ISSN 1881-3356

東北大学電気通信研究所
附属ナノ・スピン実験施設
研究報告書　第 9 号

Research Report No.9
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University

2014

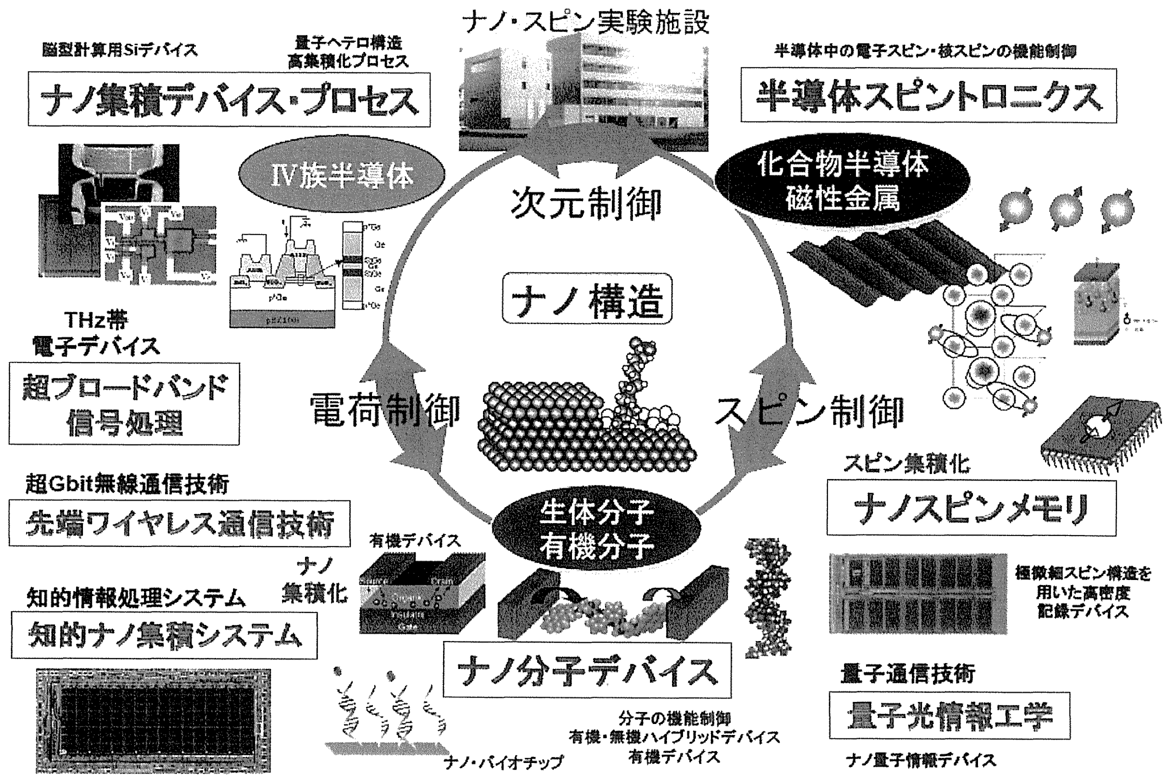
施設研究報告書 2014
目次

Annual Research Report 2014
Table of Contents

1. 施設の概要
Outline

ナノ・スピン実験施設

〜情報通信を支えるナノ・スピン基盤技術の創生〜



「ナノ・スピン実験施設」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・スピン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・スピン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・スピン総合研究棟では、「ナノ・スピン実験施設」が推進するナノヘテロプロセス、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、及び知的ナノ集積システム研究室、量子光情報工学研究室、超ブ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。

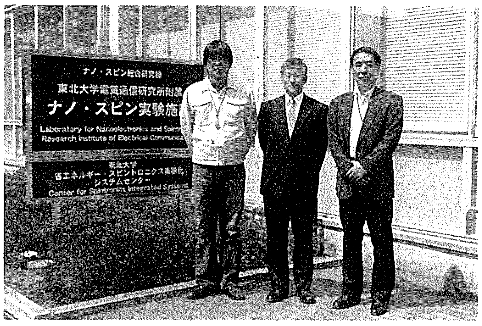
東北大学電気通信研究所附属
ナノ・スピン実験施設長
教授　　庭野　道夫

2. 施設の組織

Organization

施設長	Director
教授　庭野　道夫	Michio Niwano

共通部		Technical Office
技術職員	森田　伊織	Iori Morita
非常勤研究員	西村　容太郎	Youtaro Nishimura



運営委員会 Steering Committee	
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　中島　康治	Koji Nakajima
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　鷲尾　勝由	Katsuyoshi Washio
教授　佐橋　政司	Masashi Sahashi
教授　末光　眞希	Maki Suemitsu

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　中島　康治	Koji Nakajima
教授　枝松　圭一	Keiichi Edamatsu
教授　尾辻　泰一	Taiichi Otsuji

３．平成 25 年度の研究成果のハイライト

Highlights of Research in FY2013

施設研究部と利用研究室の平成 25 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) 大規模神経回路の構築を目的として、自動的に動作マージンを最大化する機構を有する多数決回路をベースに、大きなファンインを有するニューロン回路の設計を行った。離散値シナプスを組み込んだ場合の動作を調べ、ニューロン回路として所望の動作が得られることを確認した。また、最適化問題を効率的に解くことができる自励機能と高次結合を持つ神経回路網を FPGA 上に実装し、その性能を確認した。特に、実装できるニューロン数が FPGA 上のメモリ量によって制限されることを回避するために、動的な荷重値生成が有効であることを示した。

(2) 基板非加熱 ECR プラズマ CVD 装置による Si(100)上への歪 SiGe 混晶及び歪 Ge 薄膜のエピタキシャル成長とその格子歪の変化について実験研究を進め、Si(100)上への SiGe 混晶（0<Ge 比率<1）薄膜形成における SiH4 と GeH4 の反応速度定数の比率は、Ge 比率によらずにほぼ同程度であるが、SiGe 混晶薄膜の Ge 比率の増加とともに増加することを見いだした。また、Si(100)上に堆積された Ge 比率 0.50 の SiGe 混晶薄膜では、膜厚 11 nm までは Si(100)基板に格子整合し、面内圧縮歪を維持してエピタキシャル成長させることに成功した。

(1) Toward the huge integration of neural networks, we have designed a neuron circuit having large fan-in ability by modifying a majority circuit, which has self-adjusting function to maximize operating margin, and its successful operation has been confirmed together with discrete synapses. We have also implemented a self-oscillating neural network with higher order synapses using an FPGA, and confirmed that dynamic synaptic weight calculation is effective for saving memories.

(2) Epitaxial growth of strained $Si_{1-x}Ge_x$ alloy and Ge films on Si(100) using low-energy ECR plasma CVD without substrate heating has been studied. It is found that reaction rate ratio for SiH_4 and GeH_4 is scarcely dependent on Ge fraction in the films, while the reaction rates tend to increase with increase of the Ge fraction. Moreover, epitaxial growth of highly strained 11 nm-thick $Si_{0.50}Ge_{0.50}$ alloy film lattice-matched to Si(100) substrate has been realized without substrate heating.

● 知的ナノ集積システム（中島康治）
Intelligent Nano-Integration System (K.Nakajima)

(1) 高次シナプス結合を持つ逆関数遅延ニューロンモデルを FPGA 上に実装し大規模化の方向を検討した。その結果を災害時断絶ネットワーク対応の移動ノードスケジューリングへ適用しその有効性の検証を推し進めた。さらに最適化問題や連想記憶などの高速数値解析を実現する逆関数ゼロ遅延モデルを提案して高次結合との組み合わせや DS-Net との組み合わせにより、その有効性を TSP-LIB 中の問題に適用して確認するとともに、QAP へも適用しこの問題に対しても 100%の正解率を達成した。(2) 逆関数ゼロ遅延モデルを連想記憶の相互想起動作へ適用し、大きな記憶容量と広いベースンサイズを実現した。(3) 8 x 8 ビット並列乗算器の一部を集積回路として製作し測定を行った。また、超伝導量子干渉デバイスによるニューロ素子を利用したホップフィールド形ネットワークを構成し、集積回路によるニューロン回路の基礎特性の実測を行い、動作を確認し

た。

(1) By using high-order synapses for an inverse function delayed neural network, we set up an FPGA circuit for traveling salesman and quadratic assignment problems. Furthermore, we proposed an inverse function delay-less model for high speed numerical calculation of artificial neural networks, and we applied the model to some problems in TSP-LIB. (2) We applied ID networks to development of a hetero-associative memory system. In that system we obtained large memory capacity and wide basin size. (3) We demonstrated successfully a 4-bit parallel multiplier using a carry look-ahead adder with niobium integrated circuits to improve the performance of high-speed operation for the SFQ fast Fourier transform, and we fabricated the central part of an 8-bit parallel multiplier of SFQ system. A neuron circuit using superconducting quantum interference devices was fabricated and successfully demonstrated.

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・ナノスピンメモリ（大野英男・池田正二）
Semiconductor Spintronics and Nano-Spin Memory (H. Ohno and S. Ikeda)

固体中のスピンと電荷の自由度を使ったスピントロニクスの基盤技術の確立とその工学的応用を目的として研究を行い、以下の成果を得た。(1) (Ga,Mn)As/p-GaAs 積層構造において、マイクロ波によるスピンポンピング及び p-GaAs へのスピン流の注入を実現し、特性を起電力測定により詳細に解明した。(2) 垂直磁化容易 CoFeB-MgO 磁気トンネル接合(CoFeB/MgO p-MTJ)において、低消費電力な p-MTJ の書き込み方法として期待される電界磁化反転の磁化反転時間をサブナノ秒に短縮した。(3) 垂直磁化容易 Ta/CoFeB/MgO の積層構造において、面内電流誘起トルクにより CoFeB 層に作用する有効磁界を求める手法を確立した。(4) CuIr チャネル上に作製した面内磁化容易 CoFeB-MgO MTJ において、面内電流誘起トルクを利用した MTJ のスイッチングに成功した。(5) Co/Ni 細線において、電流による磁壁デピニング確率のパルス幅、及び電流密度依存性を解明した。(6) GaAs/AlGaAs 単一量子井戸において、スピンのコヒーレント状態をゲート電界により制御することに成功し、スピン輸送において有用な知見を得た。(7) 2 重 CoFeB-MgO 界面記録層と積層フェリ参照層を開発し、直径 11 nmϕ磁気トンネル接合(MTJ)での動作実証に成功した。

・連携研究

1. 最先端研究開発支援プログラム「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」において、参画研究室と連携して以下の成果を得た。 (1) 6T-2MTJ セルを用いた 1Mb の STT-MRAM を試作し、1.5ns/2.1ns の読み出し/書き込みをランダムに行えることを実証し、L3 キャッシュに適用可能であることを示した。(2) 4T-2MTJ 不揮発 TCAM (ternary content-addressable memory)セル回路のパワー比較を行い、6T-SRAM (static random access memory)に対する優位性を示した。(3) 高磁気異方性、低磁気緩和を有し、20 nm 以下のサイズを有する MTJ 材料として有望な FePd 及び MnAl を用いた MTJ の実証に成功した。
2. 文部科学省「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」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、参画研究室と連携して以下の成果を得た。(1) p-MTJ チップへの放射線入射の影響をシミュレーションにより解明した。

Our research activities focus on the establishment of fundamental technologies for future spintronics devices. The outcomes in the last fiscal year are following. (1) Demonstration of spin-pumping by microwave and observation of inverse spin hall voltage in (Ga,Mn)As/p-GaAs (2) Demonstration of electric field-induced magnetization switching in a CoFeB/MgO based magnetic tunnel junction with a perpendicular magnetic easy axis (p-MTJ) with switching time less than 1 ns (3) Establishment of the method to determine the current-induced effective fields with Ta/CoFeB/MgO stack (4) Demonstration of the magnetization switching with current-induced effective field in CoFeB/MgO based MTJ fabricated on the CuIr channel (5) Elucidation of the pulse duration and current density dependences of the current-induced domain wall depinning in Co/Ni fine wire (6) Demonstration of the gate voltage control of the spin coherence in GaAs/AlGaAs quantum well (7) Development and demonstration of a CoFeB based p-MTJ with 11 nm in diameter by using a double interface MgO/CoFeB/Ta/CoFeB/MgO recording layer with synthetic ferrimagnetic reference layer.

1. Research activities in "Research and development of ultra-low power spintronics-based VLSIs" under granted by JSPS through the FIRST program. (1) A 1Mb STT-RAM with a 6T2MTJ cell is designed and fabricated using 90nm CMOS/MTJ process that can operate in 1.5nsec/2.1nsec random read/write cycle. The RAM is fast enough to be applicable to embedded memories such as L3 cache. (2) Demonstration of the superiority of 4T-2MTJ nonvolatile ternary content-addressable memory (TCAM) cell compared to the conventional 6T-SRAM (static random access memory) in the operation power. (3) Development of FePd and MnAl electrodes, which are promising candidates for 20-nm-diameter MTJ with high thermal stability and low operating power.

2. 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 for Next- Generation Information Technology of MEXT. (1) Elucidation of the irradiation effect in p-MTJs with simulation.

● 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、単原子層炭素材料：グラフェンを利得媒質とする新原理テラヘルツレーザーを提案し、自然放出ならびに誘導放出の室温観測に成功するとともに、表面プラズモンポラリトンによる巨大利得増強作用を理論的に発見し、実験実証にも成功した。また、プラズモン共鳴を原理とする超高感度・低雑音テラヘルツ波検出デバイスの開発に成功し、室温動作では自らの世界最高感度記録を更新（200 GHz、 1.5 THz 入射時に各々22.7 kV/W、6.4 kV/W の検出感度）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, we theoretically discovered and experimentally verified the giant THz gain of the surface plasmon polaritons in population-inverted graphene. We also experimentally verified the spontaneous and stimulated THz emission in optically pumped graphene at room temperature. Second, we developed plasmon-resonant THz emitters/detectors, succeeding in world-first coherent monochromatic THz emission and breaking the record sensitivity of 22.7 (6.4) kV/W at 220-GHz (1.5-THz) radiation.

● 量子光情報工学（枝松圭一・小坂英男・三森康義）
Quantum-Optical Information Technology (K. Edamatsu, H. Kosaka, and Y. Mitsumori)

1. 多光子量子もつれ光子対の発生・制御・検出方法の開発

量子測定における、ある物理量の測定誤差と他の物理量の擾乱との間の不確定性関係は、量子論の本質的性質であるのみならず、量子計測、量子通信への応用上も重要な意味をもつ。本研究

室では，光子の偏光の一般化測定における誤差・擾乱の不確定性関係を検証する実験研究を行い、ハイゼンベルクの誤差・擾乱の関係式が破れ、近年新たに最提唱された関係式（小澤の不等式およびブランシアードの不等式）が成立していることを明らかにした（Scientific Reports, Phys. Rev. Lett. 誌に掲載，報道発表）。

2. 量子中継のための量子メディア変換デバイスの開発

量子情報通信における通信距離を飛躍的に増大するための量子中継器の実現を目指し、情報伝送を担う光子がもつ量子情報を情報処理を担う電子スピンへと転写する量子メディア変換インターフェース技術の開発を進めている。本年度は、(1)光子から電子スピンへの状態転写および検出過程を量子トモグラフィ測定するにより転写および検出過程が量子的であることを示し、その忠実度を明らかにした（Phys. Rev. B 誌に発表）、(2) ダイヤモンド中の単一窒素空孔欠陥を用いた電子スピン量子ビットへの光量子状態転写、検出の基礎実験、等の成果を得た。

3. 半導体量子ドットの超高速コヒーレント制御

半導体量子ドット中の電子状態のラビ振動によるコヒーレント制御法の開発は量子情報処理を目指す固体デバイスを実現する上で必要不可欠な技術開発である。本年度は、フォトンエコー法を用いて励起子ラビ振動を観測し、量子ドットの新しい光学効果である局所電場効果を観測した（Phys. Rev. B 誌に発表）。

1. We have experimentally tested the error-disturbance uncertainty relations by weak measurement of photon polarization and demonstrated that Heisenberg relation is violated while Ozawa and Branciard relations hold.
2. We are developing a quantum media converter from a photon to an electron spin to realize a quantum repeater, which is expected to extend the transmission distance of quantum info-communication. We have demonstrated that (1) the process of state transfer and readout is quantum like by the measurement of electron spin state tomography, and (2) fundamental experiments for the photonic state transfer to an electron spin memory and electron spin state readout with a photon in diamond.
3. We have investigated the excitonic Rabi oscillations in semiconductor quantum dots using photon echo spectroscopy for the development of the optical coherent control of the electric states in the quantum dots. We have observed the interesting behavior of the Rabi oscillations arising from the local field effect in the quantum dots.

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・木村康男）
Nano-Molecular Devices (M. Niwano and Y. Kimura)

1. 赤外分光法を用いた脂肪細胞の分化過程のその場観察法の開発

多重内部反射型赤外分光法を用いて、脂肪細胞の分化過程（脂肪滴形成過程）のその場観察に成功した[1]。現在、生活習慣病としての肥満症を抑制するための薬の開発が続けられているが、その中で簡便かつ迅速な薬物スクリーニング手法の実現が強く求められている。我々は、上記分光法を用いて脂肪滴の形成の初期段階を検知することに成功し、その成果は今後の抗肥満薬開発への応用が期待される。

2. 局所陽極酸化法による TiO2 マイクロガスセンサの開発

Ti 金属薄膜の局所陽極酸化により、TiO2 ナノチューブ薄膜をベースとしたマイクロスケールのガスセンサの作製に成功した[3]。さらに、TiO2 ナノチューブ孔内壁に金属ナノ微粒子を電気化学的に担持することにより、検出感度やガス識別能を向上できることを明らかにした。

3. TiO2 ナノチューブ薄膜をベースとした有機/無機ハイブリッド型太陽電池の開発

TiO2 ナノチューブ薄膜を用いた有機・無機混合型太陽電池の開発を行っている。ナノスケールのチューブ孔の内壁にナノスケールの P3HT ポリマー薄膜をコーティングするための内壁表面処理法の開発に成功した[5]。

1. In-situ monitoring of adipocyte differentiation by infrared spectroscopy (IRAS)

We have succeeded in real-time monitoring cell differentiation to adipocytes by using IRAS with the multiple internal reflection (MIR) geometry. We showed that MIR-IRAS has a potential to evaluate antiadipogenic agents in terms of their effects on fat and protein synthesis during adipogenesis.

2. Development of TiO2 nanotube-based micro-scaled gas-sensor

We have fabricated TiO2 nanotube-based macro-scaled gas sensors by locally anodizing a thin Ti film on glass substrate. We demonstrated that deposition of metal nanoparticle on the inner wall of nanotubes improves the sensitivity and gas-discrimination function of the gas sensors.

