.
7. E. Hirayama, S. Kanai, J. Ohe, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric-field induced nonlinear ferromagnetic resonance in a CoFeB/MgO magnetic tunnel junction," Applied Physics Letters, Vol. 107, 132404, Sept 2015.
8. E. C. I. Enobio, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "CoFeB Thickness Dependence of Damping Constants for Single and Double CoFeB-MgO Interface Structures," IEEE Magnetics Letters, Vol. 6, 5700303, Sept 2015.
9. Y. Takeuchi, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Temperature dependence of energy barrier in CoFeB-MgO magnetic tunnel junctions with perpendicular easy axis," Applied Physics Letters, Vol. 107, 152405, October 2015.
10. S. DuttaGupta, S. Fukami, C. Zhang, H. Sato, M. Yamanouchi, F. Matsukura, and H. Ohno, "Adiabatic spin-transfer-torque-induced domain wall creep in a magnetic metal," Nature Physics, Vol. 12, pp. 333-336, Dec 2015.
11. S. Fukami, C. Zhang, S. DuttaGupta, A. Kurenkov, H. Ohno, "Magnetization switching by spin-orbit torque in an antiferromagnet-ferromagnet bilayer system," Nature Materials, Vol. 15, pp. 535-541, February 2016.
12. S. Fukami, T. Iwabuchi, H. Sato, and H. Ohno, "Current-induced domain wall motion in magnetic nanowires with various widths down to less than 20 nm," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 54, 04EN01, February 2016.

13. Z. Wang, M. Saito, K. P. McKenna, S. Fukami, H. Sato, S. Ikeda, H. Ohno, and Y. Ikuhara, "Atomic-Scale Structure and Local Chemistry of CoFeB-MgO Magnetic Tunnel Junctions," *Nano letters*, Vol. 3, pp. 1530-1536, February 2016.
14. S. Sato, H. Honjo, S. Ikeda, H. Ohno, T. Endoh, and M. Miwa, "Study on initial current leakage spots in CoFeB-capped MgO tunnel barrier by conductive atomic force microscopy," *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 55, 04EE05, March 2016.
15. S. Fukami, T. Anekawa, C. Zhang, and H. Ohno, "A spin-orbit torque switching scheme with collinear magnetic easy axis and current configuration," *Nature Nanotechnology*, doi: 10.1038/nnano2016.29, March 2016.
16. S. Miyakozawa, L. Chen, F. Matsukura, and H. Ohno, "Temperature dependence of in-plane magnetic anisotropy and anisotropic magnetoresistance in (Ga,Mn)As codoped with Li," *Applied Physics Letters*, Vol. 108, 112404, March 2016.
17. Y. Nakatani, M. Hayashi, S. Kanai, S. Fukami, and H. Ohno, "Electric field control of Skyrmions in magnetic nanodisks," *Applied Physics Letters*, Vol. 108, 152403, March 2016.

【査読付論文】(連携研究)

1. A. L. Kwilu, M. Oogane, H. Naganuma, M. Sahashi, and Y. Ando, "Intrinsic Gilbert damping constant in epitaxial Co₂Fe0.4Mn0.6Si Heusler alloys films," *Journal of Applied Physics*, Vol. 117, 17D140, April 2015.
2. T. Tono, T. Taniguchi, K.-J. Kim, T. Moriyama, A. Tsukamoto, and T. Ono, "Chiral magnetic domain wall in ferrimagnetic GdFeCo wires," *Applied Physics Express*, Vol. 8, 073001, June 2015.
3. T. Taniguchi, K.-J. Kim, T. Tono, S. Kim, T. Moriyama, and T. Ono, "Dimensional crossover characterized by distribution of magnetic domain wall creep velocity," *Applied Physics Express*, Vol. 8, 073004, June 2016.
4. J. Torrejon, F. Garcia-Sanchez, T. Taniguchi, J. Sinha, Seiji Mitani, Joo-Von Kim, and Masamitsu Hayashi, "Current-driven asymmetric magnetization switching in perpendicularly magnetized CoFeB/MgO heterostructures," *Physical Review B*, Vol. 91, 214434, June 2015.
5. T. Taniguchi, K. -J. Kim, T. Tono, T. Moriyama, Y. Nakatani, and T. Ono, "Precise control of magnetic domain wall displacement by a nanosecond current pulse in Co/Ni nanowires," *Applied Physics Express*, Vol. 8, 73008, July 2015.
6. T. Taniguchi, S. Mitani, M. Hayashi, "Critical current destabilizing perpendicular magnetization by the spin Hall effect," *Physical Review B*, Vol. 92, 024428, July 2015.
7. T. Ueno, J. Sinha, N. Inami, Y. Takeichi, S. Mitani, K. Ono, M. Hayashi, "Enhanced orbital magnetic moments in magnetic heterostructures with interface perpendicular magnetic anisotropy," *Scientific Reports*, Vol. 5, 14858, October 2015.
8. Y. Yoshimura, Kab-Jin Kim, T. Taniguchi, T. Tono, K. Ueda, R. Hiramatsu, T. Moriyama, K. Yamada, Y. Nakatani and T. Ono, "Soliton-like magnetic domain wall motion induced by the interfacial Dzyaloshinskii–Moriya interaction," *Nature Physics*, Vol. 12, pp. 157-161, November 2015.
9. J. Liu, T. Ohkubo, S. Mitani, K. Hono, M. Hayashi, "Correlation between the spin Hall angle and the structural phases of early 5d transition metals," *Applied Physics Letters*, Vol. 107, 232408, December 2015.
10. J. Kim, P. Sheng, S. Takahashi, S. Mitani, M. Hayashi, "Spin Hall Magnetoresistance in Metallic Bilayers," *Physical Review Letters*, Vol. 116, 097201, February 2016.
11. K.-J. Kim, Y. Yoshimura, T. Okuno, T. Moriyama, S.-W. Lee, K.-J. Lee, Y. Nakatani, and T. Ono, "Observation of asymmetry in domain wall velocity under transverse magnetic field," *APL Materials*, Vol. 4, 032504, March 2016.

【国際会議発表】

1. S. Fukami, T. Anekawa, C. Zhang, and H. Ohno, "Proposal and Demonstration of a New Spin-Orbit Torque Induced Switching Device," International Magnetic Conference (INTERMAG), Beijing, China, May 11-15, 2015.
2. H. Ohno and S. Fukami, "Three-Terminal Spointronics Memory Devices with Perpendicular Anistropy," (*Invited*), International Magnetic Conference (INTERMAG), Beijing, China, May 11-15, 2015.
3. . Sato, H. Honjo, S. Ikeda, H. Ohno, T. Endoh, and M. Niwa, "Diffusion Behaviors Observed on the Surface of CoFeB Film after the Natural Oxidation and the Annealing," International Magnetic Conference (INTERMAG), Beijing, China, May 11-15, 2015.
4. H. Koike, S. Miura, H. Honjo, T. Watanabe, H. Sato, S. Sato, T. Nasuno, Y. Noguchi, M. Yasuhira, T. Tanigawa, M. Muraguchi, M. Niwa, K. Ito, S. Ikeda, H. Ohno, and T. Endoh, "1T1MTJ STT-MRAM Cell Array Design with an Adaptive Reference Voltage Generator for Improving Device Variation Tolerance," International Memory Workshop (IMW), Monterey, U. S. A., May 17-20, 2015.
5. H. Ohno, "Nanoscale Magnetic Tunnel Junction –Materials Science and Device Physics–," (*Invited*), Intel Seminar, Beaverton, U. S. A., May 19, 2015.
6. H. Ohno, "Spintronic Nano-Devices for Nonvolatile VLSIs", (*Invited*), Frontiers in Quantum Materials and Devices Workshop and Tohoku-Harvard Workshop, Cambridge, U. S. A., May 21-22, 2015.
7. H. Ohno, "Nanoscale Magnetic Tunnel Junction", (*Invited*) 5th STT-MRAM Global Innovation Forum, Tokyo, Japan, May 27, 2015.
8. H. Ohno, "Nano-Scale Magnetic Tunnel Junction Materials and Devices –Toward Nonvolatile VLSI–," (*Invited*), International Conference on Spin Physics, Spin Chemistry and Spin Technology, Saint Petersburg, Russia, June 1-5, 2015.
9. H. Ohno, "Nanoscale Magnetic Tunnel Junction," (*Invited*), York-Tohoku-Kaiserslautern Symposium on New-Concept Spintronics Devices, York, UK, June 11-13, 2015.
10. F. Matsukura, "DC Voltage in Pt/(Ga,Mn) as Under Ferromagnetic Resonance," (*Invited*), York-Tohoku-Kaiserslautern Symposium on New-Concept Spintronics Devices, York, UK, June 11-13, 2015.
11. S. DuttaGupta, "Domain Wall Creep Driven by Adiabatic Spin Transfer Torque in Magnetic Metals," York-Tohoku-Kaiserslautern Symposium on New-Concept Spintronics Devices, York, UK, June 11-13, 2015.
12. H. Sato, Y. Takeuchi, N. Ohshima, S. Kubota, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Properties of CoFeB-MgO Magnetic Tunnel Junctions with Perpendicular Easy Axis for Spintronics Based VLSI Applications," (*Invited*), 2015 Spintronics Workshop on LSI, Kyoto, Japan, June 15, 2015.
13. H. Honjo, H. Sato, S. Ikeda, S. Sato, T. Watanabe, S. Miura, T. Nasuno, Y. Noguchi, M. Yasuhira, T. Tanigawa, H. Koike, M. Muraguchi, M. Niwa, K. Ito, H. Ohno, and T. Endoh, "10nm ϕ Perpendicular-Anistropy CoFeB-MgO Magnetic Tunnel Junctions with Over 400°C High Thermal Tolerance by Boron Diffusion Control," 2015 Symposium on VLSI Technology and Circuits, Kyoto, Japan, June 15-18, 2015.
14. D. Suzuki, M. Natsui, A. Mochizuki, S. Miura, H. Honjo, H. Sato, S. Fukami, S. Ikeda, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Fabrication of a 3000-6-Input-LUTs Embedded and Block-Level Power-Gated Nonvolatile FPGA Chip Using p-MTJ-Based Logic-in-Memory Structure," 2015 Symposium on VLSI Technology and Circuits, Kyoto, Japan, June 15-18, 2015.

15. H. Ohno, "Toward Ultra-Low Power Microprocessor Using Spintronics Technology," 1st ImPACT International Symposium on Spintronic Memory, Circuit and Storage, Tokyo, Japan, June 21-22, 2015.
16. H. Sato, "CoFeB-MgO Magnetic Tunnel Junctions with Perpendicular Easy Axis for Low Power Consumption Spintronics based VLSIs," 1st ImPACT International Symposium on Spintronic Memory, Circuit and Storage, Tokyo, Japan, June 21-22, 2015.
17. H. Ohno, "Spintronics for Stand-by Power Free VLSI," (Plenary), 8th International Conference on Materials for Advanced Technologies and 16th IUMRS International Conference in Asia (ICMAT2015-IUMRS-ICA2015), Singapore, June 28-July 3, 2015.
18. H. Ohno, "Nanoscale Spintronics Materials and Devices," (*Invited*), 8th International Conference on Materials for Advanced Technologies and 16th IUMRS International Conference in Asia (ICMAT2015-IUMRS-ICA2015), Singapore, June 28-July 3, 2015.
19. A. Okada, Y. Hashimoto, S. Kanai, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric-Field Dependence of Magnetic Anisotropy and Damping Constant in Ta/CoFeB/MgO Structures," 8th International Conference on Materials for Advanced Technologies and 16th IUMRS International Conference in Asia (ICMAT2015-IUMRS-ICA2015), Singapore, June 28-July 3, 2015.
20. E. C. Enobio, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Vector Network Analyzer -Ferromagnetic Resonance Measurements on CoFeB-MgO Stack with Perpendicular Easy Axis," 8th International Conference on Materials for Advanced Technologies and 16th IUMRS International Conference in Asia (ICMAT2015-IUMRS-ICA2015), Singapore, June 28-July 3, 2015.
21. M. Pohlit, F. Porroati, M. Huth, Y. Ohno, H. Ohno, and J. Muller, "Building Blocks of Artificial Square Spin Ice: Stray-Field Studies of Thermal Dynamics and Tuned Interactions" 20th International Conference on Magnetism (ICM), Barcelona, Spain, July 5-10, 2015.
22. T. Le, A. Eklund, S. Chung, H. Mazraati, A. Nguyen, M. Yamanouchi, E. Enobio, S. Ikeda, H. Ohno, and J. Akerman, "Ultra-High Frequency Tunability in Low-Current and Low-Field Spin Torque Oscillators based on Perpendicular Magnetic Tunnel Junctions" 20th International Conference on Magnetism (ICM), Barcelona, Spain, July 5-10, 2015.
23. S. Fukami, C. Zhang, S. DuttaGupta, and H. Ohno, "Spin-Orbit Torque Switching in a Ferromagnet / Antiferromagnet Bilayer System," 20th International Conference on Magnetism (ICM), Barcelona, Spain, July 5-10, 2015.
24. C. Zhang, S. Fukami, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno, "Spin-Orbit Torque Induced Magnetization Switching in Ta/CoFeB/MgO Heterostructure with a Diameter Down to 30 nm," 20th International Conference on Magnetism (ICM), Barcelona, Spain, July 5-10, 2015.
25. Y. Takeuchi, E. C. I. Enobio, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Temperature Dependence of Intrinsic Critical Current of CoFeB-MgO Magnetic Tunnel Junctions with Perpendicular Easy Axis," Internationa Colloquium on Magnetic Films and Survaces (ICMFS), Cracow, Poland, July 12-17, 2015.
26. H. Ohno, "Nano-Spintronics Devices for VLSI Integration," (*Invited*), Spin Dynamics in Nanostructures, Gordon Research Conference (GRC), Hong Kong, China, July 26-31, 2015.
27. S. Miyakozawa, L. Chen, F. Matsukura, and H. Ohno, "Effect of Li Codoping on In-Plane Uniaxial Magnetic Anisotropy in (Ga,Mn)As," , 21st International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems and 17th International Conference on Modulated Semiconductor Structures, (EP2DS-21/MSS-17), Sendai, Japan, July 26-31, 2015.
28. S. Kanai, M. Gajek, D. C. Worledge, F. Matsukura, and H. Ohno, "dc-bias Depencence of Ferromagnetic Resonance Spectra of a CoFeB-MgO based Magnetic Tunnel Junction," International School and Conference (SPINTECH VIII), Basel, Switzerland, August 10-13, 2015.
29. S. Fukami and H. Ohno, "Spin-Orbit Torque Induced Magnetization Switching for Three-Terminal Spintronics Devices," (*Invited*), 2nd Spin Waves and Interactions, Greifswald, Germany, September 9-11, 2015.