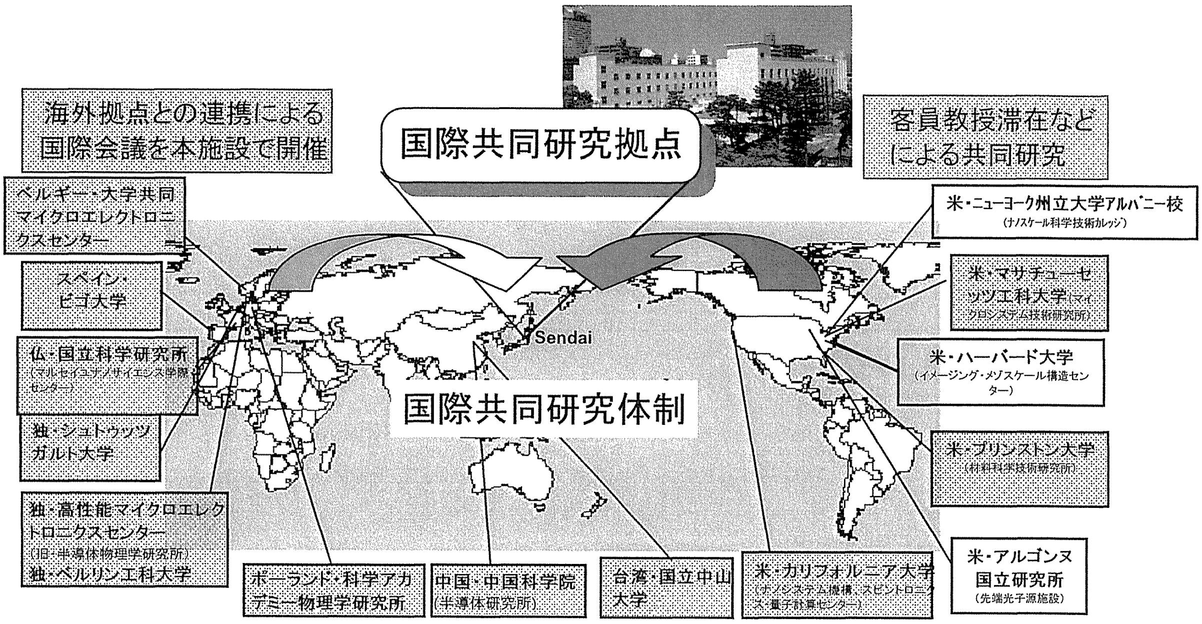
3. Development of organic/TiO2 hybridized solar cells

We have investigated modification of TiO2 surfaces used for fabrication of TiO2/polymer hybrid solar cells. We found that modification of TiO2 surfaces with [6,6]-phenyl-C61-butyric acid (PCBA) drastically increased the short circuit current of TiO2/P3HT-based hybrid solar cells.

4. 施設の活動

4－1　ナノエレクトロニクス国際共同研究拠点の創出

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。



大学間協定　独・ベルリン工科大学
米・ハーバード大学

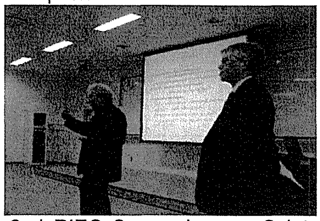
部局間協定　独・高性能マイクロエレクトロニクスセンター
仏・国立科学研究所マルセイユナノサイエンス学際センター
中国・中国科学院半導体研究所
ポーランド・科学アカデミー
スペイン・ビゴ大学
台湾・国立中山大学

大学間覚書　米・ニューヨーク州立大学アルバニー校ﾅﾉｽｹｰﾙ科学技術ｶﾚｯｼﾞ
米・カリフォルニア大学　サンタ・バーバラ校

ナノ・スピン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)
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)
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)

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

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 54 回電気通信研究所国際シンポジウム

第 2 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 1st RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

佐藤　茂雄
Shigeo SATO

開 催 日：平成 26 年 2 月 21 日（木）～22 日（金）（2 日間）
開催場所：東北大学電気通信研究所　ナノ・スピン総合研究棟

本シンポジウムは、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。今回が二回目であり、平成 26 年 2 月 21 日、22 日の 2 日間に渡って開催された。ドイツ、フランス、スウェーデンの 3 か国から 3 名の海外招待講演者を迎え、計 13 件の口頭発表、9 件のポスター発表が行われた。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が、分野を超えて有意義な質疑応答が活発に行われた。多数の学生が参加したこともあり、若手の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 55 回電気通信研究所国際シンポジウム

第 8 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 5 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 7th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, 4th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics

庭野　道夫
Michio NIWANO

開 催 日: 平成２６年３月６日（木曜日）～７日（金曜日）（２日間）
開催場所: 東北大学電気通信研究所　ナノ・スピン実験施設

前半はナノ構造とその応用についてのセッションであり、ナノチューブやナノカーボンなどのナノ構造体について、その形成技術や，太陽電池やガスセンサなどへの多様な応用法についての発表があり、特に応用法について深い議論がなされた。また、近年注目されている酸化グラフェンの大量生成法についての発表が注目された。後半は微細加工技術のバイオ応用やメディカル応用のセッションであり、固体基板上に培養した神経細胞ネットワークの計測技術、脂質二分子膜に包埋したチャネルタンパクを用いたセンサや、超音波を用いたイメージング技術や新規ケミカルバイオセンサについての発表があり、それらの性能や特性についての深い議論がなされた。これらの知見及び広い分野の研究者の交流は，ナノエレクトロニクスやそれらの医療応用など，今後の幅広い研究の進展に大いに貢献すると考えられる。

参加人数は、海外から 5 名の招待講演者を含め、二日間で研究者、学生など 90 名を数え、活発で有意義な討論及び情報交換が行われた。この合同シンポジウムは次年度も開催予定である。

5．研究成果（平成 25 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)

A2　**知的ナノ集積システム（中島康治）**
Intelligent Nano-Integration System
(K.Nakajima)

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 farication of high-performance quantum hetero nanodevices are being studied.

【査読付論文】

1. "Epitaxial Growth of B-Doped Si on Si(100) by Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma Chemical Vapor Deposition in a SiH_4-B_2H_6-H_2 Gas Mixture without Substrate", Y. Abe, M. Sakuraba and J. Murota, Thin Solid Films, 557, (2014), 10-13.
2. "Epitaxial Growth of $Si_{1-x}Ge_x$ Alloys and Ge on Si(100) by Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma Chemical Vapor Deposition without Substrate Heating", N. Ueno, M. Sakuraba, S. Sato and J. Murota, Thin Solid Films, 557, (2014), 31-35.
3. "Nitrogen Doping Effect upon Hole Tunneling Characteristics of Si Barriers in $Si_{1-x}Ge_x$/Si Resonant Tunneling Diode", T. Kawashima, M. Sakuraba and J. Murota, Thin Solid Films, 557,

(2014), 302-306.

【国際会議発表】

1. “Epitaxial Growth of B-Doped Si on Si(100) by ECR Ar Plasma CVD in a SiH_4-B_2H_6-H_2 Gas Mixture without Substrate Heating”, Y. Abe, M. Sakuraba and J. Murota, 8th Int. Conf. on Si Epitaxy and Heterostructures (ICSI-8) & 6th Int. Symp. Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI-VI), Fukuoka, Japan, June 2-7, 2013, Abs.No.P1-4.
2. “Epitaxial Growth of $Si_{1-x}Ge_x$ Alloy on Si(100) by ECR Ar Plasma CVD in a SiH_4-GeH_4 Gas Mixture without Substrate Heating”, N. Ueno, M. Sakuraba, J. Murota and S. Sato, 8th Int. Conf. on Si Epitaxy and Heterostructures (ICSI-8) & 6th Int. Symp. Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI-VI), Fukuoka, Japan, June 2-7, 2013, Abs.No.P1-8.
3. “Nitrogen Doping Effect upon Hole Tunneling Characteristics of Si Barriers in $Si_{1-x}Ge_x$/Si Resonant Tunneling Diode”, T. Kawashima, M. Sakuraba and J. Murota, 8th Int. Conf. on Si Epitaxy and Heterostructures (ICSI-8) & 6th Int. Symp. Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI-VI), Fukuoka, Japan, June 2-7, 2013, Abs.No.P1-27.
4. “Atomically Controlled CVD Processing of Group IV Semiconductors for Strain Engineering and Doping in Ultralarge Scale Integration” (**Invited Paper**), J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, Proc. 4th Int. Conf. on Semiconductor Technology for Ultra Large Integrated Circuits and Thin Film Transistors (ULSIC vs. TFT 4), Grenoble, France July 7-12, 2013 (ECS Trans., Vol.54, No.1, Edited by Y. Kuo, The Electrochem. Soc., Pennington, NJ, 2013), pp.55-64.
5. “Group-IV Semiconductor Quantum Heterointegration by Low-Energy Plasma CVD Processing” (**Invited Paper**), M. Sakuraba and J. Murota, Proc. Symp. E12: ULSI Process Integration 8, San Francisco, USA, Oct. 27-Nov. 1, 2013 (ECS Trans., Vol.58, No.9, Edited by C. Claeys, H. Iwai, M. Tao, S. Deleonibus, J. Murota, The Electrochem. Soc., Pennington, NJ, 2013), pp.195-200: Abs. 224th Electrochem. Soc. Meeting, Abs.No.2226.
6. “Formation and Characterization of Strained $Si_{1-x}Ge_x$ Films Epitaxially Grown on Si(100) by Low-Energy ECR Ar plasma CVD without Substrate Heating”, N. Ueno, M. Sakuraba, J. Murota and S. Sato, Proc. Symp. E12: ULSI Process Integration 8, San Francisco, USA, Oct. 27-Nov. 1, 2013 (ECS Trans., Vol.58, No.9, Edited by C. Claeys, H. Iwai, M. Tao, S. Deleonibus, J. Murota, The Electrochem. Soc., Pennington, NJ, 2013), pp.207-211: Abs. 224th Electrochem. Soc. Meeting, Abs.No.2228.
7. “Epitaxial Growth of Heavily B-Doped Si and Ge Films on Si(100) by Low-Energy ECR Ar Plasma CVD without Substrate Heating”, Y. Abe, S. Kubota, M. Sakuraba, J. Murota and S. Sato, Proc. Symp. E12: ULSI Process Integration 8, San Francisco, USA, Oct. 27-Nov. 1, 2013 (ECS Trans., Vol.58, No.9, Edited by C. Claeys, H. Iwai, M. Tao, S. Deleonibus, J. Murota, The Electrochem. Soc., Pennington, NJ, 2013), pp.223-228: Abs. 224th Electrochem. Soc. Meeting, Abs.No.2230.
8. “Characterization of Strain in $Si_{1-x}Ge_x$ Films Epitaxially Grown on Si(100) by ECR Ar Plasma CVD without Substrate Heating”, N. Ueno, M. Sakuraba, J. Murota and S. Sato, 7th Int. WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration", Tohoku Univ., Sendai, Japan, Jan. 27-28, 2014, Abs.No.P-21.
9. “Neurochip using stochastic logic”, S. Sato, K. Nakajima, Abst. The 1st RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, p. 13, Sendai, Japan, Feb. 21-22, 2014.
10. “Nano-Integration Devices and Processing”, H. Akima, M. Sakuraba, and S. Sato, Abst. The 1st International Symposium on Brainware LSI, p.10, Sendai Japan, March 28, 2014.

A2 知的ナノ集積システム（中島康治）
Intelligent Nano-Integration System (K. Nakajima)

1. 集積化ニューラルネットワークの基本構成と学習性能に関する研究
Research for basic architectures of LSI neural networks and theirs learning efficiency

集積化ニューラルネットワークを用いた知的情報処理システムの構成法を追究し、その学習性能を評価・解析して性能向上を図る。
This research is concerned with the design of intelligent information processing systems constructed of LSI neural networks. The fabricated LSI neural networks are analyzed and evaluated to improve the learning efficiency.

2. 逆関数遅延ネットワークモデルに関する研究
Research for inverse function delayed network models

アクティブニューロンモデルである ID モデルを用いて、知的情報処理システムを目指す。
This research is concerned with the development of the intelligent processing system by using ID models which are active neuron models.

3. ニューロ的手法を利用した量子計算機に関する研究
Research for neuromorphic quantum computer

ニューロ的手法を利用した量子計算アルゴリズムの開発と、その固体素子への実装を図る。
This research is concerned both with the development of a new neuromorphic quantum computation algorithm and its implementation with solid state devices.

4. 超伝導位相モード集積回路に関する研究
Research for superconducting phase-mode LSI

磁束量子を情報担体とする超伝導集積回路で構成した新しい計算機システムを開発する。
This research is concerned with the development of new computer systems constructed of superconducting LSI circuits where single flux quanta are used as information bit carriers.

【査読付論文】

1. T. Onomi and K. Nakajima, Neuron Circuit using Coupled SQUIDs Gate with Flat Output Characteristics for Superconducting Neural Network, IEICE Trans. Electron., vol.E97-C, no.3, pp. 173-177, Mar. 2014.

【国際会議発表】

1. T. Onomi and K. Nakajima, An improved superconducting neural circuit and its application for a neural network solving a combinatorial optimization problem, 8th European Conf. on Applied Superconductivity, 3P-EL1-16, Genova Italy, Sep. 2013.
2. K. Nakajima, Superconducting Multipliers Based on Single Flux-Quantum Circuits, CNSE and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar “Atomically Controlled Processing/Nanotechnology for Ultralarge Scale Integration,” Frankfurt Germany, Oct. 2013.
3. Y. Tsuji, T. Onomi, and K. Nakajima, Characteristics of rf-SQUID Ladder Circuits, Proceedings of Superconducting SFQ VLSI Workshop SSV 2013, pp.60-63, Tsukuba Japan, Nov. 2013.
4. A. Yamada, T. Onomi, and K. Nakajima, Comparative Study of SFQ Parallel Multipliers, Proceedings of Superconducting SFQ VLSI Workshop SSV 2013, pp.78-81, Tsukuba Japan, Nov. 2013.

5. A. Yamada, T. Onomi, and K. Nakajima, High-speed single flux quantum parallel multiplier using Dadda type partial product addition, 7th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration," P16, Sendai Japan, Jan. 2014.
6. K. Matsui, Y. Hayakawa, S. Sato and K. Nakajima, FPGA Implementation of the Discrete Inverse-function Delayed Neural Network with High Order Synaptic Connections, 7th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics and JSPS Core-to-Core Program Joint Seminar "Atomically Controlled Processing for Ultralarge Scale Integration," P17, Sendai Japan, Jan. 2014.
7. Y. Watanabe, Y. Hayakawa, S. Sato and K. Nakajima, A system for solving optimization problems using the inverse function delaylesss neuron model, Abstract book of the 2nd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, p. 17, Sendai Japan, Feb. 2014.
8. D. Sasaki, Y. Hayakawa, S. Sato and K. Nakajima, Optimal scheduling of a disruption toletrant network using a neural network, Abstract book of the 2nd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, p. 18, Sendai Japan, Feb. 2014.
9. T. Onomi and K. Nakajima, Basic Technology of Integrated Systems for Artificial Neural Network, Abstract book of the 1st international symposium on Brainware LSI, p. 12, Sendai Japan, Mar. 2014.

5B　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、ナノスピンメモリ（大野英男・池田正二）
Semiconductor Spintronics and Nano-Spin Memory
(H.Ohno and S.Ikeda)

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)

B3　量子光情報工学（枝松圭一・小坂英男・三森康義）
Quantum-Optical Information Technology
(K.Edamatsu, H.Kosaka and Y.Mitsumori)

B1 半導体スピントロニクス、ナノスピンメモリ（大野英男・池田正二）
Semiconductor Spintronics and Nano-Spin Memory (H. Ohno and S. Ikeda)

固体中の電子やスピン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

固体中のスピンと電荷の自由度を使った省エネルギかつ高機能なスピントロニクス素子の実現をめざして、半導体、磁性半導体、金属磁性体におけるスピン現象、及びそれらを利用した新規スピン機能材料、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。

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.

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、スピン機能物性の評価と理解。

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) 半導体量子構造における電子光スピン物性とその応用に関する研究
Characterization of electrical, optical, and spin properties of semiconductor quantum nanostructures and their applications

III-V 族化合物半導体超構造中におけるキャリアや原子核のスピンに注目し、フェムト秒オーダの磁化分解測定を行ってそのコヒーレンスを理解するとともに、量子情報処理等への応用を研究している。
Study of ultrafast processes, especially spin dynamics of carriers in III-V semiconductor nanostructures is being carried out by femto-second time resolved measurements to the application for such as ultrafast optical switches and quantum information processing.

2. ナノスピンデバイスメモリの研究
Nano-spin device and memory

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、スピン磁性を用いて実現することを目標として、スピンメモリロジック実現に向けた基盤技術を開発する。
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) 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.

2) 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、スピン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.

3) 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.

3. 省エネルギースピントロニクス論理集積回路の研究開発
Research and Development of Ultra-low Power Spintronics-based VLSIs

日本学術振興会「最先端研究開発支援プログラム」「省エネルギースピントロニクス論理集積回路の研究開発」において、参画研究室と連携してスピントロニクス論理集積回路基盤技術に関する研究が行われた。
Technologies based on spintronics that makes VLSIs high performance and ultra low power were studied under "Research and Development of Ultra-low Power Spintronics-based VLSIs" program granted by JSPS through the FIRST program.

1) スピントロニクス材料に関する研究
Spintronics materials
スピントロニクス論理集積回路試作用の世界最高水準のデバイス材料に関する研究が行われた。
Advanced spintronics device materials for VLSI were studied.

2) スピントロニクスデバイスに関する研究
Spintonics devices
論理集積回路用スピントロニクスデバイスの高性能化に関する研究が行われた。
Spintronics devices with low write current, high thermal stability, high TMR and high reliability were studied.

3) 革新的スピントロニクス材料デバイスに関する研究
New Spintronics materials and devices
電界効果型磁化制御デバイス、半導体スピントロニクス材料デバイス技術に関する研究が行われた。
Magnetic materials and devices for electic-field control, and semiconductor spintronic materials and devices were studied.

4) スピントロニクス論理集積回路に関する研究
Spintronics based logic circuits
専用ならびに汎用スピントロニクス論理集積回路向けアプリケーションの設計原理検証に関する研究が行われた。
Design and verification of spintronics logic integrated circuits, and design for high-speed and stable operation of spintronics VLSI were studied.

4. 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「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」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 terimanl 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 nmϕ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 nmϕ were fabricated and studied.

【査読付論文】

1. Tomasz Dietl and Hideo Ohno, “Dilute ferromagnetic semiconductors: Physics and spintronic structures,” Reviews of Modern Physics, Vol. 86, 187 (65 pages), March 2014.
2. M. Ono, J. Ishihara, G. Sato, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, “Strain and origin of inhomogeneous broadening probed by optically detected nuclear magnetic resonance in a (110) GaAs quantum well,” Physical Review B, Vol. 89, 115308 (4 pages), March 2014.
3. Jun Ishihara, Yuzo Ohno, and Hideo Ohno, “Direct mapping of photoexcited local spins in a modulation-doped GaAs/AlGaAs wires,” Japanese Jounal of Applied Physics, Vol. 53, 04EM04 (3 pages), March 2014.
4. S. Fukami, M. Yamanouchi, Y. Nakatani, K.-J. Kim, T. Koyama, D. Chiba, S. Ikeda, N. Kasai, T. Ono, and H. Ohno, “Distribution of critical current density for magnetic domain wall motion,” Jounal of Applied Physics, Vol. 115, 17D508 (3 pages), February 2014.

5. S. Ishikawa, H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Co/Pt multilayer-based magnetic tunnel junctions with a CoFeB/Ta insertion layer," Jounal of Applied Physics, Vol. 115, 17C719 (3 pages), February 2014.

6. Hideo Sato, Shoji Ikeda, Shunsuke Fukami, Hiroaki Honjo, Shinya Ishikawa, Michihiko Yamanouchi, Kotaro Mizunuma, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Co/Pt multilayer based reference layers in magnetic tunnel junctions for nonvolatile spintronics VLSIs," Japanese Jounal of Applied Physics, Vol. 53, 04EM02 (3 pages), February 2014.