30. H. Ohno, "Spintronics Nano-Devices for Nonvolatile VLSIs," (*Invited*), 12th Sweden-Japan QNANO Workshop, Hindas Sweden, September 24-25, 2015.
31. S. Sato, H. Honjo, S. Ikeda, H. Ohno, T. Endoh, and M. Niwa, "Optimization of CoFeB Capping Layer Thickness for Characterization of Leakage Spot in MgO Tunneling Barrier of Magnetic Tunnel Junction" 2015 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sapporo, September 27-30, 2015.
32. Y. Ma, S. Miura, H. Honjo, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Shibata and T. Endoh, "A600- μ W Ultroa-Low-Power Associative Processor for Image Pattern Recognition Employing Magnetic Tunnel Junction (MTJ) Based Nonvolatile Memories with Novel Intelligent Power-Gating (IPG) Scheme," 2015 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sapporo, September 27-30, 2015.
33. S. Fukami, H. Sato, and H. Ohno, "Spintronics Memory Devices for Ultralow-Power and High-performance Integrated Circuits," (*Invited*), 2015 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sapporo, September 27-30, 2015.
34. H. Ohno, "Nonvolatile VLSI Made Possible by Spintronics", (*Invited*), 4th Winton Symposium, Cambridge, U. K., September 28, 2015.
35. H. Sato, E. C. I. Enobio, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Properties of Perpendicular-Anistropy Magnetic Tunnel Junctions with Single and Double CoFeB-MgO Interface," , 6th Annual Conference on Magnetics, Nanyang Technological University, Singapore, October 2, 2015.
36. T. Hanyu, M. Natsui, D. Suzuki, A. Mochizuki, N. Onizawa, S. Ikeda, T. Endoh, and H. Ohno," Challenge of MTJ-based Nonvolatile Logic-Memory Architecture for Ultra Low-Power and Highly Dependable VLSI Computing," (*Invited*), IEEE SOI-3D-Subthreshold Microelectronics Technology Unifield Conference, Rohnert Park, U. S. A., October 5-8, 2015.
37. H. Ohno, "Spintronics Nano-Devices for Nonvolatile VLSIs," (*Invited*), Electronic and Photonics Workshop, University of California Santa Barbara, U. S. A., October 15, 2015.
38. E. C. I. Enobio, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Improving the Sensitivity of Vector-Network-Analyzer Ferromagnetic Resonance Measurement by Varying the Coplanar Waveguide Size," 2015 International Conference on Applied Materials and Optical Systems (ICAMOS), Cavite State University, Philippines, October 22-24, 2015.
39. H. Ohno, "Spintronics materials and devices for nonvolatile CMOS VLSIs", (Plenary), 16th RIES-Hokudai International Symposium, Sapporo, Japan, November 10-11, 2015.
40. . Fukami, C. Zhang, S. DuttaGupta, A. Kurenkov, and H. Ohno, "Spi-Orbit Torque Switching for Three-Terminal Spintronics Devices," (*Invited*), 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.
41. . DuttaGupta, S. Fukami, C. Zhang, H. Sato, M. Yamanouchi, F. Matsukura, and H. Ohno, "Different Universality Classes for Current and Field Driven Domain Wall Creep in a Magnetic Metal," 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.
42. K. Watanabe, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Layer Thicknesses and Annealing Condition Dependence of Magnetic Properties of CoFeB-MgO Structure," 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.
43. S. Miyakozawa, L. Chan, F. Matsukura, and H. Ohno, "Temperature Dependence of Magnetotransport Properties in (Ga,Mn)As: Li," , 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.
44. C. Zhang, S. Fukami, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno," Magnetization Switching via Spin-Orbit Torque in Nano-Scale Ta/CoFeB/MgO," 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.

45. T. Anekawa, C. Zhang, S. Fukami, and H. Ohno, "A Three-Terminal Spin-Orbit Torque Device with a New Configuration," 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.
46. A. Okada, Y. Hashimoto, S. Kanai, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electrical Modulation of Damping Constant in Ta/CoFeB/MgO with Perpendicular Easy Axis," 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.
47. E. C. I. Enobio, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "CoFeB Thickness Dependence of Damping Constant for Single and Double CoFeB-MgO Interface Structures," 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18-20, 2015.
48. Y. Nakatani, S. Kanai, S. Fukami, M. Hayashi and H. Ohno, "Control of the skyrmion structure in a nano disk by electric field pulses at room temperature," (*Invited*), 13th Joint MMM-Intermag Conference, San Diego, U. S. A., January 11-15, 2016.
49. S. Ishikawa, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Current induced magnetization switching of CoFeB/Ta/[Co/Pd(Pt)]-multilayer in magnetic tunnel junctions with perpendicular anisotropy," 13th Joint MMM-Intermag Conference, San Diego, U. S. A., January 11-15, 2016.
50. S. Kanai, Y. Nakatani, H. Sato, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric field control of magnetism and magnetization switching in CoFeB-MgO," (*Invited*), 13th Joint MMM-Intermag Conference, San Diego, U. S. A., January 11-15, 2016.
51. H. Honjo, H. Sato, S. Ikeda, S. Sato, T. Watanabe, S. Miura, T. Natsuno, Y. Noguchi, M. Yasuhira, T. Tanigawa, H. Koike, M. Muraguchi, M. Niwa, K. Ito, H. Ohno, and T. Endoh, "Optimum boron composition difference between single and double CoFeB/MgO interface perpendicular magnetic tunnel junctions (MTJs) with high thermal tolerance and its mechanism," 13th Joint MMM-Intermag Conference, San Diego, U. S. A., January 11-15, 2016.
52. K. Watanabe, H. Sato, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Dependence of magnetic properties of CoFeB-MgO on buffer layer materials" 13th Joint MMM-Intermag Conference, San Diego, U. S. A., January 11-15, 2016.
53. H. Ohno, "Two-and three-terminal spintronics devices," (*Invited*), 2nd CIES Technology Forum, Sendai, Japan, March 17, 2016.
54. H. Ohno, "Efficiency of spintronics nanodevices," (*Invited*), Spintronics Meeting in Lanna, Prague, Czech, March 30-31, 2016.

【国際会議発表】(連携研究)

1. T. Ono, "Domain wall dynamics under Dzyaloshinskii-Moriya interaction (*Invited*)," International Workshop on Topological Structures in Ferroic Materials, Sydney, Australia, May 19, 2015.
2. M. Oogane, Y. Kurimoto, K. Mukaiyama, M. I. Khan, H. Saruyama, M. Hosoda, K. Hatakeyama, G. Kim, H. Naganuma and Y. Ando, "Perpendicularly magnetized L10-ordered alloys for magnetic tunnel junctions (*Invited*)," York-Tohoku-Kaiserslautern Research Symposium on New-Concept Spintronics Devices, York, UK, June 12, 2015.
3. T. Hanyu, "Challenge of MOS/MTJ - Hybrid Integrated Circuits Based on Non - Volatile Logic - in - Memory Architecture (*Invited*)," 2015 Spintronics Workshop on LSI, Kyoto, Japan, June 15, 2015.
4. T. Hanyu, "Design of an Ultra-Low Power Microcontroller Using Spintronics Technology (*Invited*)," 1st ImPACT International Symposium on Spintronic Memory, Circuit and Storage," Tokyo, Japan, June 21, 2015.
5. T. Endoh, "MTJ based Non-Volatile Microcontroller and its MTJ/CMOS Hybrid Technology (*Invited*)," 1st ImPACT International Symposium on Spintronic Memory, Circuit and Storage, Tokyo Japan, June 21, 2015.

6. N. Onizawa, A. Mochizuki, A. Tamakoshi, and T. Hanyu, “A Sudden Power-Outage Resilient Nonvolatile Microprocessor for Immediate System Recovery,” NANOARCH 2015, Boston, USA, July 8, 2015.
7. T. Ono, “Magnetic domain wall dynamics under Dzyaloshinskii-Moriya interaction (*Invited*),” 4th International Workshop on Magnonics, Seeon, Germany, August 3, 2015.
8. A. Mochizuki, N. Onizawa, A. Tamakoshi, and T. Hanyu, “Multiple-Event-Transient Soft-Error Gate-Level Simulator for Harsh Radiation Environments,” TENCON 2015, Macau, China, November 3, 2015.
9. M. Oogane, “Tunnel magneto resistance effect in MTJs with Mn-based ordered alloys (*Invited*),” 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 18, 2015.
10. T. Ono, “Orbital Magnetism on the Dzyaloshinskii-Moriya Interaction (*Invited*),” 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 19, 2015.
11. M. Hayashi, “Electrically and thermally generated spin current in heavy metals (*Invited*),” 13th RIEC International Workshop on Spintronics, Sendai, Japan, November 20, 2015.
12. T. Hanyu, “Spintronics-Based Logic-in-Memory Architecture Towards Dark Silicon Era (*Invited*),” International Workshop: Spintronics VLSI,” International Workshop: Spintronics VLSI, Sendai, Japan, November 21, 2015.
13. T. Ono, “Orbital Magnetism on the Dzyaloshinskii-Moriya Interaction (*Invited*),” Korea-Japan Spin-orbit workshop, Korean Research Institute for Science and Standards, Daejeon, Korea, November 30, 2015.
14. T. Ono, “Current-induced magnetic domain wall motion (*Invited*),” International USMM & CMSI Workshop, Koshiba hall, University of Tokyo, January 9, 2016.
15. T. Ono, “Soliton-like magnetic domain wall motion induced by the interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction (*Invited*),” American Physical Society March Meeting, Baltimore, USA, March 14, 2016.
16. T. Ono, “Soliton-like magnetic domain wall motion induced by the interfacial Dzyaloshinskii-Moriya interaction (*Invited*),” Workshop on Computational Nano-Materials Design and Realization for Energy-Saving and Energy-Creation Materials, Osaka, Japan, March 26, 2016.

B2 超ブロードバンド信号処理（尾辻泰一・末光哲也・ボーバンガトンベット ステファン）

Ultra-Broadband Signal Processing (T.Otsuji, T.Suemitsu and S. Boubanga-Tombet)

新原理ミリ波・テラヘルツ波帯集積電子デバイスの研究

Novel millimeter-wave and terahertz-wave integrated microelectronic devices

いまだ未踏の電磁波領域であるミリ波・テラヘルツ波（サブミリ波）帯の技術を開拓、実用化するために、本領域で動作する新しい電子デバイスおよび回路システムの創出と、それらの情報通信・計測システムへの応用に関する研究開発を行っている。第一に、半導体ヘテロ接合構造に発現する二次元プラズモン共鳴という新しい動作原理に立脚した集積型のコヒーレントテラヘルツ電磁波発生・信号処理デバイスの研究開発を進めている。電子デバイス・光子デバイス双方の動作限界を同時に克服するブレークスルーとして注目している。第二に、サブ波長領域に局在した低次元プラズモンの分散特性を光電子的に制御することによって、高次の信号処理機能を果たす新たなテラヘルツ帯メタマテリアル・回路システムの創出に取り組んでいる。第三に、新材料：グラフェン（単層グラファイト）を用いた新原理テラヘルツレーザーならびに極限高速トランジスタの開発を推進している。さらに、これら世界最先端の超ブロードバンドデバイス・回路を応用して、超高速無線通信や安心・安全のための新たな計測技術の開発を進めている。

We are developing novel, integrated electron devices and circuit systems operating in the millimeter-wave and terahertz regions. One example is the frequency-tunable plasmon-resonant terahertz emitters, detectors, and modulators. Another example is unique electromagnetic metamaterial circuit systems based on optoelectronic dispersion control of low-dimensional plasmons. We are also pursuing graphene-based new materials to create new types of terahertz lasers and ultrafast transistors, breaking through the limit on conventional transistor/laser operation. By making full use of these world-leading device/circuit technologies, we are exploring future ultra-broadband wireless communication systems as well as spectroscopic/imaging systems for safety and security.

【査読付論文】

1. K. Sugawara, T. Kawasaki, G. Tamamushi, H. Mastura, A. Dobroiu, T. Yoshida, T. Suemitsu, H. Fukidome, M. Suemitsu, V. Ryzhii, K. Iwatsuki, S. Kuwano, J.-I. Kani, J. Terada, and T. Otsuji, "Photonic frequency double-mixing conversion over the 120 GHz band using InP- and graphene-based transistors," IEEE J. Lightwave Technol., vol. 34, iss. 8, pp. 2011-2019, March 2016. (Top Scored) DOI: 10.1109/JLT.2015.2505146
2. T. Itatsu, E. Sano, Y. Yabe, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Enhanced terahertz emission from monolayer graphene with metal mesh structure," Materials Today: Proceedings, vol. 3, iss. S2, pp. S221-S226, March 2016. DOI: 10.1016/j.matpr.2016.02.037
3. V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Mitin, and M. S. Shur, "Resonant plasmonic terahertz detection in vertical graphene-base hot-electron transistors," J. Appl. Phys., vol. 118, pp. 204501-1-8, Nov. 2015. DOI: 10.1063/1.4936265
4. V. Ryzhii, M. Ryzhii, V. Mitin, M.S. Shur, and T. Otsuji, "Negative terahertz conductivity in remotely doped graphene bilayer heterostructures," J. Appl. Phys., vol. 118, pp. 183105-1-8, Nov. 2015. DOI: 10.1063/1.4934856
5. O.V. Polischuk, V.V. Popov, and T. Otsuji, "Superradiant amplification of terahertz radiation by plasmons in inverted graphene with a planar distributed Bragg resonator," Semicond., vol. 49, iss. 11, pp. 1468-1472, Nov. 2015. DOI: 10.1134/S1063782615110172
6. T. Otsuji, "Trends in the Research of Modern Terahertz Detectors: Plasmon Detectors," IEEE Trans. Thrz. Sci. Technol., vol. 5, no. 6, pp. 1110-1120, Nov. 2015. DOI: 10.1109/TTHZ.2015.2487222
7. T. Suemitsu, K. Kobayashi, S. Hatakeyama, N. Yasukawa, T. Yoshida, T. Otsuji, D. Piedra, and

- T. Palacios, "A new process approach for slant field plates in GaN-based high-electron-mobility transistors," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. 55, pp. 01AD02-1-6, Nov. 2015. DOI: 10.7567/JJAP.55.01AD02
8. P. Faltermeier, P. Olbrich, W. Probst, L. Schell, T. Watanabe, S.A. Boubanga Tombet, T. Otsuji, and S.D. Ganichev, "Helicity sensitive terahertz radiation detection by dual-grating-gate high electron mobility transistors," *J. Appl. Phys.*, vol. 118, iss. 8, pp. 084301-1-6, 2015. DOI: 10.1063/1.4928969
 9. V. Ya Aleshkin, A.A. Dubinov, M. Ryzhii, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Electron capture in van der Waals graphene-based heterostructures with WS₂ barrier layers," *J. Phys. Soc. Jpn.*, vol. 84, no. 9, pp. 094703-1-7, Aug. 2015. DOI: 10.7566/JPSJ.84.094703
 10. T. Suemitsu, "InP and GaN high electron mobility transistors for millimeter-wave applications," *IEICE Electron. Express*, vol. 12, no. 13, pp. 1-12, 2015. DOI: 10.1587/elec.12.20152005
 11. V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Ya Aleshkin, A.A. Dubinov, V. Mitin, and M.S. Shur, "Vertical electron transport in van der Waals heterostructures with graphene layers," *J. Appl. Phys.*, vol. 117, iss. 15, pp. 154504-1-9, April 2015. DOI: 10.1063/1.4918313
 12. V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, V.Ya Aleshkin, A.A. Dubinov, D. Svintsov, V. Mitin, and M.S. Shur, "Graphene vertical cascade interband terahertz and infrared photodetectors," *2D Materials*, vol. 2, no. 2, pp. 025002-1-10, April 2015. DOI: 10.1088/2053-1583/2/2/025002

【国際会議発表】

1. A. Satou, T. Watanabe, T. Suemitsu, V. Ryzhii, D. Fateev, V. V. Popov, and T. Otsuji, "THz devices based on plasmons in 2D electron systems," XX International Symposium "Nanophysics & Nanoelectronics, Nizhny Novgorod, Russia, 15 Mar. 2016. (invited)
2. Taiichi Otsuji, Kenta Sugawara, Gen Tamamushi, Adrian Dobroiu, Tetsuya Suemitsu, Victor Ryzhii, Katsumi Iwatsuki, Shigeru Kuwano, Jun-ichi Kani, Jun Terada, "Sub-THz photonic frequency conversion using optoelectronic transistors for future fully coherent access network systems," SPIE Photonics West, OPTO 2016, Conference 9772 on Broadband Access Communication Technologies X, Paper No. 9772-3, San Francisco, CA, USA, Feb. 16, 2016. (invited)
3. Victor Ryzhii, Taiichi Otsuji, Maxim Ryzhii, Vladimir Mitin, and Michael S. Shur, "Optically and electrically pumped graphene bilayer lasers: Dramatic enhancement of terahertz gain by remote doping," ISANN 2015: International Symposium on Advanced Nanodevices and Nanotechnology Dig., Graphene-II.1, Waikoloa, Hawaii, Dec. 4, 2015.
4. T. Otsuji, "Graphene-based van der Waals heterostructures for terahertz device applications," OPTIC 2015: the International Conference on Optics & Photonics Taiwan Proc., D6.S1-1, Taipei, Taiwan, 4 Dec. 2015. (invited)
5. T. Otsuji, S.A. Boubanga Tombet, and V. Ryzhii, "Double-graphene-layer van der Waals heterostructures for terahertz device applications," MRS Fall Meeting, Symposium Q: Nano Carbon Materials -1D to 3D, Q5.06, Boston, MA, USA, 1 Dec. 2015. (invited)
6. M. Ryzhii, V. Ryzhii, T. Otsuji, and M.S. Shur, "Vertical hot-electron graphene-base transistors as resonant plasmonic terahertz detectors," COMCAS: the 5th International IEEE Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems, TU3C-4 (#1104), pp. 1-3, Tel Aviv, Israel, 4 Nov. 2015. DOI: 10.1109/COMCAS.2015.7360418
7. T. Otsuji, "Graphene-based 2-dimensional materials for terahertz device applications," Optics - 2015: IX International Conference of Young Scientists and Specialists on Optics, St. Petersburg, Russia, 12 Oct. 2015. (invited)
8. K. Sugawara, T. Kawasaki, G. Tamamushi, M. B. Hussin, A. Dobroiu, T. Yoshida, T. Suemitsu, H. Fukidome, M. Suemitsu, V. Ryzhii, K. Iwatsuki, S. Kuwano, J. Kani, J. Terada, and T. Otsuji, "Sub-THz photonic frequency conversion using graphene and InP-based transistors for future

- fully coherent access network," ECOC 2015: the 41st European Conference on Optical Communication, Mo3.4.2, Valencia, Spain, 28 Sept. 2015. DOI: 10.1109/ECOC.2015.7341625
9. H. Wako, T. Watanabe, A. Satou, K. Kawahara, H. Ago, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Observation of amplified spontaneous terahertz emission from optically pumped monolayer intrinsic graphene," FTT: Int. Symp. Frontiers in Terahertz Technology, Pos2.16, Congress Center in ACT CITY, Hamamatsu, Japan, 31 Aug. 2015.
 10. S. Arnold, D. Yadav, S. Boubanga Tombet, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz detection in double-graphene-layer heterostructures," FTT: Int. Conf. Frontiers in Terahertz Technology Proc., Pos2.32 (2 pages), Congress Center in ACT CITY, Hamamatsu, Japan, 31 Aug. 2015.
 11. S. Boubanga Tombet, D. Yadav, S. Arnold, T. Watanabe, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Emission and detection of terahertz radiation in double-graphene-layer van der Waals heterostructures," IRMMW-THz 2015: the 40th Int. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves Dig., H1D-1, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China, 27 Aug. 2016. DOI: 10.1109/IRMMW-THz.2015.7327487 (Keynote, invited)
 12. F. Kasuya, T. Kawasaki, S. Hatakeyama, S. Boubanga Tombet, T. Suemitsu, T. Otsuji, G. Ducournau, D. Coquillat, W. Knap, Y. Takida, H. Ito, H. Minamide, D.V. Fateev, V.V. Popov, Y.M. Meziani, A. Satou, "Broadband characteristics of ultrahigh responsivity of asymmetric dual-grating-gate plasmonic terahertz detectors," IRMMW-THz 2015: the 40th Int. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves Dig., WS-45, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, China, 26 Aug. 2016. DOI: 10.1109/IRMMW-THz.2015.7327926
 13. S. Boubanga Tombet, "Plasmon-resonant terahertz emitters and detectors and their system applications," Int. Conf. on Nanotechnology Congress & Expo Abstracts, T8-3, p. 79, Fleming's Conference Hotel, Frankfurt, Germany, 13 Aug. 2015. DOI: 10.4172/2157-7439.S1.021 (invited)
 14. V. Ryzhii, V. Mitin, T. Otsuji V. Ya Aleshkin, A.A. Dubinov, M. Ryzhii, and M.S. Shur, "Plasmonic enhancement of graphene heterostructure based terahertz detectors," META'15: The 6th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics Proceedings, pp. 1323-1324, New York, USA, 4 Aug. 2015. (invited)
 15. T. Otsuji, A. Satou, S.A. Boubanga Tombet, V. Ryzhii, V.V. Popov, V. Mitin, and M.S. Shur, "Emission and detection of terahertz radiation using two-dimensional plasmonic metamaterials," META'15: The 6th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics Proceedings, pp. 1319-1320, The City College of New York, New York, USA, 4 Aug. 2015. (invited)
 16. P. Faltermeier, P. Olbrich, W. Probst, L. Schell, T. Watanabe, S.A. Boubanga-Tombet, T. Otsuji, and S.D. Ganichev, "Helicity sensitive terahertz radiation detection by dual-grating-gate high electron mobility transistors," MSS-17: 17th International Conference on Modulated Semiconductor Structures, Tu-B2-3, Sendai, Japan, 28 July 2015.
 17. V. Ryzhii, T. Otsuji, D. Svintsov, V. Mitin, and M.S. Shur, "Giant amplification of terahertz radiation in pumped graphene bilayers," EP2DS-21: 21st International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems, Mo-PE-1, Sendai, Japan, 27 July 2015.
 18. D. A. Svintsov, Z.A. Devizorova, V. I. Ryzhii, and T. Otsuji, "Surface plasmon amplification in van der Waals heterostructures," EP2DS-21: 21st International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems, Mo-PE-91, Sendai, Japan, 27 July 2015.
 19. T. Otsuji, A. Satou, S. Boubanga-Tombet, T. Watanabe, G. Ducournau, Y.M. Meziani, W. Knap, and V.V. Popov, "Plasmonic terahertz emitters and detectors for sensing and wireless communications," Proc. PIERS 2015 in Prague: The 36th Progress in Electromagnetics Research Symposium, pp. 2247-2253, Prague, Czech Republic, 7 July 2015. (invited)
 20. G. Tamamushi, K. Sugawara, M.B. Hussin, T. Suemitsu, R. Suto, H. Fukidome, M. Suemitsu, and T. Otsuji, "High carrier mobility graphene-channel FET using SiN gate stack," CSW 2015: Compound Semiconductor Week 2015, ISCS: The 42nd International Symposium on Compound Semiconductors, Tu1AD2.4, UCSB, Santa Barbara, CA, USA, 30 June 2015.