7. C. Zhang, M. Yamanouchi, H. Sato, S. Fukami, S. Ikeda, F. Matsukura and H. Ohno, "Magnetization reversal induced by in-plane current in Ta/CoFeB/MgO structures with perpendicular magnetic easy axis," Jounal of Applied Physics, Vol. 115, 17C714 (3 pages), January 2014.

8. Lin Chen, Shoji Ikeda, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "DC voltages in Py and Py/Pt under ferromagnetic resonance," Applied Physics Express, Vol. 7, 013002 (4 pages), January 2014.

9. Jun Ishihara, Yuzo Ohno, and Hideo Ohno, "Direct imaging of gate-controlled persistent spin helix state in a modulation-doped GaAs/AlGaAs quantum well," Applied Physics Express, Vol. 7, 013001 (4 pages), January 2014.

10. Shun Kanai, Michihiko Yamanouchi, Shoji Ikeda, Yoshinobu Nakatani, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Electric Field-Induced Magnetization Switching in CoFeB-MgO Static Magnetic Field Angle Dependence," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 50, 4200103 (3 pages), January 2014.

11. Chaoliang Zhang, Michihiko Yamanouchi, Hideo Sato, Shunsuke Fukami, Shoji Ikeda, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Magnetotransport measurements of current induced effective fields in Ta/CoFeB/MgO," Applied Physics Letters, Vol. 103, 262407 (3 pages), December ember 2013.

12. Eli Christopher I. Enobio, Keita Ohtani, Yuzo Ohno, and Hideo Ohno, "Detection and measurement of electroreflectance on quantum cascade laser device using Fourier transform infrared microscope," Applied Physics Letters, Vol. 103, 231106 (4 pages), December 2013.

13. Masashi Kawaguchi, Kazutoshi Shimamura, Shunsuke Fukami, Fumihiro Matsukura, Hideo Ohno, Takahiro Moriyama, Daichi Chiba, and Teruo Ono, "Current-Induced Effective Fields Detected by Magnetotrasport Measurements," Applied Physics Express, Vol. 6, 113002 (4 pages), October 2013.

14. D. Chiba, T. Ono, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric field control of thermal stability and magnetization switching in (Ga,Mn)As," Applied Physics Letters, Vol. 103, 142418 (4 pages), October 2013.

15. Hsiao Wen Chang, Shingo Akita, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Hole concentration dependence of the Curie temperature of (Ga,Mn)Sb in a field-effect structure," Applied Physics Letters, Vol. 103, 142402 (4 pages), September 2013.

16. S. Fukami, M. Yamanouchi, S. Ikeda, and H. Ohno, "Depinning probability of a magnetic domain wall in nanowires by spin-polarized currents," Nature Communications, Vol. 4, 2293 (6 pages), August 2013.

17. S. Kanai, Y. Nakatani, M. Yamanouchi, S. Ikeda, F. Matsukura, H. Ohno, "In-plane magnetic field dependence of electric field-induced magnetization switching," Applied Physics Letters, Vol. 103, 072408 (4 pages), August 2013.

18. Hideo Sato, Michihiko Yamanouchi, Shoji Ikeda, Shunsuke Fukami, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "MgO/CoFeB/Ta/CoFeB/MgO Recording Structure in Magnetic Tunnel Junctions With Perpendicular Easy Axis," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 49, 4437 (4 pages), July 2013.

19. Shunsuke Fukami, Hideo Sato, Michihiko Yamanouchi, Shoji Ikeda, and Hideo Ohno, "CoNi Films with Perpendicular Magnetic Anisotropy Prepared by Alternate Monoatomic Layer Deposition," Applied Physics Express, Vol. 6, 073010 (3 pages), July 2013.

20. Lin Chen, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Direct-current voltages in (Ga,Mn)As structures induced by ferromagnetic resonance," Nature Communications, Vol. 4, 3055 (6 pages), June 2013.

21. S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Honjo, K. Kinoshita, K. Tokutome, S. Miura, S. Ikeda, N. Kasai, and H. Ohno, "Electrical endurance of Co/Ni wire for magnetic domain wall motion device," Applied Physics Letters, Vol. 102, 222410 (4 pages), June 2013.

22. Michihiko Yamanouchi, Lin Chen, Junyeon Kim, Masamitsu Hayashi, Hideo Sato, Shunsuke Fukami, Shoji Ikeda, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Three terminal magnetic tunnel junction utilizing the spin Hall effect of iridium-doped copper," Applied Physics Letters, Vol. 102, 212408 (4 pages), May 2013.

23. J. Ishihara, M. Ono, Y. Ohno, and H. Ohno, "A strong anisotropy of spin dephasing time of quasi-one dimensional electron gas in modulation-doped GaAs/AlGaAs wires," Applied Physics Letters, Vol. 102, 212402 (4 pages), May 2013.

24. Kotaro Mizunuma, Michihiko Yamanouchi, Hideo Sato, Shoji Ikeda, Shun Kanai, Fumihiro Matsukura, and Hideo Ohno, "Size Dependence of Magnetic Properties of Nanoscale CoFeB-MgO Magnetic Tunnel Junctions with Perpendicular Magnetic Easy Axis Observed by Ferromagnetic Resonance," Applied Physics Express, Vol. 6, 063002 (3 pages), May 2013.

25. S. Ishikawa, H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Magnetic properties of MgO-[Co/Pt] multilayers with a CoFeB insertion layer," Journal of Applied Physics, Vol. 113, 17C721 (3 pages), April 2013.

26. D. Suzuki, M. Natsui, A. Mochizuki, S. Miura, H. Honjo, K. Kinoshita, H. Sato, S. Ikeda, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Fabrication of a Magnetic Tunnel Junction-Based 240-Tile Nonvolatile Field-Programmable Gate Array Chip Skipping Wasted Write Operations for Greedy Power-Reduced Logic Applications," IEICE Electronics Express (ELEX), Vol. 10. 20130772 (9 pages), December 2013.

27. J. Sinha, M. Hayashi, A. Kellock, S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Sato, S. Ikeda, S. Mitani S-H. Yang, S. S. P. Parkin and H. Ohno, "Enhanced interface perpendicular magnetic anisotropy in Ta|CoFeB|MgO using nitrogen doped Ta underlayers," Applied Physics Letters, Vol. 102, 242405 (4 pages), June 2013.

28. Kab-Jin Kim, Ryo Hiramatsu, Tomohiro Koyama, Kohei Ueda, Yoko Yoshimura, Daichi Chiba, Kensuke Kobayashi, Yoshinobu Nakatani, Shunsuke Fukami, Michihiko Yamanouchi, Hideo Ohno, Hiroshi Kohno, Gen Tatara, and Teruo Ono, "Two-barrier stability that allows low-power operation in current-induced domain-wall motion," Nature Communications, Vol. 4, 2011 (6 pages), June 2013.

29. Jaivardhan Sinha, Masamitsu Hayashi, Andrew J. Kellock, Shunsuke Fukami, Michihiko Yamanouchi, Hideo Sato, Shoji Ikeda, Seiji Mitani, See-hun Yang, Stuart S. P. Parkin, and Hideo Ohno, "Enhanced interface perpendicular magnetic anisotropy in Ta|CoFeB|MgO using nitrogen doped Ta underlayers," Applied Physics Letters, Vol. 102, 242405 (4 pages), June 2013.

30. T. Ohsawa, H. Koike, S. Miura, H. Honjo, K. Kinoshita, S. Ikeda, T. Hanyu, H.Ohno and T. Endoh, "A 1 Mb Nonvolatile Embedded Memory Using 4T2MTJ Cell With 32 b Fine-Grained Power Gating Scheme," IEEE Journal of Solid－State Circuits, Vol. 48, No. 6, 1511 (10 pages), June 2013.

【査読付論文】(連携研究)

1. I. Muneta, H. Terada, S. Ohya, and M. Tanaka, "Anomalous Fermi level behavior in GaMnAs at the onset of ferromagnetism," Applied Physics Letters, Vol. 103, 032411 (4 pages), July 2013.

2. M. N. I. Khan, H. Naganuma, N. Inami, M. Oogane and Y. Ando, "Effect of Annealing Temperature on Structure and Magnetic Properties of -FePd/CoFeB Bilayer," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 49, 4409 (4 pages), July 2013.

3. S. Iihama, S. Mizukami, N. Inami, T. Hiratsuka, G. Kim, H. Naganuma, M. Oogane, T. Miyazaki, and Y. Ando, "Observation of Precessional Magnetization Dynamics in L10-FePt Thin Films with Different L10 Order Parameter Values," Japanses Journal of Applied Physics, Vol. 52, 073002 (4 pages), June 2013.
4. Y. Miura, M. Tsujikawa, M. Shirai, "A first-principles study on magnetocrystalline anisotropy at interfaces of Fe with non-magnetic metals," Journal of Applied Physics, Vol. 113, 233908, (6 pages), June 2013.
5. H. Kakizakai, K. Yamada, M. Kawaguchi, K. Shimamura, S. Fukami, N. Ishiwata, D. Chiba and T. Ono, "Direct observation of domain wall motion in Co/Pt wire under gate electric field," Japanese Journal of Applied Physics, Rapid Communication, Vol. 52, 070206 (3 pages), June 2013.
6. K. Yamada, H. Kakizakai, K. Shimamura, M. Kawaguchi, S. Fukami, N. Ishiwata, D. Chiba and T. Ono, "Electric field modulation of magnetic anisotropy in MgO/Co/Pt structure," Applied Physics Express, Vol. 6, 073004 (3 pages), June, 2013.
7. H. Saruyama, M. Oogane, Y. Kurimoto, H. Naganuma, and Y. Ando, "Fabrication of L10-ordered MnAl films for observation of tunnel magnetoresistance effect," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 52, 063003 (4 pages), May 2013.
8. H. Tanigawa, T. Suzuki, S. Fukami, K. Suemitsu, N. Ohshima, and E. Kariyada, "Thickness dependence of current-induced domain wall motion in a Co/Ni multi-layer with out-of-plane anisotropy," Applied Physics Letters, Vol. 102, p.p. 152410 (4 pages), April 2013.

【国際会議発表】

1. H. Ohno, "Spintronics: Materials throuth devices to integrated circuits," International Meeting on Spintronics for Integrated Ciucuits Applications and Beyond, **(invited)**, Tokyo, Japan, March 13, 2014
2. H. Ohno, "Nanoscale magnetic tunnel junction," **(invited)**, American Physical Society, March Meeting, Denver, U. S. A., March 3-7, 2014
3. S. D'Ambrosio, L. Chen, F. Matsukura, T. Dietl, and H. Ohno, "ZnO as a spintronics material," AIMR International Symposium 2014 (AMIS), Sendai, Japan, February 17-19, 2014
4. L. Chen, F. Matsukura, T. Dietl, and H. Ohno, "Electric-field modulation of damping constant in (Ga,Mn)As," AIMR International Symposium 2014 (AMIS), Sendai, Japan, February 17-19, 2014
5. S. Fukami, H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Advances in spintronics devices for microelectronics –from spin-transfer torque **(invited)**," 19th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC), Singapore, January 20-23, 2014
6. H. Sato, T. Yamamoto, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, K. Kinoshita, F. Matsukura, N. Kasai, and H. Ohno, "Comprehensive study of CoFeB-MgO magnetic tunnel junction characteristics with single- and double-interface scaling down to 1X nm," 2013 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) Washington, DC, USA, December 9-11, 2013
7. S. Fukami, M. Yamanouchi, K.-J. Kim, T. Suzuki, N. Sakimura, D. Chiba, S. Ikeda, T. Sugibayashi, N. Kasai, T. Ono, and H. Ohno "20-nm magnetic domain wall motion memory with ultralow-power operation," 2013 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) Washington, DC, USA, December 9-11, 2013
8. S. Fukami and H. Ohno, "Three-terminal magnetic domain wall motion device for spintronics VLSIs," **(invited)**, International Japanese-French Workshop on Spintronics, Orsey, France, November 27-28, 2013
9. K. Kim, R. Hiramatsu, T. Koyama, K. Ueda, Y. Yoshimura, D. Chiba, K. Kobayashi, Y. Nakatani, S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Ohno, H. Kohno, G. Tatara, and T. Ono, "Two-barrier stability in current-induced domain-wall motion device," 8th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

10. T. Ohsawa, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "Trend of TMR and variation in Vth for keeping data load robustness of MOS/MTJ hybrid latches," 8th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

11. H. Koike, T. Ohsawa, S. Miura, H. Honjo, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "MTJ resistance distribution of 1-kbit 1T-1MTJ STT-MRAM cell arrays fabricated on a 300-mm wafer," 8th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

12. N. Sakimura, R. Nebashi, M. Natsui, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Sugibayashi, "Analysis of single-event upset in MTJ/MOS-Hybrid circuits employing calculation of switching probability by radiation-induced corrent," 8th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

13. H. Honjo, S. Fukami, K. Ishihara, R. Nebashi, K. Kinoshita, K. Tokutome, M. Murahata, S. Miura, N. Sakimura, T. Sugibayashi, N. Kasai, and H. Ohno, "Three-terminal magnetic tunneling junction device with perpendicular anisotropy CoFeB sensing layer," 8th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

14. D. Suzuki, M. Natsui, A. Mochizuki, S. Miura, H. Honjo, K. Kinoshita, H. Sato, S. Fukami, S. Ikeda, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Fabrication of a perpendicular-MTJ-Based compact nonvolatile programmable switch using shared-writecontrol-transistor structure," 58th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

15. K. Kinoshita, H. Honjo, K. Tokutome, S. Miura, M. Murahata, K. Mizunuma, H. Sato, S. Fukami, S. Ikeda, N. Kasai, and H. Ohno, "Process induced damage by C-O based etching chemistries and its recovery for a CoFeB-MgO magnetic tunnel junction with perpendicular magnetic easy-axis," 58th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

16. H. Sato, Y. Takeuchi, K. Mizunuma, S. Ishikawa, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Temperature dependence of thermal stability factor of CoFeB-MgO magnetic tunnel junctions with perpendicular easy-axis," 58th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

17. S. Ishikawa, H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "Co/Pt multilayer-based magnetic tunnel junctions with thin Ta spacer layer," 58th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

18. C. Zhang, M. Yamanouchi, H. Sato, S. Fukami, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Magnetization reversal induced by in-plane current in Ta/CoFeB/MgO structures with perpendicular magnetic easy axis," 58th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

19. S. Fukami, M. Yamanouchi, K. J. Kim, T. Koyama, D. Chiba, S. Ikeda, N. Kasai, T. Ono, H. Ohno "Distribution of critical current density for magnetic domain wall motion," 58th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

20. H. Ohno, "Material Status and Outlook of STT-Based Memory Technology," **(invited)**, 58th Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Denver, Colorado, U. S. A., November 4-8, 2013

21. S. Fukami, H. Ohno, "Current-induced magnetic domain wall motion in Co/Ni wire and its application to nonvolatile memory devices," **(invited)**, 150 years diplomatic relation Japan-Switzerland, Swiss-Japanese Nanoscience Workshop, Materials Phenomena at Small Scale, Tsukuba, Japan, October 9-11, 2013

22. H. Ohno, "Spintronics Devices for Nonvolatile CMOS VLSIs," **(invited)**, 150 years diplomatic relation Japan-Switzerland, Swiss-Japanese Nanoscience Workshop, Materials Phenomena at Small Scale, Tsukuba, Japan, October 9-11, 2013

23. T. Ohsawa, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "Studies on selective devices for spin-transfer-torque magnetic tunnel junctions," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

24. R. Nebashi, Y. Tsuji, H. Honjo, N. Sakimura, A. Morioka, K. Tokutome, S. Miura, S. Fukami, M.

Yamanouchi, K. Kinoshita, T. Hanyu, T. Endoh, N. Kasai, H. Ohno, and T. Sugibayashi, "Demonstration of a nonvolatile processor core chip with software-controlled trhee-terminal MRAM cells for standby-power critical applications," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

25. H. Koike, T. Ohsawa, S. Miura, H. Honjo, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "Wide operational margin capability of 1kbit STT-MRAM array chip with 1-PMOS and 1-bottom-pin-MTJ type cell," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

26. T. Ohsawa, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "Strategy of STT-MRAM cell design and its power gating technique for low-voltage and low-power cache memoroes," **(invited)**, International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

27. T. Ohsawa, S. Miura, H. Honjo, K. Kinoshita, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "A 4x4 nonvolatile multiplier using novel MTJ-CMOS hybrid latch and flip-flop," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

28. J. Ishihara, Y. Ohno, and H. Ohno, "Mapping of photoexcited local spins in a modulation-doped GaAs/AlGaAs wires," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

29. S. Miura, H. Honjo, K. Tokutome, N. Kasai, S. Ikeda, T. Endoh, and H. Ohno, "Properties of perpendicular-anisotropy magnetic tunnel junctions prepared by different MTJ etching process," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

30. H. Sato, S. Ikeda, S. Fukami, H. Honjo, S. Ishikawa, M. Yamanouchi, K. Mizunuma, F. Matsukura and H. Ohno, "Co/Pt multilayer based reference layers in magnetic tunnel junction for novolatile spintronics VLSIs," International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Fukuoka, Japan, September 24-27, 2013

31. J. Torrejon, J. Kim, J. Sinha, S. Mitani, M. Hayashi, M. Yamanouchi and H. Ohno, "Tuneable chiral domain wall motion by intertwined spin Hall effect and spin transfer torque in ultrathin TaN/CoFeB/MgO," Donostia International Conference on Nanoscaled Magnetism and Applications (ICNMA), San Sebastian, Spain, September 9-13, 2013

32. H. Ohno, "Magnetic Tunnel Junction Technology: Materials and Performance," International Conference on Nanoscale Magnetism (ICNM), Istanbul, Turkey, September 2-6, 2013

33. H. Sato, "Switching current and thermal stability of perpendicular anisotropy CoFeB-MgO based magnetic tunnel junctions," International Conference on Applied Mathematics, Modeling and Computational Science (AMMCS), Waterloo, Canada, August 26-30, 2013

34. M. Yamanouchi, "Spin Hall effect in switching of three terminal magnetic tunnel junction with culr channel," Joint European Magnetic Symposia (JEMS), Rhodes, Greece, August 25-30, 2013

35. J. Ishihara, Y. Ohno, and H. Ohno, "Wire width dependence of suppressed spin dephasing in modulation-doped GaAs/AlGaAs wires," 7th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH7), Chicago, U. S. A., July 29-August 2, 2013

36. H. Ohno, "Introduction to Spintronics for integrated circuit applications," **(invited)**, 7th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH7), Chicago, U. S. A., July 29-August 2, 2013

37. S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Honjo, K. Kinoshita, K. Tokutome, S. Miura, S. Ikeda, N. Kasai, and H. Ohno, "Electrical reliability of Co/Ni wire for domain wall motion devices," International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), Taichung, Taiwan, July 21-25, 2013

38. S. Kanai, M. Yamanouchi, S. Ikeda, Y. Nakatani, F. Matsukura, and H. Onno," Electric-field induced magnetization switching in CoFeB-MgO with different magnetic field angles," International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA),

Taichung, Taiwan, July 21-25, 2013

39. H. Ohno, "Two and three terminal non-volatile spintronics devices for VLSI application," **(invited)**, International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), Taichung, Taiwan, July 21-25, 2013