21. V. Ryzhii, D. Svintsov, T. Otsuji, V. Mitin, and M.S. Shur, "Enhancement of terahertz gain in optically and electrically pumped graphene bilayers due to interband indirect transitions," EDISON: the 19th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, Mo I-4, Salamanca, Spain, 29 June 2015.
22. A. Satou, Y. Koseki, V. Ryzhii, V.V. Popov, and T. Otsuji, "Computational study of plasmon instabilities in dual-grating-gate graphene transistor," EDISON: the 19th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, Mo P-10, Salamanca, Spain, 29 June 2015.
23. S. Boubanga Tombet, D. Yadav, T. Watanabe, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz emission in a double-graphene-layer heterostructure," EDISON: the 19th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, Mo II-2 (1 page), Salamanca, Spain, 29 June 2015.
24. T. Yoshida, S. Hatakeyama, N. Yasukawa, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "65-nm gate InGaAs-HEMTs with slant field plates," CSW 2015: Compound Semiconductor Week 2015, IPRM: The 27th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, Mo4PP-E.15, UCSB, Santa Barbara, CA, USA, 29 June 2015.
25. N. Yasukawa, S. Hatakeyama, T. Yoshida, T. Kimura, T. Matsuoka, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "Drain depletion length in InAlN/GaN MIS-HEMTs with slant field plates," CSW 2015: Compound Semiconductor Week 2015, IPRM: The 27th International Conference on Indium Phosphide and Related Materials, Mo4PP-E.2, UCSB, Santa Barbara, CA, USA, 29 June 2015.
26. K. Sugawara, T. Kawasaki, M.B. Hussin, G. Tamamushi, M. Suemitsu, H. Fukidome, K. Iwatsuki, T. Suemitsu, V. Ryzhii, T. Otsuji, J. Kani, J. Terada, and S. Kuwano, "Photonic frequency conversion using graphene FETs for future fully coherent access network," OECC: The 20th OptoElectronics and Communications Conference, JSuB.05, pp. 1-3, Everbrite Convention Center, Shanghai, China, 28 June 2015. DOI: 10.1109/OECC.2015.7340108
27. D. Yadav, S. Boubanga Tombet, T. Watanabe, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz emitters and detectors based on double-graphene-layer Van der Waals heterostructures," DRC: the 73rd Device Research Conference Digest, VII-A.3, pp. 271-272, Ohio State Univ., Ohio, USA, 24 June 2015. DOI: 10.1109/DRC.2015.7175678
28. S. Boubanga Tombet, "Plasmon-resonant terahertz emitters and detectors and their system applications," 2015-Collaborative Conference on 3D and Materials Research (CC3DMR) Proc., pp. 160-164, BEXCO, Busan, South Korea, June 16, 2015. (invited)
29. Taiichi Otsuji, Stephane Boubanga-Tombet, Akira Satou, Takayuki Watanabe, Victor Ryzhii, Maxim Ryzhii, Vyacheslav V. Popov, Alexander A. Dubinov, Vladimir Mitin, and Michael Shur, "Terahertz wave generation using graphene and III-V semiconductor heterostructures," RJUS TeraTech-2015: The 4th Russia-Japan-USA Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies, No. 1.6, IMT, ISSP, Chernogolovka, Russia, 11 June 2015. (invited)
30. M. Ryzhii, V. Mitin, D. Svintsov, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Effective suppression of intraband (Drude) terahertz absorption in hybrid graphene-quantum dot heterostructures with population inversion," RJUS TeraTech-2015: The 4th Russia-Japan-USA Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies, No. 4.2, IMT, ISSP, Chernogolovka, Russia, 11 June 2015. (invited)
31. V. Mitin, A. Sergeev, T. Yore, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "THz/IR sensing based on 2DEG in multilayer-graphene and metal dichalcogenide structures," RJUS TeraTech-2015: The 4th Russia-Japan-USA Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies, No. 4.3, IMT, ISSP, Chernogolovka, Russia, 11 June 2015. (invited)
32. A. Satou, Y. Koseki, V. Ryzhii, V.V. Popov, and T. Otsuji, "Computational study of graphene plasmons: damping mechanisms and instabilities," RJUS TeraTech-2015: The 4th Russia-Japan-USA Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies, No. 1.7, IMT, ISSP, Chernogolovka, Russia, 11 June 2015. (invited)

33. S. Boubanga Tombet and T. Otsuji, "Emission and detection of THz radiation using graphene and III-V semiconductor heterostructures," CMOS-ETR: Int. Symp. On CMOS Emerging Technologies Research, O2-5, Vancouver, Canada, 20 May 2015.
34. T. Kawasaki, K. Sugawara, A. Dobroiu, H. Wako, T. Watanabe, T. Suemitsu, V. Ryzhii, K. Iwatsuki, S. Kuwano, J. Kani, J. Terada, and T. Otsuji, "InGaAs channel HEMTs for photonic frequency double mixing conversion over the sub-THz band," IMS: Int. Microwave Symposium Dig., pp. 1-4, Phoenix Convention Center, Phoenix, AZ, USA, 20 May 2015. DOI: 10.1109/MWSYM.2015.7166896
35. D. Yadav, S. Boubanga Tombet, T. Watanabe, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz emission in double-graphene-layer structure," CLEO: Int. Conf. on Lasera and Electro-Optics Tech. Dig., STu2H.3, San Jose, 12 May 2015. DOI:10.1364/CLEO_SI.2015.STu2H.3
36. T. Otsuji, A. Dubinov, M. Ryzhii, S. Boubanga Tombet, A. Satou, V. Mitin, M.S. Shur, V. Ryzhii, "Graphene active plasmionics for terahertz device applications," SPIE Defense + Security, and Sensing Technology + Applications, Conference 9476 on Automatic Target Recognition XXV, 9476-39, Baltimore, MD, USA, 22 April 2015; Proc. SPIE, Vol. 9476, pp. 94760Y-1-11, April 20, 2015. DOI: 10.1117/12.2185118 (invited)

5.C ナノ分子デバイス基盤技術関連

Nano-Molecular Devices

C1 ナノ分子デバイス（庭野道夫）

Nano-Molecular Devices (M. Niwano)

C1 ナノ分子デバイス（庭野道夫） Nano-Molecular Devices(M. Niwano)

1. 有機分子デバイスの表面・界面のナノスケール解析・制御
Nanometer-scale analysis and control of surfaces and interfaces of organic molecular devices

有機デバイスの表面・界面での現象をナノスケールで解析し、その動作原理を解明することにより、それらを制御し、有機デバイスの特性を向上させるための研究を行っている。
We have analyzed phenomena on surface and interface of organic devices and have elucidated the principle of their operation on a nanometer scale to improve their performance.
2. 半導体表面用いた生体機能解析
Biodynamic analysis on a semiconductor surface

Si や GaAs 半導体表面上において、細胞やたんぱく質、DNA などの生体物質を赤外吸収法を用いて高感度に検出し、生体機能の解析を行っている。
We have sensitively detected biological materials such as cells, proteins, and DNA molecules on a semiconductor surface such as Si or GaAs and we have analyzed biodynamics
3. 高感度バイオセンシング・システムの研究開発
Research and development of a high-sensitive bio-sensing system

赤外分光法を用いて溶液中で標識を用いずに生体物質を高感度に観測するためのバイオセンシング・システムの開発を行っている。
We have investigated development of a label-free bio-sensing system for high-sensitive detection of biological materials in a solution using infrared absorption spectroscopy.
4. 陽極酸化過程を用いたナノデバイスの開発研究
Research and development of fabricating nanodevices using anodization processes

トップダウンプロセスと陽極酸化過程を組み合わせることによるナノデバイスの作製に関する研究を行っている。
We have investigated fabrication of nanodevices by using both top-down processes and anodization processes.
5. 有機・無機ハイブリッド型ナノ構造体の形成と太陽電池への応用
Fabrication of organic-inorganic hybrid structures and their application to solar cells

酸化チタンナノチューブ構造体の中に多層有機薄膜構造を形成し、そのハイブリッド構造体を太陽電池に応用する研究を行っている。
We have fabricated organic-inorganic hybrid nanostructures and applied those nanostructures to hybrid solar cells.

【査読付論文】

1. Daisuke Tadaki, Teng Ma, Jinyu Zhang, Shohei Iino, Ayumi Hirano-Iwata, Yasuo Kimura, Richard Rosenberg, and Michio Niwano, “Fabrication and characterization of p+-i-p+ type organic thin film transistors with electrodes of highly doped polymer.” *J. Appl. Phys.* 119, 154503 (2016).
2. Ayumi Hirano-Iwata, Ryosuke Matsumura, Teng Ma, Yasuo Kimura, Michio Niwano, and Kazuo Nishikawa, “Interaction of plasma-generated water cluster ions with chemically-modified Si surfaces investigated by infrared absorption spectroscopy.” *AIP Advances*, 6, 035017 2016.
3. Teng Ma, Daisuke Tadaki, Masao Sakuraba, Shigeo Sato, Ayumi Hirano-Iwata and Michio Niwano, “Effects of interfacial chemical states on the performance of perovskite solar cells”, *J.*

Mater. Chem. A, 4, 4392-4397, 2016.

4. Ryosuke Matsumura, Hideaki Yamamoto, Michio Niwano, and Ayumi Hirano-Iwata, "An electrically resistive sheet of glial cells for amplifying signals of neuronal extracellular recordings." Appl. Phys. Lett., 108, 023701 2016.
5. Hideaki Yamamoto, Takanori Demura, Kohei Sekine, Sho Kono, Michio Niwano, Ayumi Hirano-Iwata, Takashi Tanii, "Photopatterning Proteins and Cells in Aqueous Environment Using TiO₂ Photocatalysis." Jove-Journal of Visualized Experiments, 104, e53045, 2015.
6. 庭野 道夫, 平野 愛弓赤外分光、「その場」解析法によるバイオ計測”、分析化学, 64, 793-800 2015.
7. Daisuke Tadaki, Teng Ma, Jinyu Zhang, Shohei Iino, Ayumi Hirano-Iwata, Yasuo Kimura, and Michio Niwano , "Molecular doping of regioregular poly(3-hexylthiophene) (P3HT) layers by 2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane (F4-TCNQ) investigated by infrared spectroscopy and electrical measurements." Jpn. J. Appl. Phys., 54, 091602, 2015.
8. Teng Ma, Matteo Cagnoni, Daisuke Tadaki, Ayumi Hirano-Iwata, and Michio Niwano "Annealing-induced chemical and structural changes in tri-iodide and mixed-halide organometal perovskite layers." J. Mater. Chem. A, 3, 14195-14201 2015.
9. Ayumi Hirano-Iwata, Yutaka Ishinari, Hideaki Yamamoto, Michio Niwano, "Micro- and nano-technologies for lipid bilayer-based ion-channel functional assays ." Chem. Asian J., 10, 1266-1274 2015.

【国際会議発表】

1. Daisuke Tadaki, Shohei Iino, Teng Ma, Jinyu Zhang, Yasuo Kimura, Michio Niwano, "Improvement of electrical characteristic of P3HT organic electrochemical transistors with ionic liquid by slow cooling in annealing process", 226th Meeting of the Electrochemical Society, Cancun, Mexico, 2014, Oct. 5-9.
2. A. Hirano-Iwata, "Reconstitution of Ion Channel Functions in Microfabricated Silicon Chips", Joint Symposium of Sendai Symposium on Analytical Sciences 2015 and Tohoku Univ. -IMEC Seminar 2015, Sendai, November 13, 2015.
3. H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, M. Niwano, "Manipulating Neuronal Cells in situ by TiO₂-Assisted Photocatalytic Lithography," 9th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2015), Mie, December 10-12, 2015.
4. K. Fukumoto, Y. Ishinari, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, R. Tero, "Reconstitution of Proteoliposome Containing Human ether-a-go-go-Related Gene Channel into Supported Lipid Bilayer," Eighth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE8), Tokyo, June 22, 2015.
5. A. Hirano-Iwata, H. Yamamoto, M. Niwano, "Reconstitution of Ion Channel Functions in Microfabricated Silicon Chips," A*MIDEX-JSPS International Workshop, Marseille, July 10, 2015.
6. R. Matsumura, H. Yamamoto, H. Takaoki, S. Katsurabayashi, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, "Quantitative Analysis of Synapse Formation in Micropatterned Neuronal Networks," A*MIDEX-JSPS International Workshop, Marseille, July 10, 2015.
7. T. Ma, D. Tadaki, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, "Interfacial Modification for Highly Efficient Perovskite Solar Cells," 2015 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, Dec. 3, 2015.

6. 参考資料

- 6-1 施設のクリーンルームと装置の概要
- 6-2 施設の利用状況（平成27年度）
- 6-3 ナノ・スピニ工学研究会
国際シンポジウムプログラム

6-1 施設の代表的装置の概要

a-1) ナノ・スピニ電子ビーム・リソグラフィ関連

- | | |
|---|---|
| □ ナノ・スピニ電子描画システム | 日本電子 JBX-9300SA |
| ●用途 ナノスケールのパターン描画 | |
| ●性能 加速電圧: 100 kV
最小線幅: 20 nm
ウェハサイズ: 5mm 角～300mm ϕ | |
| □ ナノ・スピニ縮小投影露光システム | ニコン NSR-2005i10C |
| ●用途 縮小投影露光による微細レジストパターンの形成 | |
| ●性能 露光源: i線
投影倍率: 1/5
ウェハサイズ: 33mm ϕ 、2 インチ ϕ
レチクルサイズ: 6 インチ角 | |
| □ マスクアライナー | カールズス MJB4 |
| ●用途 集積回路試作用フォトレジストパターンの形成 | |
| ●性能 基板サイズ 5 mm角から最大 4 インチ角
マスクサイズ 2 インチ角から 5 インチ角
紫外線露光照度 25mW/cm ²
露光分解能 0.8 μ m ライン／スペース(バキュームコンタクト時) | |
| □ 走査型電子顕微鏡(SEM) | 日本電子 JSM7401-FT |
| ●用途 薄膜表面極微細構造解析 | |
| ●性能 ·2次電子像分解能
·像種
·倍率
·加速電圧
·プローブ電流 | 加速電圧 15kV : 1.0 nm 保証
1kV GB モード : 1.5 nm 保証
二次電子像、反射電子像、二次電子+反射電子像、エネルギーfiltration像
$\times 25 \sim 19,000$ 、SEM モード : $\times 100 \sim 1,000,000$
自動倍率補正機能、倍率瞬時切替機能、像回転補正機能付き
LM、SEM モード : 0.5~30kV、GB モード : 0.1~4kV
$10^{-13} \sim 2 \times 10^{-9}$ A |
| □ マスク電子ビーム描画装置システム | 日本電子 JBX-9000ZB(A) |
| ●用途 電子ビームを用いたマスク作製及びウェーハへの直接描画 | |
| ●性能 最大加速電圧: 50 kV
ビーム電流密度: 10 A/cm ²
图形精度: 0.02 μ m
最小寸法: 0.1 μ m
マスクサイズ: 2.5, 6 インチ ϕ
ウェハ径: 2, 3 インチ ϕ , 33mm ϕ | |

□ プラズマアッシャー ヤマト科学

- 用途 試料表面のクリーニングやアッシング
- 性能 プラズマモード:DP/RIE
最大出力:1000W
ガス:酸素
カーブトレーサモード可

a-2) 化合物半導体プロセス装置関連

□ 化合物 MBE(VG) VG V80H

- 用途 化合物半導体薄膜(GaAs/AlAs, InAs/GaSb)のエピタキシャル成長
- 性能 ・ウェハサイズ 2インチ(最大3インチ) 任意形状(In 半田付け)
2インチあるいは2インチウェハの1/4 (In Free)
- ・蒸着源 成膜室1 Ga, In, Al × 2, As × 2, Sb, Si, Be, (Te)
成膜室2 Ga, Al × 2, As, Si

□ SiO₂堆積用プラズマCVD装置 日本真空

- 用途 SiO₂の成膜
- 性能 ・到達真空度:
反応室: 3×10^{-7} Torr 以下。
準備室: 2×10^{-6} Torr 以下
- ・基板加熱 最高 400°C
- ・反応ガス種 SiH₄, N₂O
- ・膜厚分布 2インチウェハ内で±4%以下

□ Si₃N₄堆積用プラズマCVD装置 日本真空

- 用途 化合物半導体基板への絶縁膜(シリコン窒化膜)の形成
- 性能 ・処理能力
Φ2インチ基板 1枚/バッチ
Φ33 基板 1枚/バッチ
不定形試料には、基板用ホルダを変えることで対応
- ・基板加熱温度 反応室 最高 400°C
準備室 最高 300°C
- ・RF電力 発振周波数 13.56MHz
最高 200W
- ・導入ガス SiH₄, NH₃, Ar, N₂, O₂

□ 絶縁膜用ドライエッチング装置(RIE) 日本真空

- 用途 化合物半導体ウェハー上のシリコン窒化膜、シリコン酸化膜のエッチング
- 性能 ガス種 CF₄, O₂, H₂
到達圧力 1.3×10^{-5} Pa 以下
プロセス圧力 0.67~13.3Pa 以下
基板冷却機構 -30°C~25°C
基板処理枚数 Φ2インチ基板×1枚/バッチ

- 多目的電子ビーム蒸着装置(n型蒸着器)** 日本真空
- 用途 化合物半導体にp型及びn型電極材料を電子ビーム・抵抗加熱で蒸着し、熱処理を行う。
 - 性能
 - ・n型金属蒸着用電子ビーム蒸着装置
 - ウェハサイズ 不定形(最大2インチ)
 - 電子ビーム蒸着源数 1
 - 抵抗加熱蒸着源数 2
 - ・p型金属蒸着装置
 - ウェハサイズ 不定形(最大2インチ)
 - 蒸着源数 3
 - ・n/p型用赤外線熱処理装置
 - ウェハサイズ 不定形(最大2インチ)
 - 加熱温度 900°C±5°C以内
 - 雰囲気ガス 窒素、アルゴン、水素
- イオン発生システム(ECR-RIE)** 日本真空
- 用途 Cl₂ガスを用いた化合物半導体等の異方性エッチング
 - 性能
 - ・チャンバ構成 エッチング室、ロードロック室
 - ・到達真空度 10⁻⁸Torr 台
 - ・動作圧力 10⁻³~10⁻⁵Torr
 - ・基板サイズ 2インチ、及び不定形
 - ・エッチング速度 ~2000Å/min(GaAs)
 - ・エッチング分布 2インチ基板内±10%以下
 - ・基板冷却 基板ホルダー水冷式
 - ・イオン源 ECRパケット型
 - ・イオンエネルギー 200~1000V
 - ・プロセスガス Cl₂、Ar、O₂
- 半導体パラメータアナライザ** ソニーテクトロニクス
- 用途 半導体電子デバイス等の電気的特性の評価
 - 性能
 - ・ソースモニタユニット数 6
 - ・分解能 8mV 4fA
 - ・最大電圧・電流 200V 100 mA
 - ・カーブトレーサモード可
- 高機能マイクロカーティン測定装置** ネオアーク
- 用途 約2μmφの領域における面内および極kerr効果の測定
 - 性能
 - 光源:半導体レーザ 波長 650 nm
 - レーザスポットサイズ:約2μmφ
 - 最大印加磁場:1.0T
 - 温度:1.5K~400K(室温以下は液体He使用)
 - ステージ空間分解能 1μm
- 多機能薄膜材料評価X線回折装置(2次元検出器付 XRD)** Bruker
- 用途 強力X線源と2次元検出器を用いた高速なX線回折測定
 - 性能
 - X線源:Cu
 - 検出器:シンチレーション検出器、2次元検出器
 - 試料ステージ:5軸試料ステージ

□ 接触段差計 (Dektak150) アルバック

- 用途 試料方面に形成された段差、上面形状、表面粗さなどの評価
- 性能 試料サイズ: 150 mm ϕ 以下
高さ方向分解能: 0.1nm (@6.55 μ m range)

□ マイクロプローブ式低温ホール効果測定装置 理工貿易

- 用途 半導体材料・ヘテロ構造におけるキャリア移動度・キャリア密度の評価
- 性能 測定方法: Van der Pauw 法
ステージ温度範囲: 20K ~ 400K
最大印加磁界強度: 0.4T

a-3) シリコンプロセス装置関係

□ ナノヘテロ界面処理加工システム

- 用途 Si-Ge-C 系半導体ナノヘテロ構造形成及びその界面処理などの加工を行う。
- 性能 Si-Ge 系薄膜のエピタキシャル成長や不純物ドーピングが可能。
300~1100°C での各種ガス雰囲気中での熱処理が可能。

□ ナノヘテロ分析システム

- 用途 Si-Ge-C 系半導体ナノヘテロ構造の高精度分析を行う。
- 性能 Si-Ge-C 系半導体ナノヘテロ構造の原子結合・歪状態(レーザラマン分光システム)、薄膜積層構造(分光エリプソメータ)、電気抵抗(4探針法抵抗率測定器)の評価分析が可能。

□ 半導体電気磁気複合特性測定システム HP 他組上システム

- 用途 直流ホール効果測定用
- 性能 磁場強度 6.9kOe(ギャップ 60mm 時)。クライオスタットにより試料台温度を 10K まで冷却可能。

□ 常圧 CVD 装置

- 用途 热 CVD 法により SiO₂、PSG、BSG の薄膜形成を行う。
- 性能 200~400°C での热 CVD 法 により、SiO₂、PSG、BSG を形成可能 (2チャンバー)。
バッチ内膜厚分布 $\pm 5\%$ 以内。

□ 原子スケール評価分析システム (AFM/STM) オミクロン

- 用途 半導体プロセスの原子スケール評価分析等用。
- 性能 超高真空 STM、コンタクトモード AFM、ノンコンタクトモード AFM。
LEED、オージェ、XPS 等可能。試料通電加熱可能。
装置接続延長管付

□ Si 系 RIE

- 用途 シリコン加工用ドライエッチング装置(アネルバ EMR510 特)
Si 基板上の Si 系半導体のエッチングを行う。
SiO₂ 加工用ドライエッチング装置(アネルバ DEM-451 特)
Si 基板上の Si および SiO₂ のエッチングを行う。
メタル加工用ドライエッチング装置(アネルバ L-451DA-L)
Si 基板上の金属のエッチングを行う。
- 性能 シリコン加工用ドライエッチング装置
Si 基板上の Si 系半導体のエッチングが可能(ECR型)。最大 6 インチウェハ。試料皿にのる
不定形ウェハ可能。補助磁場印加、RF バイアス印可可能。
導入ガス: Cl₂、SiCl₄、BCl₃、SF₆、O₂、H₂、N₂、Ar
SiO₂ 加工用ドライエッチング装置
Si および Si 基板上の SiO₂ のエッチングが可能 (RF 励起平行平板型)。
導入ガス: CF₄、SF₆、O₂、H₂、N₂、Ar
メタル加工用ドライエッチング装置
Si 基板上の金属のエッチングが可能 (RF 励起平行平板型)。
エッチング室用ガス: N₂、Ar、H₂、BCl₃、SiCl₄、Cl₂、CF₄、SF₆、O₂
アッシング室用ガス: O₂、N₂

□ X 線光電子分光装置 (ESCA)

SSI SSX-100、Kratos
AXIS-NOVA

- 用途 SSI SSX-100 表面元素分析用
Kratos AXIS-NOVA 表面元素分析用、表面元素分布イメージング用
- 性能 SSI SSX-100
単色化 X 線源(ALK α)
最少分析領域 150 μm
最少パスエネルギー 25eV
最高エネルギー分解能 0.58eV(Ag 3d 5/2)
Kratos AXIS-NOVA
単色化 X 線源(AIK α)
スペクトルモード: 最少分析領域 15 μm
最少パスエネルギー 5eV
最高エネルギー分解能 0.48eV(Ag 3d 5/2)
イメージングモード: 最高空間能 3 μm