40. Okada, "Electric field dependence of magnetic properties of CoFeB investigated by ferromagnetic resonance," Summer School and Annual Meeting on Advanced Spintronic Materials and Transport Phenomena (ASPIMATT), Dresden, Germany, July 1-5, 2013
S. Miyakozawa, "Molecular beam epitaxy and characterization of Li codoped (Ga,Mn)As," Summer School and Annual Meeting on Advanced Spintronic Materials and Transport Phenomena (ASPIMATT), Dresden, Germany, July 1-5, 2013

41. S. Kanai, "Electric field-induced magnetization switching in CoFeB-MgO under magnetic fields," Summer School and Annual Meeting on Advanced Spintronic Materials and Transport Phenomena (ASPIMATT), Dresden, Germany, July 1-5, 2013

42. H. Ohno, "Current status and prospect of magnetic tunnel junction," **(invited)**, 7th International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT), Singapore, June 30-July 5, 2013

43. H. Ohno, "What we can learn from ferromagnetism in semiconductors," (plenary), 4th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2013), Kanazawa, Japan, June 17-20, 2013

44. T. Suzuki, H. Tanigawa, Y. Kobayashi, K. Mori, Y. Ito, Y. Ozaki, K. Suemitsu, T. Kitamura, K. Nagahara, E. Kariyada, N. Ohshima, S. Fukami, M. Yamanouchi, S. Ikeda, M. Hayashi, M. Sakao, and H. Ohno, "Low-Current Domain Wall Motion MRAM with Perpendicularly Magnetized CoFeB/MgO Magnetic Tunnel Junction and Underlying Hard Magnets," 2013 Symposia on VLSI Technology, Kyoto, Japan, June 11-13, 2013

45. T. Ohsawa, S. Miura, K. Kinoshita, H. Honjo, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "A 1.5nsec/2.1nsec Random Read/Write Cycle 1Mb STT-RAM Using 6T2MTJ Cell with Background Write for Nonvolatile e-Memories," 2013 Symposia on VLSI Circuits, Kyoto, Japan, June 12-14, 2013

46. S. Matsunaga, N. Sakimura, R. Nebashi, Y. Tsuji, A. Morioka, T. Sugibayashi, S. Miura, H. Honjo, K. Kinoshita, H. Sato, S. Fukami, M. Natsui, A. Mochizuki, S. Ikeda, T. Endoh, H. Ohno, and T. Endoh, "Fabrication of a 99%-Energy-Less Nonvolatile Multi-Functional CAM Chip Using Hierarchical Power Gating for a Massively-Parallel Full-Text-Search Engine," 2013 Symposia on VLSI Circuits, Kyoto, Japan, June 12-14, 2013

47. H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, S. Fukami, F. Matsukura, and H. Ohno, "MgO/CoFeB/Ta/CoFeB/MgO recording structure with low critical current and high thermal stability, **(invited)**," JSPS York-Tohoku Symposium on Magnetic Materials and Spintronic Devices, York, U.K., June 10-12, 2013

48. H. Sato, R. Koizumi, S. Ikeda, M. Yamanouchi, F. Matsukura, and H. Ohno, "$(Co_{100-x}Fe_x)_{80}B_{20}$ composition dependence of interface anisotropy in MgO/CoFeB/Ta stack structure," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 19-24, 2013

49. S. Fukami, H. Sato, M. Yamaguchi, S. Ikeda, and H. Ohno, "Monoatomically-layered CoNi film with perpendicular magnetic anisotropy," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 19-24, 2013

50. K. Ueda, R. Hiramatsu, D. Chiba, H. Tanigawa, T. Suzuki, S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Ohno, Y. Nakatani, T. Ono, "Temperature dependence of spin polarization in Co/Ni nanowires with different Co and Ni thicknesses determined from magnetic domain wall dynamics," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 19-24, 2013

51. M. Kawaguchi, K. Shimamura, S. Ono, S. Fukami, F. Matsukura, H. Ohno, D. Chiba, T. Ono,"Electric field effect on magnetic properties in Fe ultra-thin film," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 19-24, 2013

52. J. Kim, J. Sinha, M. Hayashi, M. Yamanouchi, S. Fukami, T. Suzuki, S. Mitani and H. Ohno, "Current-induced effective field vector in Ta | CoFeB | MgO with various layer thicknesses," The

8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 19-24, 2013

53. Y. Yoshimura, T. Koyama, D. Chiba, Y. Nakatani, S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Ohno, T. Ono, "Influence of in-plane magnetic fields on current-induced domain wall motion in a perpendicularly magnetized Co/Ni nanowire," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 19-24, 2013

54. K. J. Kim, R. Hiramatsu, T. Koyama, K. Ueda, Y. Yoshimura, D. Chiba, K. Kobayashi, Y. Nakatani, S. Fukami, M. Yamanouchi, H. Ohno, T. Ono, "Quantitative determination of intrinsic energy barrier for current induced domain wall motion," 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 19-24, 2013

55. T. Ohsawa, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "A 1-Mb STT-MRAM with Zero-Array Standby Power and 1.5-ns Quick Wake-Up by 8-b Fine-Grained Power Gating," 5th IEEE International Memory Workshop (IMW), Monterey, California, U.S.A., May 26-29, 2013

【国際会議発表】(連携研究)

1. T. Hanyu, "Challenge of MTJ-Based Nonvolatile Logic-in-Memory Architecture Towards Dark-Silicon Logic LSI **(invited)**," Workshop on Network on Chip between HKUST and CREST-DVLSI, Lo Ka Chung Building, HKUST, Hong Kong, China, December 14, 2013

2. T. Ono, "Current-induced domain wall motion: spin transfer torque v.s. spin Hall torque **(invited)**," The 8th International Conference on Advanced Materials and Devices, Jeju, Korea, December 11, 2013

3. T. Endoh, "Is there life beyond conventional CMOS? **(invited),"** 2013 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), Washington DC, US, December 10, 2013

4. T. Endoh, "STT-MRAM and its NV-Logic applications for Ultimate Power Management **(invited)**," SEMATECH-imec Workshop, Washington DC, US, December 8, 2013

5. T. Ono, "Current-induced domain wall motion: Spin transfer torque v.s. spin Hall torque **(invited)**," International Japanese-French Workshop on Spintronics, Orsey, France, November 28, 2013

6. T. Ono, "Current-induced domain wall motion in perpendicularly magnetized Co/Ni multilayered wires **(invited)**," Asia-Pacific Data Storage Conference 2013, Hualien, Taiwan, November 21, 2013

7. T. Ono, "Mechanisms of current-induced domain wall motion **(invited)**," Nano-scale dynamics in magnetism workshop, KRISS, Daejeon, Korea, November 16, 2013

8. M. Hayashi, "Spin orbit torques in Ta|CoFeB|MgO magnetic heterostructures **(invited)**," 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Conference, Denver, Colorado, U.S.A., November 7, 2013

9. T. Endoh, "STT-MRAM and NV-Logic for Low Power Systems **(invited)**," International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC), Japan, November 6, 2013

10. M. Hayashi, "Magnetization switching using spin orbit torques in CoFeB|MgO magnetic heterostructures **(invited)**," 224th Electrochemical society meeting, San Francisco, CA, October 30, 2013

11. H. Naganuma, "Bi based multiferroic thin films **(invited)**," Energy material nanotechnology, China, October 22, 2013

12. T. Ono, "Current-induced domain wall motion and its application **(invited)**," NSFC-JSPS seminar on magnetic surface and films with novel characterization method, Fudan Univeristy, October 21, 2013

13. T. Ono, "Current-induced domain wall motion: **(invited)**," Kavli Institute for Theoretical Physics: Concepts in Spintronics, Santa Barbara, CA, October 1, 2013

14. M. Hayashi, "Spin orbit torques and current induced domain wall motion in magnetic heterostructures **(invited)**," Kavli Institute for Theoretical Physics: Concepts in Spintronics, Santa Barbara, CA, September 30, 2013

15. T. Endoh, "Impact of 3D structured Memory and Spintronics based NV-Memory for High Performance & Low Power Systems **(invited)**," 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), Fukuoka, Japan, September 24, 2013

16. P. N. Hai and M. Tanaka, "Spin-dependent transport phenomena in III-V semiconductor heterostructures with ferromagnetic MnAs nano-scale particles **(invited)**," Vietnamese-Japanese Students' Scientific Exchange Meeting (VJSE), Osaka, Japan, September 23, 2013

17. T. Ono, "Current-induced domain wall motion: Adiabatic spin transfer torque v.s. Spin Hall torque **(invited)**," EASTMAG 2013 (Vth Euro-Asian Symposium "Trends in MAGnetism"), Vladivostok, Russia, September 16, 2013

18. M. Hayashi, "Current induced spin orbit torques in CoFeB|MgO magnetic heterostructures **(invited)**," Donostia International Conference on Nanoscaled Magnetism and Applications, San Sebastian, Spain, September 10, 2013

19. T. Endoh, "Spintronics Based NV-Memory/Logic for Low Power Systems **(invited)**," 13th Non-Volatile Memory Technology Symposium (NVMTS 2013), University of Minnesota, Minneapolis, USA, August 14, 2013

20. H. Hanyu, "Towards a Nonvolatile VLSI Processor Using MTJ/MOS-Hybrid Logic-in-Memory Architecture **(invited)**," 13th Non-Volatile Memory Technology Symposium (NVMTS 2013), University of Minnesota, Minneapolis, USA, August 13, 2013

21. T. Ono, "Current-induced domain wall motion: **(invited)**," International French-US Workshop: Toward low power spintronic devices, San Diego, California, U.S.A., July 10, 2013

22. M. Tanaka, "Recent progress of ferromagnetic semiconductors: Electron-induced n-type ferromagnetic semiconductor (In,Fe)As **(invited)**," 16th International Symposium on the Physics of Semiconductors and Applications (ISPSA-2013), Jeju, Korea, July 3, 2013

23. T. Endoh, "Innovative Si-based Integrated Electronic Systems - Novel Trend with 3D Structual Cell and Spintronics Technology - **(invited)**," Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), Seoul, Korea, June 26, 2013

24. M. Shirai, M. Tsujikawa, Y. Miura, "Ab inito study on magneto-crystalline anisotropy in Co-Fe/MgO junctions **(invited)**," International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy, Awaji, Japan, June 19, 2013

25. Y. Miura, M. Tsujikawa, M. Shirai, "A first-principles study on magneto-crystalline anisotropy at interfaces of Fe with various non-magnetic metals **(invited)**," International Workshop of Computational Nano-Materials Design on Green Energy, Awaji, Japan, June 19, 2013

26. M. Shirai, M. Tsujikawa, Y. Miura, "First-principles study on magneto-crystalline anisotropy at Co-Fe-Al/MgO interfaces **(invited)**," JSPS York-Tohoku Research Symposium on "Magnetic Materials and Spintronic devices" York, UK, June 11, 2013

27. T. Endoh, "Spintronics Based NV-Memory/Logic for High Performance & Low Power Systems **(invited)**," 2013 Symposium on VLSI Technology, Kyoto, Japan, June 10, 2013

28. M. Oogane, H. Saruyama, Y. Kurimoto, H. Naganuma and Y. Ando, "Magnetic tunnel junctions with perpendicularly magnetized L10-ordered MnAl electrode **(invited)**," JSPS York-Tohoku Research Symposium on "Magnetic Materials and Spintronic devices" York, UK, June 10, 2013.

29. T. Hanyu, "MTJ-Based Nonvolatile Logic-in-Memory Architecture for Ultra-Low-Power VLSI Chips **(invited)**," 2013 Spintronics Workshop on LSI, Kyoto, Japan, June 10, 2013

30. T. Hanyu, "Challenge of MTJ/MOS-Hybrid Logic-in-Memory Architecture for Nonvolatile VLSI Processor **(invited)**," 2013 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2013), Beijing, China, May 20, 2013

31. T. Ono, "Current-induced domain wall motion: intrinsic pinning and two barrier stability

(invited)," 9th International Symposium on Hysteresis Modeling and Micromagnetics, Taormina, Italy, May 13, 2013

32. T. Ono, "Electrical control of magnetization **(invited)**," The 11th International Conference on Ferrites, Okinawa Convention Center, Okinawa, Japan, Apr 17, 2013
33. T. Ono, "Current-induced magnetic domain wall motion: Intrinsic pinning and two barrier stability **(invited)**," Newspin3 Conference, Mainz, Germany, Apr 5, 2013
34. M. Odaka, "Ultra-low Energy Computing Technology for Environmentally-friendly Social Innovation," The 2013 International Conference on Integrated Circuits, Design and Verification, Ho Chi Minh City, Vietnum, November 16, 2013
35. S. Iihama, M. Khan, H. Naganuma, M. Oogane, S. Mizukami, Y. Ando, and T. Miyazaki, "Magnetization dynamics for L10-FePd thin films with perpendicular magnetic anisotropy," 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Conference, Denver, Colorado, U.S.A., November 7, 2013
36. T. Ueno, N. Inami, Y. Takeichi, J. Sinha, S. Mitani, M. Hayashi and K. Ono, "Interface magnetism of Ta/CoFeB/MgO heterostructures investigated by X-ray magnetic circular dichroism," 58th Annual Magnetism and Magnetic Materials (MMM) Conference, Denver, Colorado, U.S.A., November 5, 2013
37. N. T. Tu, L. D. Anh, P. N. Hai, and M. Tanaka, "Epitaxial growth and properties of n-type magnetic semiconductor (In,Co)As," 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), Fukuoka, Japan, September 26, 2013
38. D. Suzuki, M. Natsui, A. Mochizuki, and T. Hanyu, "Design of a Three-Terminal MTJ-Based Nonvolatile Logic Element with a 2-ns 64-Bit-Parallel Reconfiguration Capability," 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), Fukuoka, Japan, September 26, 2013
39. M. Kobayashi, I. Muneta, T. Schmitt, J. Krempasky, Y. Takeda, Y. Harada, A. Fujimori, S. Ohya, M. Tanaka, M. Oshima, and V. N. Strocov, "Unveiling the Impurity Band Inducing Ferromagnetism in Magnetic Semiconductor (Ga,Mn)As," International Conference on Light and Particle Beams in Materials Science 2013, Tsukuba, Japan, August 30, 2013
40. P. N. Hai and M. Tanaka, "Spin-dependent transport phenomena in ferromagnetic MnAs nano-scale particles/ GaAs semiconductor hybrid system," IXth Rencontres du Vietnam, Nanophysics: from Fundamentals to Applications, Quy-Nhon, Vietnam, August 8, 2013
41. T. Kanaki, I. Muneta, S. Ohya, and M. Tanaka, "Complex energy dependence of tunneling anisotropic magnetoresistance associated with the impurity band in GaMnAs," 7th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech VII), Chicago, USA, August 1, 2013
42. I. Muneta, H. Terada, S. Ohya, and M. Tanaka, "Valence-band ordering restored by ferromagnetism in GaMnAs," 7th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech VII), Chicago, USA, August 1, 2013
43. P. N. Hai, S. Furukawa, L. D. Anh, M. Tanaka, "Effects of co-doping on electronic and magnetic properties of n-type electron-induced ferromagnetic semiconductor (In,Fe)As," 7th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech VII), Chicago, USA, July 31, 2013
44. T. Yu, H. Naganuma, N. Inami, M. Oogane, Y. Ando, "Detection of bias dependence of spin transfer torque in CoFeB/MgO/CoFeB p-MTJs using spin transfer diode effect," 3rd International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), Taichung, Taiwan, July 25, 2013
45. M. Tsujikawa, Y. Miura, M. Shirai, "The influence of Co and B atoms on the perpendicular magnetic anisotropy of MgO/CoFeB film," 3rd International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), Taichung, Taiwan, July 24, 2013
46. Y. Miura, M. Shirai, "Theoretical study on tunneling magnetoresistance of manetic tunnel

junctions with $D0_{22}$-$Mn_{3}Z$ (Z = Ga, Ge)," 3rd International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), Taichung, Taiwan, July 23, 2013

47. K. Mukaiyama, H. Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, "Exchange bias for tetragonal and rhombohedral $BiFeO_3$/CoFe bilayers," 3rd International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications (ISAMMA), Taichung, Taiwan, July 23, 2013

48. S. Ohuchida, and T. Endoh, "A Study of Time-Resolved Switching Characteristic in Perpendicular Magnetic Tunnel Junction," Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), Seoul, Korea, June 26, 2013

49. H. Koike, T. Ohsawa, and T. Endoh, "Verification of Simulation Time Improvement for SPICE Simulator using Built-in MTJ Model," International Workshop on Computational Electronics (IWCE), Nara, Japan, June 5, 2013

50. S. Iihama, S. Mizukami, Q. L. Ma, T. Kubota, H.Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, T. Miyazaki, "Precessional magnetization dynamics for Ta/CoFeB/MgO thin films investigated using all-optical pump-probe detection," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 23, 2013

51. H. Naganuma, K. Hatakeyama, Y. Kawada, G. Kim., I. Khan N. Inami., M Oogane, Y Ando, "Spin torque diode effect of millimeter wave using L1o-ordered alloy in magnetic tunnel junctions," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 23, 2013

52. K. Mukaiyama, H. Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, "Exchange bias properties in rhombohedral and tetragonal BiFeO3/CoFe bilayers," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 22, 2013

53. K. Yamada, "Investigation of electric field effect on magnetic anisotropy in Co ultra-thin films," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 22, 2013

54. S. Ozaki, M. Tsujikawa, Y. Miura, K. Abe, M. Shirai, "A first-principles study on magnetic anisotropy of Fe/Ni multilayers," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 22, 2013

55. T. Yu, H. Naganuma, N. Inami, M. Oogane, Y. Ando, "Observation of spin torque diode effect in CoFeB/MgO/CoFeB magnetic tunnel junction with perpendicular magnetic anisotropy," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 22, 2013.