□ ワイドレンジナノ形状測定システム

島津製作所 FT-3500

- 用途 表面ナノ形状測定用
- 性能 レーザー顕微鏡部
408nm 紫外半導体レーザスキャン方式
最大光学ズーム倍率 6 倍
観察視野 21~560μm 最高ピクセル分解能 21nm
プローブ顕微鏡部
AFM(コンタクト、ダイナミック、位相)モード
表面電位モード
電流モード
磁気力モード
最大走査範囲(水) 30 μm × 30 μm × (高さ) 4 μm
最高制御分解能(水平) 0.45 μm × (高さ) 0.06 μm

a-4) 配線プロセス関係

□ ナノ・スピニメタルスパッタリングシステム	アネルバ EVP-38877
●用途 半導体集積プロセスにおける配線用 Al/Ti 薄膜の成膜	
●性能 ターゲット材 Al-Si(1%)、Ti 基板ホルダ 33ミリφ、2インチφ、4cm 角以下のカットウェハ等 処理枚数 33ミリφウェハ 25枚/ロット 膜厚分布 φ200ミリ内±5%以内 到達真空度 3×10^{-6} Pa(スパッタ室)	
□ アナライザー	アジレント HP-4156C
●用途 トランジスタの電圧-電流特性等各種電子デバイスの電気特性の測定	
●性能 高分解能電圧電流ソース・モニタ・ユニット(1fA/2μV-100mA/100V) × 4 電圧測定ユニット×2 電圧源ユニット×2	
□ ボンダー	ウェストボンド 7476D
●用途 集積化チップとパッケージ間の信号線配線	
●性能 ワイヤー Al、Au 最大倍率 60倍の可変ズーム顕微鏡 始点・終点の超音波出力／発生時間の独立設定が可能 パッケージの加熱可能	
□ マスクアライナー	カールズス MJB4
●用途 集積回路試作用フォトレジストパターンの形成	
●性能 基板サイズ 5mm 角から最大 4インチ角 マスクサイズ 2インチ角から 5インチ角 紫外線露光照度 25mW/cm ² 露光分解能 0.8 μm ライン/スペース(バキュームコンタクト時)	
□ スパッタ装置	アネルバ
●用途 高密度金属配線形成、金属電極形成、シリサイド用高融点金属薄膜形成	
●性能 φ4"カソード × 3基 最大搬送基板サイズ: φ4" 基板加熱: MAX350°C 到達真空度: 3×10^{-6} Pa 以下	
□ 热処理炉	東京エレクトロン
●用途 ゲート酸化膜、フィールド酸化膜の形成、SiO ₂ 、PSGなどの熱処理、イオン注入後の熱処理、シンタリング、アロイング	
●性能 O ₂ 、N ₂ 、Ar、H ₂ 、H ₂ +O ₂ 雰囲気中での熱処理が可能。 ヒータ加熱方式 600°C~1050°C: 4体 200°C~800°C: 2体	

□ 金属蒸着装置

日本シード研究所 M95-0019

- 用途 金属薄膜(アルミニウム)の蒸着(抵抗加熱型)
- 性能 蒸着源ポート数:2
対応ウェハサイズ:33mm ϕ 、2"、6"、8"
膜厚コントローラによる蒸着レートの制御が可能
基板回転機構付き

□ LSI テスタ

HP9494

- 用途 アナログ及びデジタル LSI チップの動作測定・検証
- 性能 HP9494A ミックスドシグナル LSI テストシステム
30MHz 12Bit 任意波形発生器
1MHz 16Bit デジタイザ

□ CAD システム

セイコー電子 SX-9000

- 用途 集積回路パターン作製用 CAD
- 性能 •SX9000 による CAD パターン作製
•JEOL52 フォーマットへの CAD データコンバート機能

□ 表面ナノ加工装置

日本ビーコ

- 用途 走査型プローブ顕微鏡の探針によるナノメートルスケールの加工機能及びマニピュレーション及び走査型プローブ顕微鏡による各種プローブ顕微鏡像の観察
- 性能 最大試料サイズ:210 mm
ステージ可動範囲:180 mm × 150 mm
最大走査範囲:XY:80 μ m, Z:9 μ m
ナノマニピュレーション機能:スクラッチ、陽極酸化
プローブ顕微鏡:STM、AFM(コンタクト、タッピング、摩擦力、電流)、FEM、SPoM、SCM、MFM

□ 非接触段差・粗さ計測装置

レーザーテック

- 用途 試料表面のマイクロメートルからナノメートルスケールの段差や粗さを非接触にて測定する
- 性能 ピクセル数:2048 × 2048
階調:16 ビット
共焦点顕微鏡機能による高さ測定機能(測定精度(σ):0.02 μ m)
ミラウ型干渉による微細形状計測機能(測定精度(σ):0.0007 μ m)

□ イオンビーム加工解析装置(FIB-SEM)

SII-NT NVision40(A)

- 用途 集束イオンビームによる微細加工と SEM 観察
- 性能 Ga イオンビーム最大加速電圧:30kV
電子ビーム最大加速電圧:30kV
Ar イオンビーム最大加速電圧:1kV
堆積可能膜:Pt,C,SiO₂
二次イオン質量分析器(SIMS)
エネルギー分散型 X 線分光器(EDS)
走査透過型電子顕微鏡(STEM)機能
TEM 試料作製用マニピュレータ
最大サンプルサイズ:3 インチ ϕ

□ レーザー直接描画装置

ネオアーク

- 用途 フォトリソグラフィ用レジストに直接描画する
- 性能 レーザー光源波長:375nm
最少描画線幅:1 μm
最大描画範囲:50 mm × 50 mm

□ ナノ立体加工装置(AFM)

エスアイアイ・ナノテクノロジー(株) SPA400

- 用途 原子間力顕微鏡像の取得及びその解析
- 性能 AFM(コンタクトモード)、DFM(ノンコンタクトモード・サイクリックコンタクトモード・フェーズモード)
最大試料サイズ:35 mm φ
走査範囲:20 μm、150 μm

6－2 施設の利用状況(平成27年度)

平成27年度 ナノ・スピニ実験施設 利用登録状況

平成28年3月31日まで
ナノ・スピニ実験施設

	A/B	研究室名	利用責任者	登録者名	人数
常駐研究室	A	大野研	金井 駿	大野教授 松倉教授 池田教授 佐藤(英)准教授 深見准教授 金井助教 (助手) SachinGupta (PD) BELSWEILER (研究員) イルビオエライ (通研リサーチフェロー) 張 (研究支援員) 平田 岩沼 川戸 後藤 (技術支援員) 五十嵐 (D2) 張 石川 (D1) Alecsandr 岡田 DUTTAGUPTA 都澤 (M2) 平山 渡部 姉川 (ホストク) Kim (B3) 金村 (M1) 土肥 岩渕 大島 (B4) 藤井 大河原 篠原 篠崎 五十嵐 高平 (研究生) WilliamANDREW	36
	A	庭野研	庭野道夫	庭野教授 馬助教 (D3) 三好 (M2) 千田 山田 (B4) 吉田(真) 大堀 安部 ジミス・ファビオ・アキラ (研究員) 阿部 (B3) 出口 菅野	21
				平野愛弓 平野准教授 山本助教 (研究員) 但木 石橋 (D1) 松村 荒木 (B4) 田名部 荒田 井出	
	A	佐藤研	秋間学尚	佐藤教授 櫻庭准教授 秋間助教 (D2) 上野 (D1) 李 刑部 (M2) 岩橋 佐々木 茂木 (M1) 守谷 (B4) 栗原 手塚	12
非常駐研究室	A	尾辻研	末光哲也	尾辻教授 末光准教授 佐藤助教 (M2) 菅原 玉虫 (M1) 満塙 邊見 糖谷 (B4) 細谷	9
	A	共通部	森田伊織	森田技術職員 小野技術職員	2
	A'	末光研	吹留博一	吹留准教授 長澤客員教授 (研究員) 舘野 GUNASEKARAN 吉本 三橋 (D3) 朴 (D1) Kim (M2) 田島 長谷川 (M1) 大美賀 (B4) 大谷 高橋 遠藤 (研究支援員) 佐々木	15
	B	新田研(工)		好田 誠 好田准教授 (D3) 大杉 長澤 (D1) 中川原 柳 (M2) 高砂 青木 吉住 (M1) 蒲生 MINSIK WANG MENG (B4) 飯笛 斎藤 佐々木 鈴木 松本 間野	17
	B	安藤研(工)	大兼幹彦	大兼准教授 佐藤技術職員 (D3) 飯浜 小野 (M2) 佐々木 (B4) 福田 向山 我妻	8
	B	遠藤研	村口正和	村口助教 (研究員) 東	2
	B	高桑研(多)	小川修一	小川助教 (D3) 尾白 唐 (D2) 阿加 (M1) 杉本 (B4) Zhen 多賀	7
	B	松岡研	谷川智之	谷川助教 片山准教授 離谷助教 木村教育研究支援者 (D1) プラスラットスック (M1) 三浦 川島 野々田 (B4) 田中 阿部	10
研究施設	B	石山研	柄修一郎	柄准教授 (研究生) 本多 (D3) 林 (M1) 横井 那賀川 (B4) 松本 久保 (研究員) 荒井	8
	B	長研	平永良臣	平永助教 (M2) 陳 (M1) 陳	3
	B	鶴尾研(工)	川島和之	川島助教 (M2) 千葉 伊藤	3

合計

153

時間利用対応装置共通利用

プロジェクト対応装置・研究室持込装置利用時間

佐藤・櫻庭の利用時間に含まれる。

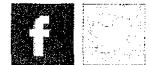
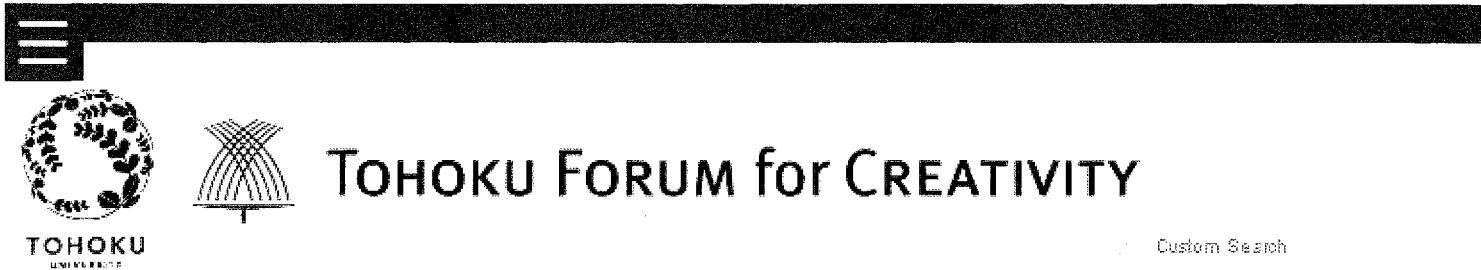
プロジェクト対応装置・研究室持込み装置保有時間

6-3 ナノ・スピニ工学研究会

21世紀に求められる高度な情報通信の実現には、ナノテクノロジーに基づく材料デバイス技術からシステム構築までの総合科学が必要である。「ナノ・スピニ実験施設」は、この情報通信を支える総合科学技術の中の、ナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピニを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究を総合的・集中的に推進することを目的に、本研究所附属研究施設として平成16年4月1日に設置された。本研究会は、この施設を中心に関連して得られた成果にもとづき、広くナノエレクトロニクス・スピントロニクスに関する科学技術に関して十分議論することを目的としている。平成27年度は以下のように計9回の講演会を実施した。

- 第77回 平成27年6月22日 13:00-15:30
「ダイヤモンド半導体と高周波パワーデバイス研究の最近の進展」
嘉数 誠（佐賀大学グリーン・エレクトロニクス研究所・所長）
「超音波診断装置向け耐圧横型MOSFET技術」
三好智之（社会人博士課程、庭野研）
- 第78回 平成27年7月31日 10:00-11:00
「Resonant indirect exchange interaction」
Dr. Igor Rozhansky (Ioffe Institute, St. Petersburg, Russia)
- 第79回 平成27年8月31日 15:00-16:00
「Magnetism and Related Phenomena in 2D & 3D Materials, Metamaterials and Heterostructures」
Dr. Justin Llandro (University of Cambridge, UK)
- 第80回 平成27年10月6日 17:00-
「Micromagnetic Simulation」
仲谷栄伸先生（電気通信大学情報理工学部教授、東北大学電気通信研究所客員教授）
- 第81回 平成27年11月12日 10:00~11:00
「"Efficient Emulation of Spiking Neural Networks with SIMD and pipeline serial AER mapped on FPGAs"」
Prof. Jordi Madrenas (Technical University of Catalunya)
- 第82回 平成27年12月21日 13:18:10 12月22日 9:00-15:35
「小面積D帯CMOS作動増幅器の設計」他21件
原 紳介（NICT）・片山光亮・高野恭弥・渡邊一世（広島大）・関根徳彦・笠松章史・（NICT）・吉田毅・天川修平・藤島実（広島大）
- 第83回 平成27年11月26日 16:40-17:40
「Topology - from the perspective of Materials science」
Professor Claudia Felser
(Max Planck Institute of Chemical Physics for Solids, Dresden, Germany)
- 第84回 平成28年2月1日 13:00-14:30
「SiCエピタキシャル成長技術とパワー半導体素子の性能実証」
長澤 弘幸（東北大学電気通信研究所）
- 第85回 平成28年2月4日 16:00-17:30

「Magnetic domain walls in thin-film nanostructures:
Statics, dynamics, and emerging applications」
Professor Geoffrey Beach
(MIT Department of Materials Science and Engineering, Cambridge, MA, USA,
東北大学電気通信研究所客員准教授)



Thematic Programs

Spintronics: from Mathematics to Devices

International Workshop : Spintronics (13th RIEC International Workshop on Spintronics)

Information

Date

November 18, 2015 – November 20, 2015

Place

Conference Room, Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University [\[Access\]](#)

Workshop description

This workshop will cover a wide range of recent progress in spintronics, from fundamental physics to devices for applications. Top researchers from all over the world are invited to present a comprehensive overview of what is happening in this field.

Workshop Poster

- Download [PDF]

Workshop Program

- At glance
- Download [PDF]

- Full
- Download [PDF]

Confirmed invited speakers

- Johan Åkerman (University of Gothenburg)
- David Awschalom (University of Chicago)
- Geoffrey Beach (Massachusetts Institute of Technology)
- Tomasz Dietl (Polish Academy of Sciences)
- Claudia Felser (Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids)
- Shunsuke Fukami (Tohoku University)
- Julie Grollier (Université Paris-Sud)
- Masamitsu Hayashi (National Institute for Materials Science)
- Burkard Hillebrands (TU Kaiserslautern)
- Masashi Kawasaki (University of Tokyo)
- Charles Lambert (Université de Lorraine)
- Aurélien Manchon (King Abdullah University of Science and Technology)
- Shigemi Mizukami (Tohoku University)
- Teruo Ono (Kyoto University)
- Mikihiko Oogane (Tohoku University)
- Stuart Parkin (IBM)
- Masafumi Shirai (Tohoku University)
- Andrei Slavin (Oakland University)
- Gen Tatara (RIKEN)
- Kang Wang (University of California, Los Angeles)
- Dieter Weiss (Universität Regensburg)
- Masafumi Yamamoto (Hokkaido University)

Registration

The workshop is free of charge. Those who want to participate in the workshop should register from the **registration system** by October 16 (Fri.).

Banquet

Banquet will be held on the evening of November 19 (Thu.). The fee is 5,000 JPY. The participant who wants to join the banquet also needs registration from the **registration system**.

Poster session

Poster session will be held on the afternoon of November 19 (Thu.). We will provide boards for B1 size (728 mm width x 1030 mm height) and push-pins to hang posters. The participant who wants to have a poster presentation is required to submit one page abstract by October 2 (Fri.) to

hsato@csis.tohoku.ac.jp.

Format is here.

Committee and Secretariat

Committee: H. Ohno, Y. Ando, G. E. W. Bauer, Y. Hirayama, J. Nitta, K. Takanashi, F. Matsukura

Local staffs: H. Sato, S. Fukami and S. Kanai

Secretariat: N. Sato, Y. Jidai

Chairs

Hideo Ohno

(Professor, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University)

Time Schedule

Wednesday, November 18

8:15 – 9:00	Registrations
9:00 – 9:15	Hideo Ohno (Organizer, Tohoku University) Opening
9:15 – 10:00	Stuart Parkin (Max Planck Institute of Microstructure Physics, Martin Luther University Halle-Wittenberg) Racetrack Memory: ready for take-off!
10:00 – 10:20	Gen Tatara (RIKEN Center for Emergent Matter Science) Spin electromagnetic field induced by Rashba interaction
10:20 – 10:50	Break
10:50 – 11:20	Aurelien Manchon (King Abdullah University of Science and Technology) Spin-Orbit Torques in Novel Materials
11:20 – 11:40	Mikihiro Oogane (Tohoku University) Tunnel magneto resistance effect in MTJs with Mn-based ordered alloys
11:40 – 11:50	Photo
11:50 – 14:00	Lunch
14:00 – 14:30	Burkard Hillebrands (Technische Universität Kaiserslautern) Novel transport phenomena using magnonic Bose-Einstein condensates
14:30 – 14:50	Shigemi Mizukami (Tohoku University) Laser-induced spin-wave propagation in magnetic films

14:50 – 15:20	Johan Åkerman (University of Gothenburg, KTH Royal Institute of Technology) Topological and non-topological dynamical solitons in spin torque and spin hall effect driven nano-oscillators
15:20 – 15:50	Break
15:50 – 16:20	Claudia Felser (Max Planck Institute Chemical Physics of Solids) Magnetism in Mn-rich Heusler compounds
16:20 – 16:40	Masafumi Yamamoto (Hokkaido University) Half-metallic Heusler alloys as spin sources of spintronic devices
16:40 – 17:00	Masafumi Shirai (Tohoku University) Electronic Structure at Interfaces between Heusler alloys and MgO

Thursday, November 19

9:00 – 9:45	David Awschalom (University of Chicago) Quantum Technologies Based on Spins in Semiconductors
9:45 – 10:15	Dieter Weiss (University of Regensburg) Transport and magnetocapacitance in HgTe-based topological insulators
10:15 – 10:45	Break
10:45 – 11:15	Kang L. Wang (University of California, Los Angeles) Topological Insulators: Quantum Anomalous Hall and Spintronics
11:15 – 11:35	Shunsuke Fukami (Tohoku University) Spin-orbit torque switching for three-terminal spintronics devices
11:35 – 11:55	Teruo Ono(Kyoto University) Orbital Magnetism on the Dzyaloshinskii-Moriya Interaction
11:55 – 14:00	Lunch
14:00 – 14:30	Andrei Slavin (Oakland University) Mechanism of a spin current transformation in an antiferromagnetic insulator
14:30 – 15:00	Tomasz Dietl (Polish Academy of Sciences, University of Warsaw, Tohoku University) Spin-spin interactions in topological materials doped with transition metals
15:00 – 15:30	Masashi Kawasaki (University of Tokyo) Quantum Anomalous Hall Effect in Topological Insulator Heterostructures
15:30 – 17:30	Poster Session
17:30 – 18:00	Transfer

18:00 – 20:00 **Banquet**

Friday, November 20

- 9:00 – 9:30 **Geoffrey Beach (Massachusetts Institute of Technology)**
 Spin orbit torques and chiral spin textures in ultrathin magnetic films
- 9:30 – 9:50 **Masamitsu Hayashi (National Institute for Materials Science)**
 Electrically and thermally generated spin current in heavy metals
- 9:50 – 10:20 **Break**
- 10:20 – 10:50 **Charles Lambert (Université de Lorraine)**
 All-Optical Helicity-Dependent Switching in Spintronic Devices
- 10:50 – 11:20 **Julie Grollier (Universite Paris Sud)**
 Nanodevices for bio-inspired computing
- 11:20 – 11:35 **Closing**

Supported by  TOKYO ELECTRON



Tohoku Forum for Creativity, Tohoku University

Address :

2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai 980-8577 JAPAN [Access]

3rd Floor, AIMR Main
Building
TEL: +81-22-217-6091
FAX: +81-22-217-6097

1st Floor, TOKYO ELECTRON House of
Creativity
TEL: +81-22-217-6292
FAX: +81-22-217-6293

Email : creativity*ml.tohoku.ac.jp (change * to @)

The 4th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

February 23-24, 2016

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, Sendai, Japan

Name	Program	Registration	Abstract Submission	Venue & Access
------	---------	--------------	---------------------	----------------

Technical Program	Feb. 23 13:30 - 13:35 13:35 - 13:55 13:55 - 14:15 14:15 - 14:45 14:45 - 15:00 15:00 - 15:20 15:20 - 15:50 15:50 - 16:10 16:10 - 16:30 16:30 - 17:30 17:30 -	 Opening Remarks A. Hirano-Iwata, Tohoku Univ., Japan --- Session 1 (Chair: H. Yamamoto) --- [S1-1] MRI enabled activity mapping throughout the entire brain volume S. Kikuta, Y. Nakamura, Y. Yamakura, N. Homma, Y. Yanagawa, H. Tamura, J. Kasahara, <u>M. Osanai</u> , Tohoku Univ., Japan [S1-2] Surface engineering technologies for constructing and analyzing neuronal circuits <u>A. Hirano-Iwata</u> , R. Matsumura, H. Yamamoto, M. Niwano, Tohoku Univ., Japan [S1-3] Towards high-throughput acquisition of axonal-delay maps using high-density microelectrode arrays <u>U. Frey</u> , T. Bullmann, X. Yuan, A. Hierlemann, RIKEN, Japan Break (15 min) --- Session 2 (Chair: S. Katsurabayashi) --- [S2-1] Modelling spike signalling in the hippocampal axons <u>H. Kamiya</u> , Hokkaido Univ., Japan [S2-2] Function follows form: Controlling signal propagation by patterning populations of neurons <u>J. Albers</u> , K. Zobel, A. Offenhäusser, Jülich Research Center, Germany [S2-3] Spontaneous activity patterns of small neuronal ensembles <u>H. Yamamoto</u> , A. Hirano-Iwata, T. Tanii, S. Kubota, M. Niwano, Tohoku Univ., Japan Break (20 min) --- Poster Session --- [P-1] Cellular automata using a threshold coupled-lattice map model <u>S. Uenohara</u> , H. Tamukoh, T. Morie, Kyushu Inst. Technology, Japan [P-2] Simple cortical and thalamic neuron models for digital arithmetic circuit and its implementation
-------------------	--	--

T. Nanami, T. Kohno, Univ. Tokyo, Japan

[P-3] Compensating temperature-dependent characteristics of an analog silicon neuron

E. Green, T. Kohno, Univ. Tokyo, Japan

[P-4] A neural network model for detecting planar orientation and time-to-collision from local image motion

S. Moriya, H. Akima, S. Kawakami, M. Yano, K. Nakajima, M. Sakuraba, S. Sato, Tohoku Univ. Japan

[P-5] Spatial independent component analysis of optical intrinsic signal of the mouse neocortex

Y. Yoshida, M. Nakao, N. Katayama, Tohoku Univ., Japan

[P-6] Distribution of presynaptically active synapses is modulated by the number of regional astrocytes in single cultured hippocampal neuron

H. Okuda, T. Hoshiyama, S. Iwamoto, K. Takeda, S. Katsurabayashi, K. Iwasaki, Fukuoka Univ., Japan

[P-7] Equivalent circuit models of covering neurons with a cell sheet for amplifying extracellularly recorded signals

R. Matsumura, H. Yamamoto, M. Niwano, A. Hirano-Iwata, Tohoku Univ., Japan

[P-8] Live-cell identification of excitatory-inhibitory cell types of cultured cortical neurons focusing on specific axon growth length on micropatterns

S. Kono, T. Kushida, H. Yamamoto, T. Tanii, Waseda Univ., Japan

[P-9] Small world-like structure increases synchrony in computational models of cultured neuronal networks

Y. Chida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, M. Niwano, Tohoku Univ., Japan

[P-10] Effect of network topology on synchronization in modular networks of Kuramoto oscillators

F. A. Shimizu, H. Yamamoto, Y. Chida, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, M. Niwano, Tohoku Univ., Japan

Feb. 24

--- Session 3 (Chair: H. Kamiya) ---

9:00 - [S3-1] Neural circuit reorganization during epileptogenesis
9:20 R. Koyama, Univ. Tokyo, Japan

9:20 - [S3-2] Optimizing electrical stimulation for treatment of
9:50 Parkinson's disease and epilepsy

T. Netoff, V. Nagaraj, A. Holt, L. Grado, Univ. Minnesota, USA

9:50 - [S3-3] Numerical optimization of deep brain stimulation by direct
10:10 search
S. Kubota, J. Rubin, Yamagata Univ., Japan

10:10 - Break (15 min)
10:25

--- Session 4 (Chair: T. Morie) ---

10:25 - [S4-1] A modelling perspective of prefrontal cortex gamma-band
10:55 activity in a multi-item working memory task
P. Herman, Royal Inst. Technology, Sweden

10:55 - [S4-2] On the action potential propagation: Established model
11:25 and its limitations in myelinated axon
A. Martí, J. Madrenas, Technical Univ. Catalunya, Spain

11:25 - [S4-3] Brain inspired adiabatic quantum computing and learning
11:45 Y. Osakabe, S. Sato, M. Kinjo, K. Nakajima, H. Akima, M.
Sakuraba, Tohoku Univ., Japan

11:45 - Closing Remarks
11:50 S. Sato, Tohoku Univ., Japan

The symposium banquet will be held in the evening (18:00-20:00) on Feb. 23. The banquet fee (4,000 JPY) must be paid by cash (only JPY is available) at the registration desk.