56. M. Oogane, H. Saruyama, Y. Kurimoto, H. Naganuma, Y. Ando, "Perpendicularly magnetized L10-ordered MnAl thin films," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 22, 2013

57. Y. Ma, T. Shibata, and T. Endoh, "An MTJ-Based Nonvolatile Associative Memory Architecture With Intelligent Power-Saving Scheme for High-Speed Low-Power Recognition Applications," 2013 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2013), Beijing, China, May 21, 2013

58. K.-J. Kim, "Quantitative determination of intrinsic energy barrier for current induced domain wall motion," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 20, 2013

59. M. Natsui, T. Hanyu, N. Sakimura and T. Sugibayashi, "MTJ/MOS-Hybrid Logic-Circuit Design Flow for Nonvolatile Logic-in-Memory LSI," 2013 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2013), Beijing, China, May 20, 2013

60. M. Tsujikawa, D. Mori, Y. Miura, M. Shirai, "Perpendicular magnetic anisotropy and its electrical modulation of MgO/Co2FeAl interface: A first-principles study," The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), Kyoto, Japan, May 20, 2013

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. A. Satou, Y. Koseki, V. Ryzhii, V. Vyurkov, and T. Otsuji, "Damping of terahertz plasmons in graphene coupled with surface plasmons in heavily-doped substrate," J. Appl. Phys., Vol. 115, Iss. 10, pp. 104501-1-7, 2014. DOI: 10.1063/1.4867971

2. T. Otsuji, V. Popov, and V. Ryzhii, “Active graphene plasmonics for terahertz device applications,” J. Phys. D., Vol. 47, Iss. 09, pp. 094006-1-10, 2014. DOI: 10.1088/0022-3727/47/9/094006

3. D. Svintsov, V. Vyurkov, A. Orlikovsky, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "All-graphene field-effect transistor based on lateral tunnelling," J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 47, Iss. 09, pp. 094002-1-8, 2014. DOI: 10.1088/0022-3727/47/9/094002

4. A.A. Dubinov, V. Ya. Aleshkin , V. Ryzhii , M.S. Shur , and T. Otsuji, "Surface-plasmons lasing in double-graphene-layer structures," J. Appl. Phys., Vol. 115, Iss. 04, pp. 044511-1-6, 2014. DOI: 10.1063/1.4863797

5. M. Ryzhii, V. Ryhii, T. Otsuji, P. P Maltsev, V.G Leiman, N. Ryabova, and V. Mitin, "Double injection, resonant-tunneling recombination, and current-voltage characteristics in double-graphene-layer structures," J. Appl. Phys., Vol. 115, pp. 024506-1-8, Jan. 2014. DOI: 10.1063/1.4861734

6. A. Satou, S. Koseki, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Transient stimulated emission from multi-split-gated graphene structure," J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 47, Iss. 05, pp. 055103-1-8, Jan. 2014.DOI: 10.1088/0022-3727/47/5/055103

7. D. Svintsov, V. Vyurkov, V. Ryzhii, T. Otsuji, and S. Yurchenko, "Electron hydrodynamics and nonlinear wave propagation in graphene," Phys. Rev. B, Vol. 88, Iss. 24, pp. 245444-1-8, Dec.

2013.DOI: 10.1103/PhysRevB.88.245444

8. A.R. Davoyan, M.Y. Morozov, A. Satou, V.V. Popov, and T. Otsuji, "Graphene surface emitting terahertz laser," Appl. Phys. Lett., Vol. 103, Iss. 25, pp. 251102-1-4, 2013. DOI: 10.1063/1.4850522

9. V. Ryzhii, A.A. Dubinov, T. Otsuji, V.Ya. Aleshkin, M. Ryzhii, and M. Shur, "Double-graphene-layer terahertz laser: concept, characteristics, and comparison," Opt. Express, Vol. 21, No. 25, pp. 31569-31579, Dec. 2013. DOI:10.1364/OE.21.031567

10. T. Otsuji, T. Watanabe, S.A. Boubanga Tombet, A. Satou, V. Ryzhii, V. Popov, and W. Knap, "Emission and detection of terahertz radiation using two dimensional plasmons in semiconductor nano-heterostructures for nondestructive evaluations," J. Opt. Eng., Vol. 53, Iss. 3, pp. 031205-1-13, 2013. doi: 10.1117/1.OE.53.3.031205

11. V.V. Popov, O.V. Polischuk, S.A. Nikitov, V. Ryzhii, T. Otsuji and M.S. Shur, "Amplification and lasing of terahertz radiation by plasmons in graphene with a planar distributed Bragg resonator," Journal of Optics, Vol. 15, pp. 114009-1-8, Oct. 2013. DOI: 10.1088/2040-8978/15/11/114009

12. M. Yang, S. Takabayashi, S. Ogawa, H. Hayashi, R. Jesko, T. Otsuji, and Y. Takakuwa, "Formation of diamond-like carbon films by photoemission-assisted plasma-enhanced chemical vapor deposition," Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 52, pp. 110123-1-11, Oct. 2013. DOI: 10.7567/JJAP.52.110123

13. V. Ryzhii, A.A. Dubinov, V.Ya. Aleshkin, M. Ryzhii, and T. Otsuji, "Injection terahertz laser using the resonant inter-layer radiative transitions in double-graphene-layer structure," Appl. Phys. Lett., Vol. 103, pp. 163507-1-4, Oct. 2013. DOI: 10.1063/1.4826113

14. V. Ryzhii, A. Satou, T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Mitin and M.S. Shur, "Dynamic effects in double graphene-layer structures with inter-layer resonant-tunneling negative conductivity," J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 46, Iss. 31, pp. 315107-1-6, July 2013. DOI: JPhysD/46/315107

15. T. Watanabe, T. Fukushima, Y. Yabe, S.A. Boubanga Tombet, A. Satou, A.A. Dubinov, V. Ya Aleshkin, V. Mitin, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Gain enhancement effect of surface plasmon polaritons on terahertz stimulated emission in optically pumped monolayer graphene," New Journal of Physics, Vol. 15, Iss. 7, pp. 075003-1-11, July 2013. DOI:10.1088/1367-2630/15/7/075003

16. H. Fukidome, Y. Kawai, H. Handa, H. Hibino, H. Miyashita, M. Kotsugi, T. Ohkochi, M. Jung, T. Suemitsu, T. Kinoshita, T. Otsuji, and M. Suemitsu, "Site selective epitaxy of graphene on Si wafers," Proceeding of the IEEE, Vol. 101, pp. 1557-1566, 2013. (invited) DOI: 10.1109/JPROC.2013.2259131

17. M.-H. Jung, G.-H. Park, T. Yoshida, H. Fukidome, T. Suemitsu, T. Otsuji, and M. Suemitsu, "High-Performance Graphene Field-Effect Transistors with Extremely small access length using self-aligned source and drain techniques," Proceeding of the IEEE, Vol. 101, pp. 1603-1608, 2013. (invited) DOI: 10.1109/JPROC.2013.2258651

18. V. Ryzhii, I. Semenikhin, M. Ryzhii, D. Svintsov, V. Vyurkov, A. Satou, and T. Otsuji, "Double injection in graphene p-i-n structures," J. Appl. Phys., Vol. 113, Iss. 24, pp. 244505-1-9, June 2013. DOI: 10.1063/1.4812494

19. V. Ryzhii, M. Ryzhii , V. Mitin , M.S. Shur , A. Satou , and T. Otsuji, "Terahertz photomixing using plasma resonances in double-graphene layer structures," J. Appl. Phys., Vol. 113, Iss. 17, pp. 174506-1-7, May 2013. DOI: 10.1063/1.4804063

20. A. Satou, V. Ryzhii, Y. Kurita, and T. Otsuji, "Threshold of terahertz population inversion and negative dynamic conductivity in graphene under pulse photoexcitation," J. Appl. Phys., Vol. 113, Iss. 14, pp. 143108-1-7, April 2013. DOI: 10.1063/1.4801916

【国際会議発表】

1. T. Otsuji, A. Satou, T. Watanabe, A. Dubinov, V. Popov, V. Mitin, and V. Ryzhii, "Terahertz-wave Generation Using Graphene and Compound Semiconductor Nanoheterostructures," NGC: Int. Symp. on Nano and Giga Challenges in Electronics, Photonics and Renewable Energy, Phoenix, AZ, USA, 10-14 March, 2014. **(invited)**

2. T. Otsuji, A. Satou, T. Watanabe, S.A. Boubanga Tombet, A. Dubinov, V. Popov, V. Mitin, and V. Ryzhii, "Graphene active plasmonics and their applications to terahertz lasers and sensors," SPIE OPTO, Conference on "Quantum Sensing and Nanophotonic Devices XI," 8993-80; Proc. SPIE, vol. 8993, pp. 899327-1-12, San Francisco, CA, USA, 1 - 6 Feb., 2014.

3. T. Otsuji, A. Satou, S. Boubanga Tombet, A.A. Dubinov, V.V. Popov, V. Ryzhii, and M.S. Shur, "Graphene active plasmonics for new types of terahertz lasers," WOFE: Workshop On Frontiers in Electronics, San Juan, Puerto Rico, Dec. 17 - 20 2013. **(invited)**

4. K. Kobayashi, S. Hatakeyama, T. Yoshida, D. Piedrab, T. Palacios, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "Current collapse suppression in AlGaN/GaN HEMTs by Means of Slant Field Plates Fabricated by Multi-layer SiCN," ISDRS: International Semiconductor Device Research Symposium, Bethesda, MD, USA, Dec. 11-13, 2013.

5. T. Otsuji, M. Suemitsu, and V. Ryzhii, "Graphene materials and devices for terahertz science and technology," APMC: Asia-Pacific Microwave Conference, F2A-3, Seoul, Korea, Nov. 5-8, 2013. (invited)

6. T. Otsuji, T. Watanabe, S. Boubanga Tombet, T. Suemitsu, V. Popov, and W. Knap, "Terahertz emission and detection using two dimensional plasmons in semiconductor nano-heterostructures for sensing applications," Proc. IEEE Sensors Conf., (4pages), Baltimore, Maryland, USA, Nov. 4-6, 2013. DOI: 10.1109/ICSENS.2013.6688150

7. R. Jesko, H. Hayashi, S. Ogawa, S. Takabayashi, T. Etoh, Y. Kurita, T. Otsuji and Y. Takakuwa, "Thermal Stability of Thick DLC Dielectric Films for Graphene-Channel THz Laser Prepared by Photoemission-Assisted Plasma-Enhanced CVD," ACSIN: 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures, 7PN-31, Tsukuba, Japan, Nov. 7, 2013.

8. S. Takabayashi, H. Hayashi, M. Yang, R. Jesko, S. Ogawa, T. Otsuji and Y. Takakuwa, "Growth Mechanism Analysis and Precise Control of Electrical and Optical Characteristics of Diamond-Like Carbon Films," ACSIN: 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures,7PN-33, Tsukuba, Japan, Nov. 7, 2013.

9. S. Takabayashi, H. Hayashi, M. Yang, R. Jesko, R. Shishido, S. Ogawa, T. Otsuji and Y. Takakuwa, "Formation of a δ-Doped Diamond-Like Carbon Film with a Modulation-doped Gate Dielectric Structure," ACSIN: 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures,7PN-34, Tsukuba, Japan, Nov. 7, 2013.

10. T. Otsuji, "Graphene active plasmons toward the new types of terahertz lasers," ICECom: 21st International Conference on Applied Electromagnetics and Communications, Dubrovnik, Croatia, October 14-16, 2013. **(invited)**

11. Y. Kurita, G. Ducournau, D. Coquillat, K. Kobayashi, A. Satou, Y.M. Meziani, V.V. Popov, W. Knap, T. Suemitsu, and T. Otsuji, "Ultrahigh sensitive non-resonant and resonant terahertz detection by asymmetric dual-grating gate HEMTs," SSDM: International Conf. on Solid State Devices and Materials, SeaHauk Resort, Fukuoka, Japan, Sept. 26, 2013.

12. A. Satou, Y. Kurita, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz population inversion in optically pumped graphene: dependence on pumping photon energy," 2013 JSAP-MRS Joint Symposia Symposium C: dvanced Nano Carbon Devices and Materials, 19p-M8-9, Doushisha-Univ., Kyoto, Japan, Sept 19, 2013.

13. K. Kojima, T. Fukushima, P. Russel, T. Watanabe, A. Satou, J. Kono, and T. Otsuji, "Terahertz resonant absorption in graphene micro-ribbon array," 2013 JSAP-MRS Joint Symposia Symposium C: dvanced Nano Carbon Devices and Materials, 19p-M8-10, Doushisha-Univ., Kyoto, Japan, Sept 19, 2013.

14. T. Yoshida, K. Kobayashi, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "Impact of T-gate stem height on parasitic gate delay time in InGaAs-HEMTs,"ESSDERC: European Symposium on Solid-state Devices and Circuits, Dobrobnik, Croatia, Sept. 16-20, 2013.

15. T. Kawasaki, A. Dobroiu, T. Eto, Y. Kurita, K. Kojima, Y. Yabe, H. Sugiyama, T. Watanabe, S. Takabayashi, T. Suemitsu, V. Ryzhii, K. Iwatsuki, T. Otsuji, Y. Fukada, J. Kani, J. Terada, and N. Yoshimoto, "Graphene-channel FETs for photonic frequency double-mixing conversion over the sub-THz band," ESSDERC: European Symposium on Solid-state Devices and Circuits, Bucharest, Romania, Sept. 16-20, 2013.

16. H. Sugiyama, Takayuki Watanabe, Yuki Kurita, Akira Satou, Kenji Kawahara, Hiroki Ago, Victor Ryzhii, Taiichi Otsuji, "Observation of Spontaneous Terahertz Emission from Optically Pumped Graphene," RPGR2013: Recent Progress on Graphene Research, 12p-P4-35, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, Sept. 9-13, 2013.

17. A. Satou, Y. Koseki, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Damping of terahertz plasmons in graphene by heavily-doped substrate,"RPGR2013: Recent Progress on Graphene Research, 12p-P4-31, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, Sept. 9-13, 2013.

18. T. Kawasaki, T. Eto, K. Kojima,Y. Kurita, Y. Yabe, H. Sugiyama, T. Watanabe, A. Dobroiu, S. Takabayashi, Y. Fukada, J. Kani, J. Terada, N. Yoshimoto, T. Suemitsu, V. Ryzhii, K. Iwatsuki, T. Otsuji, "Graphene-Channel FETs with DLC gate insulator for Photonic Frequency Double-Mixing Conversion over the Sub-THz Band," RPGR2013: Recent Progress on Graphene Research, 12a-P3-47, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, Sept. 9-13, 2013.

19. V. Ryzhii, A. Satou T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Mitin, M. S. Shur, "Concepts of plasmonic terahertz devices based on double-graphene layer structures,"RPGR2013: Recent Progress on Graphene Research, 10p-A3-O1, Tokyo Tech Front, Tokyo, Japan, Sept. 9-13, 2013.

20. T. Otsuji, T. Watanabe, S. Boubanga Tombet, A. Satou, A.A. Dubinov, V. Popov, and V. Ryzhii, "Graphene Active Plasmonics for Superradiant Terahertz Lasing," IRMMW-THz: International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, Mainz, Germany, Sept. 1-6, 2013. **(plenary, invited)**

21. S. Hatakeyama, K. Kobayashi, T. Yoshida, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "Fabrication of slant field plates for AlGaN/GaN HEMTs by multi-layer SiCN," TWHM: Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics, Hakodate, Japan, Sept. 2-5, 2013.

22. A. Satou, V. Ryzhii, F.T. Vasko, V.V. Mitin, and T. Otsuji, "Simulation of terahertz plasmons in graphene with grating-gate structures," SISPAD: The International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices, P17, Glasgow, Scotland, UK, Sept. 3-5, 2013.

23. T. Otsuji, T. Watanabe, S. Boubanga Tombet, V. Popov, and W. Knap, "Plasmon-resonant terahertz emitters/detectors/modulators and their system applications," TWHM: Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics, Hakodate, Japan, Sept. 2-5, 2013. **(invited)**

24. V. Ryzhii, Infrared and terahertz devices based on double-graphene-layer structures: Concepts, features, and comparison, Asian School-Conference on Physics and Technology of Nanostructured Materials Vladivostok, Russia, 20-27 August, 2013. **(invited)**

25. V. Ryzhii, T. Otsuji, A. Satou, M. Ryzhii, V. Mitin, and M.S. Shur, "Resonant plasmonic terahertz photomixing in double-graphene layer structures", EDISON: The 18th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, Mo1-4, Matsue, Japan, July 22-26, 2013.

26. A. Satou, V. Ryzhii, V.V. Mitin, F.T. Vasko, and T. Otsuji, "Frequency dispersion and damping mechanisms of terahertz plasmons in graphene transistor structures," EDISON: The 18th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, Mo1-5, Matsue, Japan, July 22-26, 2013.

27. R. Jesko, M. Yang, H. Hayashi, S. Ogawa, S. Takabayashi, T. Etou, Y. Kurita, T. Otsuji, and T. Takakuwa, "Deposition of thick dielectric films of diamond-like carbon for graphene-channel THz laser by photoemission-assisted plasma-enhanced CVD," ISSP: the 12th Int. Symp. on Sputtering & Plasma Processes, PI-4, Kyoto, Japan, July 12, 2013.

28. Y. Fukada, J. Kani, J. Terada, N. Yoshimoto, and T. Otsuji, "Calibration technique for optical-comb-based frequency-response measurement systems," OECC: 18th OptoElectronics andCommunications Conference, ThP1-2, Kyoto, Japan, June 27, 2013.

29. T. Watanabe, T. Fukushima, P.A. Russel, A. Satou, D.M. Mittleman, J. Kono, and T. Otsuji, "Observation of Terahertz Resonant Absorption in Graphene Micro-Ribbon Arrays," CLEO-PR: 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, WC4-2, Kyoto, Japan, June 26, 2013.

30. T. Otsuji, A. Satou, S. Boubanga Tombet, M. Ryzhii, and V. Ryzhii, "Challenges to create graphene terahertz lasers," CC3DMR: Collaborative Conference on 3D & Materials Research Abstract, p. 659, Jeju, South Korea, June 27, 2013. **(invited)**

31. T. Watanabe, Y. Kurita, A. Satou, T. Suemitsu, W. Knap, V. V. Popov, and T. Otsuji, "Plasmonic terahertz monochromatic coherent emission from an asymmetric chirped dual-grating-gate InP-HEMT with a photonic vertical cavity," DRC 71st Device Research Conference Dig., III-40, Notre Dame, IN, USA, June 24, 2013.

32. A. Satou, V. Ryzhii, E.T. Vasko, V.V. Mitin, and T. Otsuji, "Frequency dispersion and damping mechanisms of terahertz plasmons in graphene transistor structure," CLEO: Conference on Lasers and Electrooptics Dig., JTh2A.33 San Jose, CA, USA, June 13, 2013.

33. T. Watanabe, A. Satou, T. Suemitsu, W. Knap. V.V. Popov, and T. Otsuji, "Plasmonic Terahertz Monochromatic Coherent Emission from an Asymmetric Chirped Dual-Grating-Gate InP-HEMT with a Photonic Vertical Cavities,"CLEO: Conference on Lasers and Electrooptics Dig., CW3K.7, San Jose, CA, USA, June 12, 2013.

34. T. Otsuji, "Challenge to create graphene terahertz lasers," RJUS-2013: the 2nd Russia-Japan-USA Symposium on the Fundamental and Applied Problems of Terahertz Devices and Technologies, Moscow, Russia, June 3-7, 2013. **(invited)**

35. V. Ryzhii, "Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies," RJUS-2013: the 2nd Russia-Japan-USA Symposium on the Fundamental and Applied Problems of Terahertz Devices and Technologies, Moscow, Russia, June 3-7, 2013. **(plenary)**

36. A. Satou, "Frequency Dispersion and Damping Mechanisms of Terahertz Plasmons in Graphene Transistor Structures," RJUS-2013: the 2nd Russia-Japan-USA Symposium on the Fundamental and Applied Problems of Terahertz Devices and Technologies, Moscow, Russia, June 3-7, 2013.

37. M. Ryzhii, T. Otsuji, M.S. Shur, V. Mitin, and V. Ryzhii, "Plasma Resonant Terahertz Photomixers Based on Double Graphene Layer Structures," RJUS-2013: the 2nd Russia-Japan-USA Symposium on the Fundamental and Applied Problems of Terahertz Devices and Technologies, Moscow, Russia, June 3-7, 2013.

38. T. Otsuji, "Active plasmons in grapheme: toward the new types of terahertz lasers," WOCSDICE: 37th Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits held in Europe, Warnemünde, Germany, May 26-29, 2013. (invited)

39. Y. Kurita, G. Ducournau, K. Kobayashi, Y.M. Meziani, V.V. Popov, W. Knap, and T. Otsuji, "Extremely-High Sensitive Terahertz Detector based on Dual-Grating Gate InP-HEMTs," IPRM: Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, ThD1-4, Kobe, Japan, May 23, 2013.

40. T. Otsuji, T. Watanabe, S. Boubanga Tombet, T. Suemitsu, D. Coquillat, W. Knap. D. Fateev, and V. Popov, "Asymmetric dual-grating gate InGaAs/InAlAs/InP HEMTs for ultrafast and ultrahigh sensitive terahertz detection," IPRM: Int. Conf. on Indium Phosphide and Related Materials, ThD1-1, Kobe, Japan, May 23, 2013. **(invited)**

41. T. Watanabe, A. Satou, T. Suemitsu, W. Knap. V.V. Popov, and T. Otsuji, "Plasmonic Terahertz Monochromatic Coherent Emission from an Asymmetric Chirped Dual-Grating-Gate InP-HEMT with Highly Asymmetric Resonant Cavities," ISCS: Int. Symp. on Coumpound Semiconductors, TuC4-5, Kobe, Japan, May 21-24, 2013.

42. T. Otsuji, T. Watanabe, S. Satou, V. Popov, and V. Ryzhii, "Graphene active plasmonic metamaterials for new types of terahertz lasers," SPIE-DSS: SPIE Conf. on Defense,

Security+Sensing, DS203 Conf. on "Terahertz Physics, Devices, and Systems VII: Advance Application in Industry and Defense," 8716-24; Proc. SPIE, vol. 8716, pp. 87160P-1-12, Baltimore, MD, USA, April 29 - May 3, 2013. **(invited)**

43. T. Otsuji, T. Watanabe, S. Boubanga Tombet, A. Satou, V. Ryzhii, V. Popov, and W. Knap, "Emission and detection of terahertz radiation using two dimensional plasmons in semiconductor nano-heterostructures for nondestructive evaluations," SPIE-DSS: SPIE Conf. on Defense, Security+Sensing, DS109 Conf. on "Multifunctional and Adaptive Structural Materials," 8725-13; Proc. SPIE, vol. 8725, pp. 87250F-1-16, Baltimore, MD, USA, April 29 - May 3, 2013. (invited)

44. T. Watanabe, Y. Kurita, S. Boubanga Tombet, T. Suemitsu, T. Otsuji, D. Coquillat, W. Knap, D. Fateev, V.V. Popov, H. Minamide, H. Ito, and Y. Meziani, "Asymmetric dual-grating gate InGaAs/InAlAs/InP HEMTs for ultrafast and ultrahigh sensitive terahertz detection," GSMM: 6th Global Symposium on Millimeter-Waves, M4-6, Sendai, Japan, April 22, 2013.

45. A. Satou, V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Mitin, and M.S. Shur, "Graphene terahertz lasers: injection versus optical pumping," GSMM: 6th Global Symposium on Millimeter-Waves, M4-5, Sendai, Japan, April 22, 2013.

46. T. Otsuji, A. Satou, S.A. Boubanga Tombet, M. Ryzhii, V. Ryzhii, "Terahertz-wave generation using graphene -toward the creation of graphene injection lasers," OTST: International Conference on Optical Terahertz Science and Technology, F1B-1, Kyoto, Japan, April 1-5, 2013. (invited)

47. Y. Kurita, G. Ducournau, K. Kobayashi, Y. Meziani, V. Popov, W. Knap, and T. Otsuji, "Ultrahigh sensitive terahertz detection by asymmetric dual-grating gate HEMT structure," OTST: International Conference on Optical Terahertz Science and Technology, F2B-3, Kyoto, Japan, April 5, 2013.

48. T. Watanabe, A. Satou, T. Suemitsu, W. Knap, V. Popov and T. Otsuji, "Plasmonic terahertz monochromatic coherent emission from an asymmetric chirped dual-grating-gate InAlAs/InGaAs/InP HEMT with highly asymmetric resonant cavities," OTST: International Conference on Optical Terahertz Science and Technology, Th3-26, Kyoto, Japan, April 4, 2013.

49. V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Mitin and M.S. Shur, "Terahertz detectors and photomixers based on double-graphene-layer structures utilizing plasma resonances," OTST: International Conference on Optical Terahertz Science and Technology, Th3-04, Kyoto, Japan, April 4, 2013.

50. D. Coquillat, Y. Kurita, K. Kobayashi, F. Teppe, N. Dyakonova, D. But, L. Tohme, P. Nouvel, St. Blin, J. Torres, A. Pénarier, T. Otsuji and W. Knap, "Sub-threshold attenuation of terahertz detection by asymmetric dual-grating gate HEMT structures," OTST: International Conference on Optical Terahertz Science and Technology, W4-15, Kyoto, Japan, April 3, 2013."

51. G. Ducournau, Y. Kurita, K. Kobayashi, Y. Zapart, J.-F. Lampin, and T. Otsuji, "Sub-THz scalar/vector imaging for objects inspection," OTST: International Conference on Optical Terahertz Science and Technology, W4-10, Kyoto, Japan, April 3, 2013.

52. Akira Satou, Yuuki Kurita, Taiichi Otsuji and Victor Ryzhii, "Terahertz population inversion and negative dynamic conductivity in optically pumped graphene: dependence on pumping photon energy," OTST: International Conference on Optical Terahertz Science and Technology, W3B-6, Kyoto, Japan, April 2, 2013.

B3　量子光情報工学（枝松圭一・小坂英男・三森康義）
Quantum-Optical Information Technology
(K.Edamatsu, H.Kosaka and Y. Mitsumori)

1. 光子を用いた量子情報通信技術の開発
Quantum info-communication technology using photons

半導体や擬似位相整合非線形光学結晶を用いた量子もつれ光子の発生・検出方法を開発している。また、導波路媒質における単一光子レベルでの光学非線形性、光子の偏光の量子測定における誤差–擾乱の不確定性関係について研究している。
We investigate the generation and detection technique of entangled photon pairs using semiconductor and quasi-phase-matched (QPM) nonlinear optical materials. Also investigated are the optical nonlinearity of waveguide media at a single-photon level and the error-disturbance uncertainty relation in quantum measurement of photon polarization.

2. 量子中継のための量子メディア変換
Quantum state transfer for quantum repeaters

量子情報通信における通信距離を飛躍的に増大するための量子中継器の実現を目指した光子・電子スピン間の量子メディア変換を行う基礎デバイスの開発を行っている。
We investigate quantum media conversion from a photon to an electron spin for quantum repeaters to extend the transmission distance of quantum info-communication.

3. 半導体量子ドットを用いた量子情報通信
Semiconductor quantum dots for quantum info-communication

量子情報通信への応用を目指した、半導体量子ドットの光物性および量子光学的な性質を研究している。
We investigate the spectroscopic and quantum optical properties of semiconductor quantum dots in view of quantum info-communication technology.

【査読付論文】

1. K. Asakura, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu, K. Akahane, N. Yamamoto, M. Sasaki, and N. Ohtani, "Excitonic Rabi oscillations in self-assembled quantum dots in the presence of a local field effect", Phys. Rev. B **87**, 241301(R)/1-4 (2013).
2. S.-Y. Baek, F. Kaneda, M. Ozawa, and K. Edamatsu, "Experimental violation and reformulation of the Heisenberg's error-disturbance uncertainty relation", Sci. Rep. **3**, 2221/1-5 (2013).
3. R.-B. Jin, J. Zhang, R. Shimizu, F. kaneda, Y. Mitsumori, H. Kosaka, and K. Edamatsu, "Entangled state generation with an intrinsically pure single-photon source and a weak coherent source", Phys. Rev. A **88**, 012324/1-4 (2013).
4. N. Yokoshi, H. Imamura, and H. Kosaka, "Creation of entangled spin qubits between distant quantum dots", Phys. Rev. B **88**, 155321/1-4(2013).
5. F. Kaneda, S.-Y. Baek, M. Ozawa, and K. Edamatsu, "Experimental test of error-disturbance uncertainty relations by weak measurement", Phys. Rev. Lett. **112**, 020402/1-5 (2014).
6. S. Matsuura, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu, K. Miyazaki, D. Kim, M. Nakayama, G. Oohata, H. Oka, H. Ajiki, and H. Ishihara, "Observation of bound and antibound states of cavity polariton pairs in a CuCl microcavity", Phys. Rev. B **89**, 035317/1-6 (2014).
7. T. Inagaki, H. Kosaka, Y. Mitsumori, and K. Edamatsu, "Process tomography of coherent state transfer from light polarization to electron spin polarization in a semiconductor", Phys. Re. B **89**, 085311 (2014).

【国際会議発表】

1. F. Kaneda, S.-Y. Baek, M. Ozawa, and K. Edamatsu, "Experimental Test of Error-Disturbance Uncertainty Relations by Weak Measurements", The 10th Rochester Conferences on Coherence and Quantum Optics (CQO-V) / The 2nd Quantum Information and Measurement Meeting (QIM), W6.10, Rochester, USA, June 17-20, 2013.
2. S.-Y. Baek, F. Kaneda, M. Ozawa, and K. Edamatsu, "Experimental test of error-disturbance relations in generalized photon-polarization measurements", The 10th Rochester Conferences on Coherence and Quantum Optics (CQO-V) / The 2nd Quantum Information and Measurement Meeting (QIM), W6.12, Rochester, USA, June 17-20, 2013.
3. K. Edamatsu, S.-Y. Baek, F. Kaneda, and M. Ozawa, "Error-disturbance uncertainty relations in generalized photon polarization measurements", 20th Central European Workshop on Quantum Optic, I-27, **(invited)**, Stockholm, Sweden, June 16-20, 2013.
4. Hideo Kosaka, Takahiro Inagaki, Yasuyoshi Mitsumori, and Keiichi Edamatsu, "Process Tomography of Coherent State Transfer from Light Polarization to Electron Spin Polarization in a Semiconductor", The 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim (CLEO-PR 2013), MG2-5, Kyoto, Japan, June 30-July 4, 2013.
5. Naeko Niikura, Hideo kosaka, Naofumi Abe, Yasuyoshi Mitsumori, Keiichi Edamatsu, "Magneto-optical double resonance of a single NV center in diamond for photon-spin state transfer", The 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim (CLEO-PR 2013), WPG-1, Kyoto, Japan, June 30-July 4, 2013.
6. Hideo Kosaka, Takahiro Inagaki, Yasuyoshi Mitsumori, and Keiichi Edamatsu, "Process Tomography of Coherent State Transfer from Light Polarization to Electron Spin Polarization in a Semiconductor", Seventh International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech VII), Chicago, USA, July 29-Augast 2, 2013.
7. Hideo Kosaka, Naeko Niikura, Naofumi Abe, Yasuyoshi Mitsumori, Keiichi Edamatsu, "Photon-spin conversion in a single NV center in diamond", Seventh International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (Spintech VII), Chicago, USA, July 29-Augast 2, 2013.
8. K. Edamatsu, S.-Y. Baek, F. Kaneda, and M. Ozawa, "Experimental test of error-disturbance uncertainty relations in generalized photon polarization measurements", 5th Conference on Quantum Information and Quantum Control, **(invited)**, Tronto, Canada, Augat 12-16, 2013
9. Hideo Kosaka, Naeko Niikura, Naofumi Abe, Yasuyoshi Mitsumori and Keiichi Edamatsu, "Photon-spin interaction in a single NV center in diamond", 20a-M4-2, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, Kyoto, Japna, September 16-20, 2013.
10. K. Edamatsu, S.-Y. Baek, F. Kaneda, and M. Ozawa, "Experimental test of error-disturbance uncertainty relations by weak measurement", The 5th Nagoya Winter Workshop on Quantum Information, Measurement, and Foundations, **(invited)**, Nagoya, Japan, March 3-7, 2014

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・木村康男）

Nano-Molecular Devices (M. Niwano and Y.Kimura)

C1 ナノ分子デバイス（庭野道夫・木村康男）
Nano-Molecular Devices(M. Niwano and Y.Kimura)

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. 色素増感太陽電池の開発研究
Research and development of dye-sensitized solar cells

陽極酸化等の電気化学的手法による作製したナノ構造の作製およびその応用を行っている。特に、陽極酸化により作製した TiO_2 ナノチューブの色素増感太陽電池(DSSC)へ応用について研究している。
We have investigated fabrication and application of nanostructures using electrochemical processes such as anodization. Especially, we have applied TiO_2 nanotubes fabricated by anodization to dye-sensitized solar cells (DSSC).

【査読付論文】

1. Y. Aonuma, Y. Kondo, A. Hirano-Iwata, A. Nishikawa, Y. Shinohara, H. Iwata, Y. Kimura and M. Niwano, "Label-free and real time monitoring of adipocyte differentiation by surface infrared spectroscopy", Sens. Actuators B 176 (2013) 1176-1182.
2. Katsurabayashi, Shutaro; Aonuma, Yuki; Kubo, Natsuko; et al., "The growing area of cultured astrocytes determines the axonal arborization and glutamatergic synapse formation for a given single neuron", Journal Of Physiological Sciences 63(2013) S126-S126.

3. Y. Kimura, S. Kimura, R. Kojima, M. Bitoh, M. Abe, and M. Niwano, “Micro-scaled hydrogen gas sensors with patterned anodic titanium oxide nanotube film”, Sens. Actuators B 177 (2013) 1156-1160.

4. A. Oshima, Ayumi Hirano-Iwata, Hideki Mozumi, Yutaka Ishinari, Yasuo Kimura, and Michio Niwano,, “Reconstitution of Human Ether-a-go-go-Related Gene Channels in Microfabricated Silicon Chips”, Anal. Chem., 85(2013) 4363-4369.

5. Ma, Teng; Zhang, Jinyu; Kojima, Ryota; et al., “Investigation of TiO_2 Surface Modification with [6,6]-Phenyl-C-61-butyric Acid for Titania/Polymer Hybrid Solar Cells”, Japanese Journal of Applied Physics 52 (2013) 112301.

6. Ichiro Sakurai, Shigeru Kubota and Michio Niwano, “The onset and closure of critical period plasticity regulated by feedforward inhibition”, Neurocomputing (in press).

7. Ichiro Sakurai, Shigeru Kubota and Michio Niwano, “A model for ocular dominance plasticity controlled by feedforward and feedback inhibition”, IEICE Trans. Fundamentals/Commun./Electron./Inf. & Syst., (in press).

8. Ayumi Hirano-Iwata; Ryosuke Matsumura; Ryuta Tezuka; Michio Niwano; Tim V. Bliss; Masao Sugawara, “A model for ocular dominance plasticity controlled by feedforward and feedback inhibition”, Electrochemistry Communications (in press).

【国際会議発表】

1. Yasuo Kimura, El Fassy Fihry Mehdi, Taka-aki Miya, Tsubasa Tobe, Ryota Kojima, and Michio Niwano, “Deposition of Homogeneous Gold Nanoparticles on rough TiO2 Surface through the Electrochemical Method”, 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures,Tsukuba International Congress Center, 2013, Nov. 4-8.

2. Daisuke Tadaki, Teng Ma, Jinyu Zhang, Shohei Iino, Yasuo Kimura, Michio Niwano, “Investigation of Carrier Behavior in F4TCNQ-Doped P3HT Layer and Its Application to Electrodes of Organic Thin Film Transistors”, 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures,Tsukuba International Congress Center, 2013, Nov. 4-8.

3. Shohei Iino, Daisuke Tadaki, Yasuo Kimura, Michio Niwano, “Effect of slow-cooling on field-effect mobility in P3HT films”, 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures,Tsukuba International Congress Center, 2013, Nov. 4-8.

4. Tsubasa Tobe, Ryota Kojima,Yasuo Kimura, Michio Niwano, “Effect of hydrogen treatment on characteristics of micro hydrogen gas sensors using titanium oxide nanotube”, 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures,Tsukuba International Congress Center, 2013, Nov. 4-8.

5. Ryota Kojima, Y. Kimura, and M. Niwano, “Influence of the electrolyte composition on formation process of anodic titanium oxide nanotube films”, 12th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures,Tsukuba International Congress Center, 2013, Nov. 4-8.

6. Yasuo Kimura, El Fassy Fihry Mehdi, Taka-aki Miya, Tsubasa Tobe, Ryota Kojima, and Michio Niwano, “Electrochemical deposition of gold nanoparticles on rough TiO2 surfaces”, 224th ECS Meeting, San Francisco, CA, USA, 2013, Oct. 27-Nov. 1.

7. Shohei Iino, Daisuke Tadaki, Teng Ma, Jinyu Zhnag, Yasuo Kimura Michio Niwano, “Improvement of field-effect mobility of P3HT films by slow cooling in annealing process”, 224th ECS Meeting, San Francisco, CA, USA, 2013, Oct. 27-Nov. 1.

8. Tsubasa Tobe, Ryota Kojima,Yasuo Kimura, Michio Niwano, “Effect of Hydrogen Treatment On Characteristics of Titanium Oxide Nanotube Micro Hydrogen Gas Sensors”, 224th ECS Meeting, San Francisco, CA, USA, 2013, Oct. 27-Nov. 1.

9. Ryota Kojima, Y. Kimura, and M. Niwano, “Influence of the electrolyte composition on formation process and morphology of anodic titanium oxide nanotubes”, 224th ECS Meeting, San Francisco, CA, USA, 2013, Oct. 27-Nov. 1.

10. Yasuo Kimura, “Fabrication of a micro gas sensor using an anodic titanium oxide nanotube film”, Frontier 2013, Sendai, Japan, 2013, Dec. 2-5.

11. Yasuo Kimura, Shota Kimura, Ryota Kojima, and Michio Niwano, “Fabrication of Titanium Oxide Nanotube Micro Gas Sensors through Local Anodization of Titanium Microwires”, The 14th International Conference on the Formation of Semiconductor Interfaces, Gyeongju, Korea, 2013, Jun. 30-Jul.5.

12. Daisuke Tadaki, Teng Ma, Jinyu Zhang, Shohei Iino, Yasuo Kimura, Michio Niwano Fabrication of organic thin film transistors using a molecular doping and investigation of its carrier transfer characteristic”, The 14th International Conference on the Formation of Semiconductor Interfaces, Gyeongju, Korea, 2013, Jun. 30-Jul.5.

13. Yasuo Kimura, El Fassy Fihry Mehdi, Taka-aki Miya, Tsubasa Tobe, Ryota Kojima, and Michio Niwano, “Homogeneous Deposition of Gold Nanoparticles on Rough Titanium Oxide Surfaces by Electrochemical Process”, 2013 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2013), Sept. 24-27, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuka, Japan, 2013.

14. Ichiro Sakurai, Shigeru Kubota, Michio Niwano, “The Role of Correlated Inhibitory Cell Firing”, Brain and Health Informatics, Maebashi, 2013, Oct. 29-31.

15. Ichiro Sakurai, Shigeru Kubota, Michio Niwano, “Correlated Inhibitory Firing and Spike-timing-dependent Plasticity”, International Comference of Neural Information Processing, Daegu, Korea, 2013, Nov. 3-7.

16. Ryosuke Matsumura, Ayumi Hirano-Iwata, Yasuo Kimura and Michio Niwano, “An electrochemical method for monitoring L-glutamate locally released by weak electrical stimuli”., Materials Reseach Society Fall Meeting, Boston’s Hynes Convention Center and Sheraton Boston Hotel, 2013, Dec.1-6.