Updates:

2016.02.02 Final program was uploaded.

2015.12.17 This site has been opened.

RIEC | Tohoku University | The 3rd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (2015)



RIEC

Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University

**The Joint Symposium of
10th International Symposium on
Medical, Bio- and Nano-Electronics,
and
7th International Workshop on
Nanostructures & Nanoelectronics**

**Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University**

**Organized by
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University**

**Co-Organized by
Nano-Spin Engineering Seminar
Information Biotronics Seminar**

**Cooperative Society
CREST “Construction of ion and electron nano-channels
in super-resistive lipid bilayers”, JST**

**March 1-3, 2016
Sendai, Japan**

The Joint Symposium of
10th International Symposium on Medical, Bio- and
Nano-Electronics, and 7th International Workshop on
Nanostructures & Nanoelectronics

March 1-3, 2016

**Site: Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research
Institute of Electrical Communication, Tohoku University,
Sendai, Japan**

Organizer:

Symposium Chairs

Michio Niwano, Tohoku Univ.

Shin-ichiro Umemura, Tohoku Univ.

Program Committee

Michio Niwano, Tohoku Univ.

Shin-ichiro Umemura, Tohoku Univ.

Ayumi Hirano-Iwata, Tohoku Univ.

Shin Yoshizawa, Tohoku Univ.

Organizing Committee

Shin-ichiro Umemura, Tohoku Univ.

Ayumi Hirano-Iwata, Tohoku Univ.

Shin Yoshizawa, Tohoku Univ.

Ryo Takagi, Tohoku Univ.

Teng Ma, Tohoku Univ.

Daisuke Tadaki, Tohoku Univ.

Program

March 1 (Tuesday)

Room: 4F, Conference Room, Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics

- 13:30 ~ 13:35 Opening Remarks
Michio Niwano (Tohoku University, Japan)
- (Chair: Shin-ichiro Umemura)
- 13:35 ~ 14:20 Acoustic Holography by Two-Dimensional Ultrasound Array Synthesis
Oleg A. Sapozhnikov^{1,2}, Sergey A. Tsybar¹, Vera A. Khokhlova^{1,2}, and Wayne Kreider² (¹Physics Faculty, Moscow State University, Moscow, Russia, ²Center for Industrial and Medical Ultrasound, Applied Physics Laboratory, University of Washington, Seattle, USA)
- 14:20 ~ 14:50 Reconstruction of Ultrasound Pressure Field by Combination of Optical Phase Contrast Measurement and Acoustic Holography
Shin Yoshizawa¹, Seiji Oyama¹, Jun Yasuda¹, Hiroki Hanayama¹, and Shin-ichiro Umemura² (¹Department of Communications Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan, ²Department of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan)
- 14:50 ~ 15:20 Numerical Simulation for Development of Advanced HIFU Therapy
Kohei Okita¹, Takashi Azuma², Shu Takagi², Yoichiro Matsumoto³ (¹Nihon University, Chiba, Japan, ²The University of Tokyo, Tokyo, Japan ³RIKEN, Tokyo, Japan)
- 15:20 ~ 15:35 *Coffee break*
- (Chair: Shin Yoshizawa)
- 15:35 ~ 16:20 Image Guided Therapeutic Applications of High Intensity Focused Ultrasound
Narendra T. Sanghvi, (SonaCare Medical, Indianapolis, USA)
- 16:20 ~ 16:40 Monitoring of High-intensity Focused Ultrasound Lesion Formation Using Decorrelation between High-speed Ultrasonic Images by Parallel Beamforming
Ryo Takagi¹, Ryosuke Iwasaki², Shin Yoshizawa¹, and Shin-ichiro Umemura²
(¹Graduate School of Engineering, ²Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan)
- 16:40 ~ 17:10 Plasma Agricultural Applications using Reactive Species Controlled by Atmospheric Pressure Air Discharge
K. Takashima¹, K. Shimada¹, H. Konishi¹, and T. Kaneko¹ (¹Department of Electronic Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan)

March 2 (Wednesday)

Room: 4F, Conference Room, Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics

(Chair: Teng Ma)

9:30 ~ 10:15 Self-organized TiO₂ nanotube arrays: Latest features and applications
Patrik Schmuki (Department of Materials Science WW-4, LKO, University of Erlangen-Nuremberg, Erlangen, Germany)

10:15 ~ 11:00 Emerging Applications of Nanostructured Silicon
Nobuyoshi Koshida (Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agri.& Tech., Tokyo, Japan)

11:00 ~ 11:15 *Coffee break*

(Chair: Patrik Schmuki)

11:15 ~ 11:35 Crystal growth and interfacial modification for highly efficient perovskite solar cells
Teng Ma¹, Daisuke Tadaki², Ayumi Hirano-Iwata², and Michio Niwano^{1,2}
(¹Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, Sendai, Japan, ²Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan)

11:35 ~ 11:55 Improved Process of Fabricating Silicon Chips with Micro-Apertures for Formation of Mechanically Stable Bilayer Lipid Membranes
Daisuke Tadaki¹, Ayumi Hirano-Iwata¹, Kenichi Ishibashi², Shun Araki¹, Miyu Yoshida¹, Kohei Arata¹, Takeshi Ohori³, Hideaki Yamamoto^{1,4}, and Michio Niwano³ (¹ Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan, ² Hang-Ichi Corporation, Yokohama, Japan, ³ Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, Sendai, Japan, ⁴ Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, Sendai, Japan)

11:55 ~ 13:30 *Lunch*

13:30 ~ 15:00 Poster session

(Chair: Maurits de Planque)

15:00 ~ 15:45 Polymer-Stabilized Lipid Membranes: Enabling Platforms for Nanopore Sensors and Beyond
L. Kofi Bright, Benjamin A. Heitz, Mark T. Agasid, S. Scott Saavedra and Craig A. Aspinwall
(Department of Chemistry and Biochemistry, University of Arizona, Tucson, USA)

- 15:45 ~ 16:15 Observation of Supported Lipid Bilayer Membranes Incorporated with Membrane Proteins
Ryugo Tero^{1,2}, Kohei Fukumoto¹, Yuya Suzuki¹, Yuya Niiyama¹(¹Department of Environmental and Life Sciences ²Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute, Toyohashi University of Technology, Toyohashi, Japan)
- 16:15 ~ 16:45 Integration of human ion channels in bilayer lipid membranes formed in microfabricated apertures
Ayumi Hirano-Iwata,¹ Miyu Yoshida,¹ Shun Araki,¹ Daisuke Tadaki,¹ K. Ishibashi², Hideaki Yamamoto,³ and Michio Niwano^{1,4}(¹Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan, ²Hang-Ichi Corporation, Kanagawa, Japan, ³Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, Sendai, Japan, ⁴Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, Sendai, Japan)
- (Chair: Ryo Takagi)
- 16:45 ~ 17:15 Pulse driven light-addressable potentiometric sensors for chemical imaging
Carl Frederik Werner¹, Torsten Wagner², Michael J. Schöning², Ko-ichiro Miyamoto¹, Tatsuo Yoshinobu¹ (¹Department of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan, ² Institute of Nano- and Biotechnologies (INB), FH Aachen, Jülich, Germany)
- 17:15 ~ 17:45 Non-invasive measurement of blood glucose level based on mid-infrared spectroscopy using optical-fiber probe
Saiko Kino and Yuji Matsuura (Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan)

March 3 (Thursday)

Room: 4F, Conference Room, Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics

(Chair: Ayumi Hirano-Iwata)

- 9:30 ~ 10:15 Molecular diagnostics with nanopore electronics
Maurits de Planque (Electronics and Computer Science & Institute for Life Sciences, University of Southampton, United Kingdom)
- 10:15 ~ 11:00 Sensor Arrays for Stochastic Detection from Neurotransmitters to Nanoparticles
Kay Krause, Alexey Yakushenko, Bernhard Wolfrum (¹Institute of Bioelectronics (PGI-8/ICS-8) and JARA—Fundamentals of Future Information Technology, Jülich, Germany, ²Neuroelectronics, IMETUM, Department of Electrical and Computer Engineering, Technical University of Munich (TUM), Boltzmannstr. 11, 85748 Garching, Germany & Bernstein Center for Computational Neuroscience Munich)
- 11:00 ~ 11:15 *Coffee break*
- (Chair: Michio Niwano)
- 11:15 ~ 11:45 Characterization of Exosomes using Atomic Force Microscopy and Scanning Electron Microscopy
Toshio Ogino¹, Kazuki Ito¹, Keiji Yokota¹, Yuta Ogawa¹, Sachiko Matsumura², Tamiko Minamisawa², Kanako Suga², Kiyotaka Shiba², Yasuo Kimura³, Ayumi Hirano-Iwata⁴ (¹Yokohama National University, ²Japanese Foundation for Cancer Research, ³Tokyo University of Technology, ⁴Tohoku University)
- 11:45 ~ 12:15 Characteristics of single electron device fabricated by repeated dispersion of gold nano particles
Masataka Moriya¹, Tran Thi Thu Huong¹, Kazuhiko Matsumoto¹, Hiroshi Shimada¹, Yasuo Kimura², Ayumi Hirano-Iwata³, and Yoshinao Mizugaki¹
(¹The Univ. of Electro-Comm., ²Tokyo Univ. Technology, ³Tohoku Univ.)
- 12:15 ~ 12:45 RT atomic layer deposition of TiO₂ and its application to nanoparticle coating
K. Kanomata, K. Kikuchi, B. Ahmmad, S. Kubota, F. Hirose (Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, Yamagata, Japan)
- 12:45 ~ 12:50 Closing

Poster Presentation

- [P-1] Depth Profile of B Concentration in Heavily B-Doped Si Epitaxial Film Grown on Si(100) Using ECR Ar Plasma CVD without Substrate Heating
K. Motegi, M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato
- [P-2] Characterization of Si and Si-Ge Alloy Heterostructures Formed on Si(100) by ECR Ar Plasma CVD without Substrate Heating
N. Ueno, M. Sakuraba, H. Akima and S. Sato
- [P-3] Preparation and thermoelectric properties of $\text{Cr}_{1-x}\text{Nb}_x\text{Si}_2$
H. Nagai, T. Takamatsu, Y. Iijima, K. Hayashi, Y. Miyazaki
- [P-4] Operation to motor-protein in neurons by electro-magnet
Shin Hasegawa, Kumiko Hayashi
- [P-5] Focal Spot Visualization and Treatment Evaluation in Ultrasonically Thermal Therapy Using Tissue Elasticity Imaging
Ryosuke Iwasaki, Ryo Takagi, Ryo Nagaoka, Hayato Jimbo, Shin Yoshizawa, Yoshifumi Saijo, and Shin-ichiro Umemura
- [P-6] Confocal ultrasonic setup for doxorubicin anti-tumor potentiation
Maxime Lafond, Jacqueline Ngo, Fabrice Prieu, Cécile Fant, Bernadette Rogez, Jean-Louis Mestas, Cyril Lafon
- [P-7] Estimation of tissue degeneration area using simulation of tissue temperature increase by HIFU exposure
Kentaro Tomiyasu, Ryo Takagi, Shin Yoshizawa, Shin-ichiro Umemura
- [P-8] In-situ Monitoring of Crevice Corrosion by Chemical Imaging Sensor
Sakura Sakakita, Ko-ichiro Miyamoto, and Tatsuo Yoshinobu
- [P-9] Photoacoustic applications for dentistry -pulp vitality test and hidden caries detection-
Azusa Yamada, Satoko Kakino, Yuji Matsuura
- [P-10] Vessel Filtering and Reconstruction of 3D Photoacoustic images
Israr Ul Haq, Ryo Nagaoka, Takahiro Makino, Takuya Tabata, Mototaka Arakawa, Yoshifumi Saijo
- [P-11] Visualization of Shear Wave Propagation by Dual Acoustic Radiation Pressure
Yuta Mochizuki, Hirofumi Taki, and Hiroshi Kanai
- [P-12] Formation of Stable Artificial Bilayer Lipid Membranes in Nano-Tapered Microapertures
Araki Shun, Ayumi Hirano-Iwata, Daisuke Tadaki, Kenichi Ishibashi, Hideaki Yamamoto and Michio Niwano
- [P-13] Study on Basic Characteristics of Nano-Bubbles Generated by Porous Alumina Thin Film
Natsuki Yamada, H. Saito, Teng Ma, Hideaki Yamamoto, Kenichi Ishibashi, Ayumi Hirano-Iwata, and Michio Niwano
- [P-14] Recording Multi-and Single-Channel Currents of Human Ion-Channels in Solvent-Free Bilayer Lipid Membranes in Tapered Microapertures
Miyu Yoshida, Shun Araki, Ayumi Hirano-Iwata, Hideaki Yamamoto and Michio Niwano
- [P-15] STM Tip-induced Deformation of a Single Ag Nanoparticle Investigated by STM Light Emission

Spectroscopy

Masaki Hotsuki, Satoshi Katano, and Yoichi Uehara

[P-16] Nano-scale Structural and Electronic Properties of Graphene Oxide Investigated by Scanning

Tunneling Microscopy

Tao Wei, Satoshi Katano, and Yoichi Uehara