17. Ryosuke Matsumura, Ayumi Hirano-Iwata, Yasuo Kimura and Michio Niwano, “ Simultaneous Recording Method for Monitoring L-Glutamate Release and field-Excitatory Postsynaptic Potentials”, Innovative Research for Biosis-Abiosis Intelligent Interface Symposium, 2014, Jan. 21.

６． 参考資料

６－１　施設の代表的装置の概要

a-1) ナノ・スピン電子ビーム・リソグラフィ関連

■ ナノ・スピン電子描画システム　　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・スピン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 ㎜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/㎠
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）

■ 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
加速電圧 15kV　：1.0 nm 保証
1kV GB モード：1.5 nm 保証
・像種
二次電子像、反射電子像、二次電子＋反射電子像、エネルギーフィルタ像
・倍率
LM モード：×25～19,000、SEM モード：×100～1,000,000
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
・加速電圧
LM、SEM モード：0.5～30kV、GB モード：0.1～4kV
・プローブ電流　10^{-13}～2×10^{-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
図形精度：0.02 μm
最小寸法：0.1 μm
マスクサイズ：2.5，6 インチ ϕ
ウェハ径：2、3 インチ ϕ，33m 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

■ SiO_2 堆積用プラズマCVD装置　日本真空

●用途　SiO_2 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℃
・反応ガス種　SiH_4、N_2O
・膜厚分布　2インチウェハ内で±4%以下

■ Si_3N_4 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℃
準備室　最高 300℃
・RF電力　発振周波数　13.56MHz
最高　200W
・導入ガス　SiH_4、NH_3、Ar、N_2、O_2

■ 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　CF_4　O_2　H_2
到達圧力　1.3×10^{-5Pa} 以下。
プロセス圧力　0.67～13.3Pa　以下
基板冷却機構　-30℃～25℃
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℃±5℃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 Cl_2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^{-8}Torr 台

・動作圧力 10^{-3}～10^{-5}Torr

・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バケット型

・イオンエネルギー 200～1000V

・プロセスガス Cl_2、Ar、O_2

■ 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測定装置装置 ネオアーク

●用途 約 2 μ m ϕ 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 2 μ m ϕ

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 1 μ m

■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 ㎜φ以下

高さ方向分解能：0.1nm（@6.55 μm 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℃ 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　熱 CVD 法により SiO_2、PSG、BSG の薄膜形成を行う。

●性能　200～400℃での熱 CVD 法 により、SiO_2、PSG、BSG を形成可能 （2チャンバー）。

バッチ内膜厚分布±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。

SiO_2 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 SiO_2 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：Cl_2、$SiCl_4$、BCl_3、SF_6、O_2、H_2、N_2、Ar

SiO_2 加工用ドライエッチング装置

Si および Si 基板上の SiO_2 のエッチングが可能（RF 励起平行平板型）。

導入ガス：CF_4、SF_6、O_2、H_2、N_2、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：N_2、Ar、H_2、BCl_3、$SiCl_4$、Cl_2、CF_4、SF_6、O_2

アッシング室用ガス：O_2、N_2

■ 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（ALKα）

最少分析領域 150μm

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（AlKα）

スペクトルモード：最少分析領域 15μm

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 3μm

■ 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 21～560m　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）30μm×30μm×（高さ）4μm

最高制御分解能（水平）0.45μm×（高さ）0.06μm

a-4) 配線プロセス関係

■ ナノ・スピン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 3×10-6Pa(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 0.8μm 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℃
到達真空度:3×10^{-6}Pa 以下

■ 熱処理炉　　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℃～1050℃:4体
200℃～800℃: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　蒸着源ボート数：2
対応ウェハサイズ：33mmφ、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　アナログ及びディジタル 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 ディジタイザ

■ 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 μm、Z:9 μm
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 μm）
ミラウ型干渉による微細形状計測機能（測定精度（σ）：00007 μm）

■ 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 25 度)

平成 25 年度　ナノ･スピン実験施設　利用登録状況

(平成 26 年 3 月 31 日まで)

ナノ･スピン実験施設

	A/B	研究室名	利用責任者		人数
常駐研究室	A	大野研	池田正二	大野教授　松倉教授　池田准教授　山ノ内助教 (研究員) 陳　ｲﾉﾋﾞｵｴﾗｲ　中山　(D3)水沼　(D2)石原　金井 (M2))張　石川　(M1)岡田　都澤　竹内　久保田　堀川 (B4)平山　ｼﾞｬﾝﾊﾝ　伊藤　渡部　(研究留学生)林　張　Samic　楊 (CSIS) 佐藤助教　深見助教　(技術専門職)五十嵐　村畑 (共同研究員)大嶋　笠井教授　木下教授　山本 (ﾎﾟｽﾄﾞｸ)ソフィー (研究支援員)平田　岩沼　川戸　後藤	38
	A	庭野研	木村康男	庭野教授　木村准教授　(D3)小島　ﾊﾞﾄｳ　桜井　(D2)但木 (M2)飯野　戸邉　山下　茂住　(M1)齋藤　中山　高沖　松村 (B4)山田　千田　(研究員)室田(*B 登録)　南(*B 登録)	23
			平野愛弓	平野准教授　(M1)石成　(B4)小林　鈴木　(M2)Matteo	
	A	佐藤研	櫻庭政夫	佐藤教授　櫻庭准教授　秋間助教　(M2)上野　(M1)李　刑部 (B4)岩橋　茂木	8
	A	中島研	小野美 武	中島教授　小野美助教　(M2)辻　山田	4
	A	尾辻研	末光哲也	尾辻教授　末光准教授　佐藤助教　鷹林助教　(D2)吉田 (M2)小林　栗田　江藤　矢部 (M1)畠山　川崎　フシン (B4)菅原	13
	B	枝松研	三森康義	枝松教授　小坂准教授　三森准教授	3
	A	共通部	岩見友里香	岩見技術職員　森田技術職員	2
非常駐研究室	B	新田研	好田 誠	好田准教授　(D3)塩貝　Tim　(D1)長澤　大杉 (M2)大橋　佐々木　栗田　(M1)柳　小又　小野　岡安 (B4)高砂　辻　中村　吉住　青木　王	18
	B	安藤研	大兼幹彦	大兼准教授　永沼助教　(研究員) Mohammed KHAN (D3) 河田　(D1)向山　(M2)斉　猿山　森廣　(M1)栗本	9
	B	遠藤研	遠藤哲郎	遠藤教授　(研究支援員)東	2
	B	島津研	島津武仁	島津教授　(M2)堀田	2
	B	羽生研	夏井雅典	羽生教授　夏井助教　望月助教　(研究員)高子　(支援員)玉越 (研究支援者)鈴木　松永	7
	B	鷲尾研	川島和之	川島助教　(M1)千葉　畠山　伊藤　森	5
	B	田中研	田中 徹	田中教授　木野助教　(D1)谷	3
	B	末光研	吹留博一	吹留准教授 (D3)朴　(M2)舩窪　(PD)焦　(共同研究員)舘野 (M1)須藤　(B4)田島	7
	B	高桑研	小川修一	小川助教 (D1)尾白　唐 (M2)阿加 (M1)林　西本 (留学)Radec	7
	マスクのみ	北上研	菊池伸明	菊池助教　(D2)古田　(M1)草薙	3
				合 計	154

共通利用対応装置　利用時間

平成25年3月1日から平成26年2月28日まで

装置名（Aは共通利用対応，Pはプロジェクト対応）	A/P ナノ・スピン電子描画システム	A/P ナノ・スピン縮小投影露光システム	A 走査型電子顕微鏡SEM	A アッシングシステム	A プラズマアッシャー	A マスクアライナ	A リソグラフィー関連	A 洗浄ベンチ（EB室）	A 測長SEM	A マスク電子ビーム描画システム	A 自動塗布ベーク	A 自動洗浄装置	A サブミクロンマスクアライメント（旧ズースコンタクトアライナ）	A 化合物MBE	A SiO2堆積用プラズマCVD装置	A Si3N4堆積用プラズマCVD装置	A 多目的電子ビーム蒸着装置（n型蒸着器）	A 抵抗加熱蒸着装置（p型蒸着器）	A 赤外線熱処理炉（n型・p型）	A イオン発生システム（ECR RIE）	A 絶縁膜用ドライエッチング装置（RIE）	A 洗浄ベンチ（化合物室）	A 高機能マイクロカー測定装置	A 多機能薄膜材料評価X線回折装置	A 接触段差計	A マイクロプローブ式低温ホール効果測定装置	A 半導体パラメータアナライザ	A/P ナノ・スピン熱処理装置	A/P レーザラマン分光	A/P 分光エリプソ	A X線電子分光装置	A ワイドレンジナノ形状測定システム	A 4探針抵抗率測定器	A X線光電子分光装置（ESCA）	A 半導体電気磁気複合特性測定システム	A 減圧CVD装置	A 常圧CVD装置	A Si加工ドライエッチング	A SiO2加工ドライエッチング	A メタル加工ドライエッチング	A 原子スケール評価分析システム（AFM/STM）	A 洗浄ベンチ（Si室）	A/P ナノ・スピンメタルスパッタリングシステム	A/P ボンダー	A マスクアライナー	A ナノ立体加工装置（AFM）	A スパッタ装置	A 熱処理炉	A 金属蒸着装置	A 洗浄ベンチ（3FUCR）	A イオンビーム加工解析装置	A レーザー直接描画装置	A 表面ナノ加工装置	A 非接触段差・粗さ計測装置	A LSIテスタ	A CADシステム	共通利用対応装置 利用時間 小計	プロジェクト用・研究室持込装置利用時間小計	実験装置利用時間 合計
佐藤・櫻庭研						10	3	5																				97	35	31	877	27	33	47	117		57	39	66	23	211	651						5			29				6		2369	2092	4461
大野研		106	12	8	3.5			73					69				36	74	44			133	2		14																										11						586	2212	2797.5
庭野・木村研																																													122	1				488	168	208	95	239			1321	578	1899
池田准教授研	463	40	156	2	199		192	127		1												1700		55	53																																2988	6113	9101
中島研																																												16						5							21	20	41
枝松・小坂・三森研																																																											
尾辻・末光研	298		94	9	8.75		293	1		10			78									27			2	5																											81				907	968	1874.75
施設共通部	52	2	135	9	0.75		152	106		26															9																										11						503		502.75
羽生研																																																											
遠藤研			182																																																						182		182
末光研	29			19			18			5																																									3						74	298	372
鷲尾・小谷研（固体電子研究室）																												※佐藤・櫻庭研の利用時間に含まれる。																															
金子研																																																											
安藤研（応用物理学専攻）																						10			19																																29	2789	2818
新田研（知能デバイス材料学専攻）				6																																																					6	30	36
北上研（多元物質科学研究所）										3																																															3		3
石原研（理学研究科）																																																											
田中研（バイオロボティクス専攻）																																																											
寒川研（流体科学研究所）																																																											
高桑研																																																										74	74
佐橋研																																																											
室田Gr						21	51	33																				※佐藤・櫻庭研の利用時間に含まれる。																													105		105
計	842	148	579	53	212	31	709	345		45			147				36	74	44			1870	2	55	97	5		97	35	31	877	27	33	47	117		57	39	66	23	211	651		16	122	1		5		493	222	208	176	239	6		9093	15174	24267

プロジェクト対応装置・研究室持込装置利用時間

平成25年3月1日から平成26年2月28日まで

装置名	プロジェクト対応装置								研究室持込装置																																																									
	スピン半導体成長装置（GENII）	スピンメモリ用スパッタ装置（ARAMスパッタ）	ナノスピン材料成長装置（MBE FIB）	スピン材料微細加工装置（ANELVAミリング）	スピン材料微細加工装置（絶縁膜堆積）	スピン材料微細加工装置（ICP）	スピンデバイス用リソグラフィ装置（マスク描画）	スピンデバイス用リソグラフィ装置（アライナ）	ステッパー（g線）	小型スパッタ	MBE#1、#2	磁場アニール炉	5T磁場アニール炉	メタルスパッタ（1）	メタルスパッタ（2）	メタルスパッタ（3）	酸化物MBE	絶縁膜堆積CVD	磁性材料RIE	非磁性金属・絶縁膜RIE	MBE#3+真空STM	ロードロック付き蒸着器	セルガス出しチャンバー	基板回転機構付き蒸着器	3元スパッタ	ALD（アルミナ・ハフニウム）	ITOスパッタ	汎用AFM	大型ステージAFM	EB（6500F）	SEM（6500F）	赤外線ランプ加熱装置	リフトオフ装置	高速デバイス加工用CVD装置	高速デバイス加工用RIE装置	高速デバイス(電極蒸着装置)	常圧CVD2	原子層成長装置	メタルCVD	縦型CVD	基板加熱攪拌CVD	小型熱処理炉	急熱急冷LPCVDI	急熱急冷LPCVDII	急熱急冷LPCVDIII	分析CVD	小型ECRプラズマ処理装置	中型ECR堆積装置	小型ECR堆積装置	FTIR	ナノヘテロ構造評価装置（AFM）	UVラマン分光システム	高感度ESCA	有機デバイス一貫作製装置	金属蒸着装置	電気炉	電気炉（3ゾーン）	マルチチャンバー	RFスパッタ装置	金属蒸着・マグネトロンスパッタ装置	Al・Nbスパッタ	Au・In蒸着	STM・MBE	ホール効果測定装置	XRD（室温＋低温）	実験装置利用時間小計
佐藤・櫻庭研																																				11					13	200	413	50	253	15	455	165	45	277	123	9										63			2092
大野研	96			4	4		37	8			243	378		146	39	31	238				855			24		55		28		21	5																																			2212
庭野・木村研																																																						72	202	23	1	70	46	164						578
池田准教授研				1286	412			402				282	2202	485	467	94		134	111	231								7																																						6113
中島研																																																													10	10				20
枝松・小坂・三森研																																																																		
尾辻・末光研																																		204	172	592																														968
施設共通部																																																																		
羽生研																																																																		
遠藤研																																																																		
末光研																																		18	108	172																														298
鷲尾・小谷研（固体電子研究室）																																				※佐藤・櫻庭研の利用時間に含まれる。																													
金子研																																																																		
安藤研（応用物理学専攻）		2789																																																																2789
新田研（知能デバイス材料学専攻）							30																																																											30
北上研（多元物質科学研究所）																																																																		
石原研（理学研究科）																																																																		
田中研（バイオロボティクス専攻）																																																																		
寒川研（流体科学研究所）																																																																		
高桑研																																		2	32	40																														74
佐橋研																																																																		
室田Gr																																				※佐藤・櫻庭研の利用時間に含まれる。																													
計	96	2789		1290	416		67	410			243	660	2202	631	506	125	238	134	111	231	855			24		55		35		21	5			224	312	804	11					13	200	413	50	253	15	455	165	45	277	123	9	72	202	23	1	70	46	164	10	10	63			15174

共通利用対応装置　保守時間

平成25年3月1日から平成26年2月28日まで

装置名（Aは共通利用対応、Pはプロジェクト対応）	A/P ナノ・スピン電子描画システム	A/P ナノ・スピン縮小投影露光システム	A 走査型電子顕微鏡SEM	A アッシングシステム	A プラズマアッシャー	A マスクアライナ	A リソグラフィー関連	A 洗浄ベンチ（EB室）	A 測長SEM	A マスク電子ビーム描画システム	A 自動塗布ベーク	A 自動洗浄装置	A サブミクロンマスクアライメント（旧ズースコンタクトアライナ）	A 化合物MBE	A SiO2堆積用プラズマCVD装置	A Si3N4堆積用プラズマCVD装置	A 多目的電子ビーム蒸着装置（n型蒸着器）	A 抵抗加熱蒸着装置（p型蒸着器）	A 赤外線熱処理炉（n型・p型）	A イオン発生システム（ECR RIE）	A 絶縁膜用ドライエッチング装置（RIE）	A 洗浄ベンチ（化合物室）	A 高機能マイクロカー測定装置	A 多機能薄膜材料評価X線回折装置	A 接触段差計	A マイクロプローブ式低温ホール効果測定装置	A 半導体パラメータアナライザ
佐藤・櫻庭研																											
大野研													5	12				4									
庭野・木村研																											
池田准教授研																											
中島研																											
枝松・小坂・三森研																											
尾辻・末光研																											
施設共通部	160	58	33				7	4		177																	
羽生研																											
遠藤研																											
末光研																											
鷲尾・小谷研（固体電子研究室）																											
金子研																											
安藤研（応用物理学専攻）																											
新田研（知能デバイス材料学専攻）																											
北上研（多元物質科学研究所）																											
石原研（理学研究科）																											
田中研（バイオロボティクス専攻）																											
寒川研（流体科学研究所）																											
高桑研																											
佐橋研																											
室田Gr																											
計	160	58	33				7	4		177			5	12				4									

装置名（Aは共通利用対応、Pはプロジェクト対応）	A/P ナノ・スピン熱処理装置	A/P レーザラマン分光	A/P 分光エリプソ	A X線電子分光装置	A ワイドレンジナノ形状測定システム	A 4探針抵抗率測定器	A X線光電子分光装置（ESCA）	A 半導体電気磁気複合特性測定システム	A 減圧CVD装置	A 常圧CVD装置	A Si加工ドライエッチング	A SiO2加工ドライエッチング	A メタル加工ドライエッチング	A 原子スケール評価分析システム（AFM/STM）	A 洗浄ベンチ（Si室）	A/P ナノ・スピンメタルスパッタリングシステム	A/P ボンダー	A マスクアライナー	A ナノ立体加工装置（AFM）	A スパッタ装置	A 熱処理炉	A 金属蒸着装置	A 洗浄ベンチ（3FUCR）	A イオンビーム加工解析装置	A レーザー直接描画装置	A 表面ナノ加工装置	A 非接触段差・粗さ計測装置	A LSIテスタ	A CADシステム	共通利用対応装置保守時間 小計	プロジェクト用・研究室持込装置保守時間 小計	実験装置保守時間 合計
佐藤・櫻庭研	3	11	3	5	4	2	2	4		3	3	2	2	2	1					9	7			31				3		97	191	288
大野研																														21	126	147
庭野・木村研																		14	10				6		14	13	20			77	105	182
池田准教授研																															388	388
中島研																5	5			2			1						5	18	4	22
枝松・小坂・三森研																																
尾辻・末光研																															55	55
施設共通部																														439		439
羽生研																																
遠藤研																																
末光研																																
鷲尾・小谷研（固体電子研究室）	※佐藤・櫻庭研の保守時間に含まれる。																															
金子研																																
安藤研（応用物理学専攻）																																
新田研（知能デバイス材料学専攻）																															350	350
北上研（多元物質科学研究所）																																
石原研（理学研究科）																																
田中研（バイオロボティクス専攻）																																
寒川研（流体科学研究所）																																
高桑研																																
佐橋研																																
室田Gr	※佐藤・櫻庭研の保守時間に含まれる。																															
計	3	11	3	5	4	2	2	4		3	3	2	2	2	1	5	5	14	10	11	7		7	31	14	13	20	3	5	652	1219	1871

プロジェクト対応装置・研究室持込み装置保守時間

平成25年3月1日から平成26年2月28日まで

装置名	スピン半導体成長装置（GEN II）	スピンメモリ用スパッタ装置（ARAMスパッタ）	ナノスピン材料成長装置（MBE FIB）	スピン材料微細加工装置（ANELVAミリング）	スピン材料微細加工装置（絶縁膜堆積）	スピン材料微細加工装置（ICP）	スピンデバイス用リソグラフィ装置（マスク描画）	スピンデバイス用リソグラフィ装置（アライナ）	ステッパー（g線）	小型スパッタ	MBE#1、#2	磁場アニール炉	5T磁場アニール炉	メタルスパッタ（1）	メタルスパッタ（2）	メタルスパッタ（3）	酸化物MBE	絶縁膜堆積CVD	磁性材料RIE	非磁性金属・絶縁膜RIE	MBE#3+真空STM	ロードロック付き蒸着器
	プロジェクト対応装置								研究室持込装置													
佐藤・櫻庭研																						
大野研	24						2				80											
庭野・木村研																						
池田准教授研				44	21			1				5	96	72	48	5	24				72	
中島研																						
枝松・小坂・三森研																						
尾辻・末光研																						
施設共通部																						
羽生研																						
遠藤研																						
末光研																						
鷲尾・小谷研（固体電子研究室）																						
金子研																						
安藤研（応用物理学専攻）		350																				
新田研（知能デバイス材料学専攻）																						
北上研（多元物質科学研究所）																						
石原研（理学研究科）																						
田中研（バイオロボティクス専攻）																						
寒川研（流体科学研究所）																						
高桑研																						
佐橋研																						
室田Gr																						
計	24	350		44	21		2	1			80	5	96	72	48	5	24				72	

装置名	セルガス出しチャンバー	基板回転機構付き蒸着器	3元スパッタ	ALD（アルミナ・ハフニウム）	ITOスパッタ	汎用AFM	大型ステージAFM	EB（6500F）	SEM（6500F）	赤外線ランプ加熱装置	リフトオフ装置	高速デバイス加工用CVD装置	高速デバイス加工用RIE装置	高速デバイス電極蒸着装置	常圧CVD2	原子層成長装置	メタルCVD	縦型CVD	基板加熱枚葉CVD	小型熱処理炉	急熱急冷LPCVD I	急熱急冷LPCVD II
	研究室持込装置																					
佐藤・櫻庭研															2					1	9	25
大野研				16				2	2													
庭野・木村研																						
池田准教授研																						
中島研																						
枝松・小坂・三森研																						
尾辻・末光研												20	5	30								
施設共通部																						
羽生研																						
遠藤研																						
末光研																						
鷲尾・小谷研（固体電子研究室）															※佐藤・櫻庭研の保守時間に含まれる。							
金子研																						
安藤研（応用物理学専攻）																						
新田研（知能デバイス材料学専攻）																						
北上研（多元物質科学研究所）																						
石原研（理学研究科）																						
田中研（バイオロボティクス専攻）																						
寒川研（流体科学研究所）																						
高桑研																						
佐橋研																						
室田Gr															※佐藤・櫻庭研の保守時間に含まれる。							
計				16				2	2			20	5	30	2					1	9	25

装置名	急熱急冷LPCVD III	分析CVD	小型ECRプラズマ処理装置	中型ECR堆積装置	小型ECR堆積装置	FTIR	ナノヘテロ構造評価装置（AFM）	UVラマン分光システム	高感度ESCA	有機デバイス一貫作製装置	金属蒸着装置	電気炉	電気炉（3ゾーン）	マルチチャンバー	RFスパッタ装置	金属蒸着・マグネトロンスパッタ装置	Al・Nbスパッタ	Au・In蒸着	STM・MBE	ホール効果測定装置	XRD（室温+低温）	プロジェクト用・研究室持込装置保守時間 小計
	研究室持込装置																					
佐藤・櫻庭研	9	8	1	7	4	1	4	7	1										112			191
大野研																						126
庭野・木村研										15	20	5	5	20	10	30						105
池田准教授研																						388
中島研																	2	2				4
枝松・小坂・三森研																						
尾辻・末光研																						55
施設共通部																						
羽生研																						
遠藤研																						
末光研																						
鷲尾・小谷研（固体電子研究室）																						
金子研																						
安藤研（応用物理学専攻）																						350
新田研（知能デバイス材料学専攻）																						
北上研（多元物質科学研究所）																						
石原研（理学研究科）																						
田中研（バイオロボティクス専攻）																						
寒川研（流体科学研究所）																						
高桑研																						
佐橋研																						
室田Gr																						
計	9	8	1	7	4	1	4	7	1	15	20	5	5	20	10	30	2	2	112			1219

６－３ ナノ･スピン工学研究会

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・スピン実験施設」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・スピン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、この施設を中心に展開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連した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２５年度は以下のように計４回の講演会を実施した。

第 67 回　平成 25 年 5 月 17 日　14:00 - 15:30
"Nanomaterials with charged quantum dots for solar energy conversion and advanced sensing applications"
Vladimir Mitin (Dept. Electrical Eng., University at Buffalo, USA)

第 68 回　平成 25 年 6 月 27 日　15:00 - 16:00
"On the Possible Generalization of TFT and ULSIC Technologies"
Yue Kuo (Texas A&M University, USA)

第 69 回　平成 25 年 12 月 16 日　12:35 - 18:15, 12 月 17 日　09:30 –15:25
「60GHz 帯 CMOS 無線機の研究開発」
○岡田健一（東工大）
「超 100GHz 帯増幅器技術の進展とその通信への応用」
○佐藤 優・川野陽一・芝 祥一・松村宏志・高橋 剛・鈴木俊秀・中舍安宏・原 直紀・高橋 剛（富士通）
「共鳴トンネルダイオードを用いたテラヘルツ発振器における最近の進捗と今後の展望」
○鈴木左文・浅田雅洋（東工大）
他８件

第 70 回　平成 26 年 1 月 31 日　15:00 - 16:00
"Digital implementation of multimodel bioinspired spiking neural networks based on SIMD and AER"
Jordi Madrenas (Technical University of Catalunya, Spain)

「$LiNbO_3$導波路を用いたチェレンコフ位相整合型テラヘルツ光源開発とその応用」
塩田和教・小野 茂・入澤昭好・今村元規（アドバンテスト）他 10 件

The 2nd RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

Date: February 21 - 22, 2014

Place: Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics,
Research Institute of Electrical Communication,
Tohoku University

Organizers:

Symposium Co-Chairs

Koji Nakajima, Tohoku Univ., Michio Niwano, Tohoku Univ.

Program Committee

Takahiro Hanyuu, Tohoku Univ., Shigeo Sato, Tohoku Univ., Ayumi Hirano, Tohoku Univ.

Organizing Committee

Shigeo Sato, Tohoku Univ., Ayumi Hirano, Tohoku Univ., Junichi Murota, Tohoku Univ.

Sponsored by

Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics,
Research Institute of Electrical Communication (RIEC), Tohoku University

Program

February 21 (Friday)

13:30 - 13:35 Opening Remarks

M. Niwano, Tohoku Univ., Japan

--- Session 1 (Chair: N. Katayama) ---

13:35 - 14:05 [S1-1] Nanoelectronic devices and -materials for neuroscience

A. Offenhäuser, Jüelich research center, Germany

14:05 - 14:25 [S1-2] Intrinsic activity of defined neuronal networks in culture

H. Yamamoto, T. Tanii, Waseda Univ., Japan

14:25 - 14:45 [S1-3] The number of astrocytes is critical for the synaptic transmission in a single cultured neuron

S. Katsurabayashi, T. Hoshiyama, S. Iwamoto, Y. Aonuma, N. Kubo, M. Kubo, K. Takasaki, K. Kubota, K. Mishima, M. Fujiwara, M. Niwano, K. Iwasaki, Fukuoka Univ., Japan

14:45 - 15:00 Break (15 min)

--- Session 2 (Chair: N. Onizawa) ---

15:00 - 15:20 [S2-1] A role of activity-dependent competition in regulating the critical period of cortical plasticity

S. Kubota, I. Sakurai, M. Niwano, Yamagata Univ., Japan

15:20 - 15:40 [S2-2] Chaotic Boltzmann machines: Deterministic implementation of stochastic neural networks

H. Suzuki, Univ. of Tokyo, Japan

15:40 - 16:10 [S2-3] Resilient and energy efficient memories based on neuro-inspired codes

V. Gripon, Télécom Bretagne, France

16:10 - 16:25 Break (15 min)

16:25 - 17:25 --- Poster Session (@ Room A405) ---

[P-1] Live-cell, label-free identification of excitatory-inhibitory neurons in culture using surface micropatterns

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

[P-2] Computational analysis of selective recruitment for subcortical nerve fibers by smooth biphasic waveforms

A. Ueno, N. Katayama, A. Karashima, M. Nakao, Tohoku Univ., Japan

[P-3] Axon guidance of cultured hippocampal neurons based on microcontact printing

H. Takaoki, S. Osanai, A. Hirano-Iwata, Y. Kimura, M. Niwano, Tohoku Univ., Japan

[P-4] A current-sampling method for simultaneous L-glutamate and field potential recordings in mouse hippocampal slices

R. Matsumura, R. Tezuka, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, M. Sugawara, T. V. P. Bliss, Tohoku Univ., Japan

[P-5] Reconstitution and characterization of human ether-a-go-go-related gene channels in micofabricated silicon chips

Y. Ishinari, A. Hirano-Iwata, Y. Kimura, M. Niwano, Tohoku Univ., Japan

[P-6] Period tuning of the optokinetic response: A new cerebellar dependent predictive motor learning?

S. Miki, B. Robert, Y. Hirata, Chubu Univ., Japan

[P-7] An integrated circuit system for multi-channel current stimulations on neuronal circuits

S. Kameda, Y. Hayashida, D. Akita, Y. Tanaka, T. Yagi, Osaka Univ., Japan

[P-8] A system for solving optimization problems using the inverse function delayless neuron model

Y. Watanabe, Y. Hayakawa, S. Sato, K. Nakajima, Toho Univ., Japan

[P-9] Optimal scheduling of a disruption tolerant network using a neural network

D. Sasaki, Y. Hayakawa, S. Sato, K. Nakajima, Toho Univ., Japan

18:30 - 20:30 Banquet

February 22 (Saturday)

--- Session 3 (Chair: S. Kubota) ---

9:00 - 9:20 [S3-1] Hippocampal EEG activity of freely behaving mouse in the virtual environment

N. Katayama, K. Hidaka, T. Araya, A. Karashima, M. Nakao, Tohoku Univ., Japan

9:20 - 9:40 [S3-2] Network mechanisms of high-frequency oscillation in the hippocampus

H. Kamiya, Hokkaido Univ., Japan

9:40 - 10:00 [S3-3] Microfabricated silicon chips for recording hERG channel activities

A. Hirano-Iwata, Y. Ishinari, Y. Kimura, M. Niwano, Tohoku Univ., Japan

10:00 - 10:15 Break (15 min)

--- Session 4 (Chair: S. Katsurabayashi) ---

10:15 - 10:35 [S4-1] Simulation of oculomotor control and learning by a large scale spiking cerebellar neuronal network model

K. Inagaki, Y. Hirata, Chubu Univ., Japan

10:35 - 10:55 [S4-2] Dynamical simulation of retinal ganglion cell responses to natural scenes

T. Yagi, T. Sanada, H. Okuno, R. Ishida, J. Hasegawa, N. Nakashima, Osaka Univ., Japan

10:55 - 11:10 Break (15 min)

--- Session 5 (Chair: K. Nakajima) ---

11:10 - 11:40 [S5-1] Holistic pattern processing in large-scale cortical network models

P. Herman, Royal Institute of Technology, Sweden

11:40 - 12:00 [S5-2] Silicon neuron using stochastic logic

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

12:00 - 12:05 Closing Remarks

K. Nakajima, Tohoku Univ., Japan

Program

March 5 (Wednesday)

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

13:30 ~ 13:35 Opening Remarks
Michio Niwano (Tohoku University, Japan)

(Chair: Toshio Ogino)

13:35 ~ 14:20 Self-organized TiO_2 nanotube arrays: Latest features and applications
Patrik Schmuki (University of Erlangen Nuremberg, Germany)

14:20 ~ 14:40 Formation of an anodic titanium oxide nanotube film and its application to a front-illuminated dye-sensitized solar cell
Ryota Kojima, Teng Ma, Yasuo Kimura, and Michio Niwano (Tohoku University, Japan)

14:40 ~ 15:00 Fabrication of highly ordered structure in TiO_2 nanotubes for hybrid solar cells
Teng Ma, Ryota Kojima, Daisuke Tadaki, Yasuo Kimura, and Michio Niwano (Tohoku University, Japan)

15:00 ~ 15:20 Metal-supported titanium oxide nanotube micro gas sensors
Yasuo Kimura (Tohoku University, Japan)

15:20 ~ 15:30 Coffee break

(Chair: Yasuo Kimura)

15:30 ~ 16:00 Functional Applications of Nanostructured Silicon
Nobuyoshi Koshida (Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan)

16:00 ~ 16:30 Reliable Metaldeposition into TiO_2 Nanotubes and Use in Interdigitated Electrode Structures
Ning Liu, and Patrik Schmuki (University of Erlangen-Nuremberg, Germany)

16:30 ~ 16:50 Growth and functionalization of low-dimensional nanocarbons by advanced plasma processing
Toshiaki Kato, Bin Xu, Hiroo Suzuki, Toshiro Kaneko (Tohoku University, Japan)

16:50 ~ 17:10 Self-Shaping Deposition of Monolayer Graphene Oxide Flakes on Chemically Modified Surfaces
Toshio Ogino and Toshiyuki Takami (Yokohama National University, Japan)

March 6 (Thursday)

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

(Chair: Yasuo Kimura)

9:00 ~ 9:30	Interaction of spin polarized electrons with adsorbed chiral molecules: reactions and transport Richard Rosenberg (Advanced Photon Source, Argonne National Laboratory, Argonne, IL, USA)
9:30 ~ 9:50	Excitation of light emission by electron tunneling in the THz spectral range T. Tsunoda, S. Katano, and Y. Uehara (Tohoku University, Japan)
9:50 ~ 10:10	Tunable preparation of graphene oxide and its metal nanoparticle composites Yuta Nishina[1,2] ([1]RCIS Okayama University, [2]JST PRESTO, Japan)
10:10 ~ 10:30	Room temperature atomic layer deposition of oxide films on flexible materials F. Hirose, K. Kanomata, S. Kubota, and K. Hirahara (Yamagata University, Japan)
10:30 ~ 10:40	Coffee break

(Chair: Ko-ichiro Miyamoto)

10:40 ~ 11:10	Tools for chip-based recording and stimulation of neuronal network activity Philipp Rinklin[1], Martin Hüske[1], Alexey Yakushenko[1], Cony Herrera[1], Kay Krause[1], Anna Czeschik[1], Enno Kätelhön[1], Andreas Offenhäusser[1,2], and Bernhard Wolfrum[1,2] ([1]Institute of Bioelectronics (PGI-8/ICS-8) and JARA—Fundamentals of Future Information Technology, Forschungszentrum Jülich, Germany, [2]IV. Institute of Physics, RWTH Aachen University, Germany)
11:10 ~ 11:30	Microfabricated Si chips with integrated hERG channels as a platform for drug safety screenings Ayumi Hirano-Iwata[1], Yutaka Ishinari[1], Yasuo Kimura[2], and Michio Niwano[1,2] ([1]Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, [2]RIEC, Tohoku University, Japan)
11:30 ~ 13:00	Lunch
13:00 ~ 14:20	Poster session

(Chair: Shinichiro Umemura)

14:30 ~ 15:00	On the Science of Sonoporation: Biophysical Dynamics and Subcellular Impact Alfred Cheuk Hang Yu (University Hong Kong, China)
15:00 ~ 15:30	Roles of High-Speed Imaging in Ultrasound-Guided HIFU Treatment S. Umemura, S. Sasaki, H. Sasaki, R. Takagi, K. Matsura, and S. Yoshizawa (Tohoku University, Japan)

15:30 ~ 16:00 High Frame Rate Ultrasonography for Measurement of Tissue Dynamics
Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai (Tohoku University, Japan)

16:00 ~ 16:15 Coffee break

(Chair: Ko-ichiro Miyamoto)

16:15 ~ 16:45 Fabrication of fiber optic biosensor based on surface-enhanced Raman scattering
Takashi Katagiri[1], Masahiro Nagaoka[2], Yuji Matsuura[1, 2] ([1]School of Engineering and [2]Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University, Japan)

16:45 ~ 17:15 Osteoblast and macrophage response to hydroxyapatite and alpha-type alumina adsorbed with bovine serum albumin
M. Kawashita[1], J. Hayashi[1], T. Kudo[2] and H. Kanetaka[2] ([1]Graduate School of Biomedical Engineering and [2]Graduate School of Dentistry, Tohoku University, Japan)

17:15 ~ 17:45 Recent developments and applications of the chemical imaging sensor systems
Tatsuo Yoshinobu (Tohoku University, Japan)

March 7 (Friday)

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

(Chair: Toshiro Kaneko)

9:00 ~ 9:30 Development of Medical Plasma Equipment for Blood Coagulation as a Novel Minimally Invasive Treatment
Hajime Sakakita[1], Yuzuru Ikehara[1], Nobuyuki Shimizu[2], Satoru Kiyama[1], Sanae Ikehara[1], Jaeho Kim[1], Hayao Nakanishi[3] ([1]National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Japan, [2]SANNO Hospital, International University of Health and Welfare, Japan, [3]Aichi Cancer Center Research Institute, Japan)

9:30 ~ 10:00 Control of Cell Membrane Transport Using Atmospheric Pressure Non-Equilibrium Plasma
Toshiro Kaneko[1], Shota Sasaki[1], and Makoto Kanzaki[2] ([1]Department of Electronic Engineering and [2]Department of Biomedical Engineering, Tohoku University, Japan)

10:00 ~ 10:15 Coffee break

(Chair: Masashi Sahashi)

10:15 ~ 10:45 Multifunctional Fe_3O_4-ZnO Core-Shell Nanocrystals for Dendritic Cell-based Cancer Immunotherapy
Young Keun Kim (Korea University, Korea)

10:45 ~ 11:15 Study of Biological Applications using Nanostructures: AFM based Nano-Bio Applications
Yu Jin Kim (Korea University, Korea)

11:15 ~ 11:45 Structure and dynamics on submicron scales in Phosphatidylinositol-Containing Supported Lipid Bilayers
Ryugo Tero[1], Toshinori Motegi[1], Kingo Takiguchi[2], Yohko Tanaka-Takiguchi[2] ([1] Toyohashi University of Technology, Japan, [2]Nagoya Univ., Japan)

11:45 ~ 13:15 Lunch

(Chair: Masashi Sahashi)

13: 15 ~ 13:45 Voltage Controlled Magnetization Switching with Magnetoelectric (ME) Effect in Sesquioxide
Tatsuo Shibata[1], Takuya Ashida[2], Michihiro Oida[2], Naoki Shimomura[2], Tomohiro Nozaki[2], Atsuo Ochi[1], and Masashi Sahashi[2] ([1]Advanced Technology Development Center, TDK Corporation, Japan, [2]Tohoku University, Japan)

13:45 ~ 14:15 Anisotropic magnetoresistance of Co/Pt nano-contacts
Muftah Al-Mahdawi, Yohei Shiokawa, and Masashi Sahashi (Tohoku University, Japan)

14:15 ~ 14:45 Study on Tunneling Magneto-Resistance in Hexagonal $Mg_xZn_{1-x}O$ based MTJs Prepared by Molecular Beam Epitaxy
M. Belmoubarik[1], H. Sato[1], T. Nozaki[1], H. Endo[2], and M. Sahashi[1] ([1]Tohoku University, [2]Iwate Industrial Research Institute, Japan)

14:45 Closing