

Research Report No.15
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University

東北大電氣通信研究所附属
ナノ・スピニ実験施設
研究報告書 第15号
2020



ISSN 1881-3356

東北大学電気通信研究所

附属ナノ・スピニ実験施設

研究報告書 第15号

**Research Report No.15
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University**

2020

施設研究報告書 2020

目次

1.	施設の概要	1
2.	施設の組織	2
3.	令和元年度の研究成果のハイライト	3
4.	施設の活動	9
4-1	国際共同研究	9
4-2	国際シンポジウム	10
5.	研究成果（令和元年度）	13
5-A	ナノ集積基盤技術関連	13
5-B	スピントロニクス基盤技術関連	75
5-C	ナノ・バイオ融合分子デバイス基盤技術関連	163
6.	参考資料	245
6-1	施設の代表的装置の概要	247
6-2	施設の利用状況（令和元年度）	253
6-3	ナノ・スピントロニクス研究会	258
	国際シンポジウムプログラム	259

Annual Research Report 2020

Table of Contents

1.	Outline	1
2.	Organization	2
3.	Highlights of Research in FY2019	3
4.	Global Activities	9
4-1	COE of International Research Collaboration	9
4-2	International Symposium	10
5.	Research Abstracts	13
5-A	Nano Integration	13
5-B	Spintronics and Information Technology	75
5-C	Nano-Bio Hybrid Molecular Devices	163
6.	Miscellaneous	245
6-1	Facilities and Equipments	247
6-2	Statistics	253
6-3	Nano-Spin Seminar Series	258
	Program of International Symposium	259

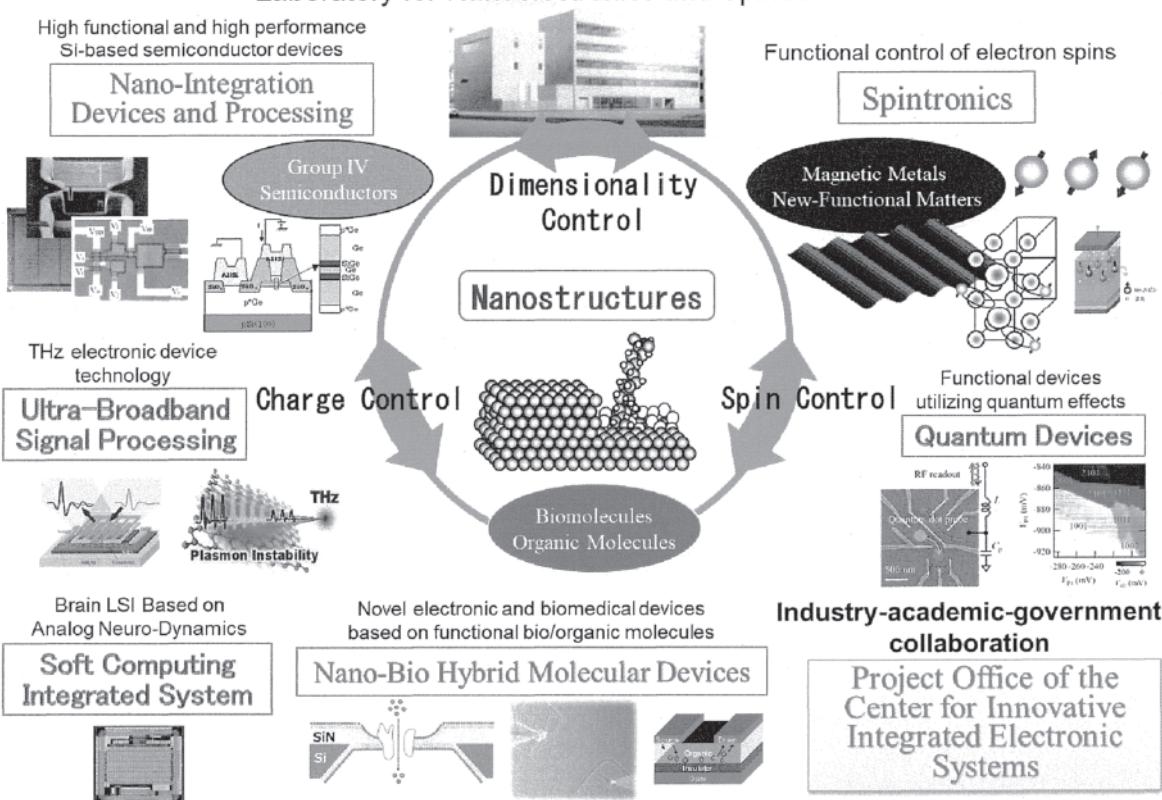
1. 施設の概要

Outline

ナノ・スピニ実験施設

Nanoelectronics and Spintronics for Information Technology

Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics



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

現在、ナノ・スピニ総合研究棟では、「ナノ・スピニ実験施設」が推進するナノ集積デバイス・プロセス、スピントロニクス、ナノ・バイオ融合分子デバイスの各基盤技術を担当する施設研究室と、国際集積センタープロジェクト室、施設共通部、及び超ブロードバンド信号処理研究室、ソフトコンピューティング集積システム研究室、量子デバイス研究室が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センターオブエクセレンス (COE) となることを目標としている。

東北大学電気通信研究所附属
ナノ・スピニ実験施設長
教授 上原 洋一

2. 施設の組織 *Organization*

施設長

教授 上原 洋一 Director Professor Yoichi Uehara

共通部

技術職員 森田 伊織 Technical Staff Iori Morita
技術職員 小野 力摩 Technical Staff Rikima Ono
技術職員 武者 優正 Technical Staff Michimasa Musya



Director

運営委員会

教授 上原 洋一 Professor Yoichi Uehara
教授 佐藤 茂雄 Professor Shigeo Sato
教授 深見 俊輔 Professor Shunsuke Fukami
教授 平野 愛弓 Professor Ayumi Hirano-Iwata
教授 尾辻 泰一 Professor Taiichi Otsuji
教授 堀尾 喜彦 Professor Yoshihiko Horio
教授 長 康雄 Professor Yasuo Cho
教授 鷲尾 勝由 Professor Katsuyoshi Washio
教授 遠藤 哲郎 Professor Tetsuro Endoh
教授 羽生 貴弘 Professor Takahiro Hanyu
教授 末松 憲治 Professor Kenji Suematsu

Steering Committee

拡大実行委員会

教授 上原 洋一 Professor Yoichi Uehara
教授 佐藤 茂雄 Professor Shigeo Sato
教授 深見 俊輔 Professor Shunsuke Fukami
教授 平野 愛弓 Professor Ayumi Hirano-Iwata
教授 尾辻 泰一 Professor Taiichi Otsuji
教授 堀尾 喜彦 Professor Yoshihiko Horio

Extended Executive Committee

3. 令和元年度の研究成果のハイライト

Highlights of Research in FY2019

施設研究部と利用研究室の令和元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・山本英明）

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

(1) 脳型計算ハードウェアの開発を目的として、多様な神経パルスを再現し、電源電圧1Vで動作するスパイキングニューロン回路の試作を行った。強反転領域で動作するMOSトランジスタ40個程度で構成されるアナログMOS回路が良好に動作することを電気測定により確認した。

(2) ナノメートル厚さの高B濃度Si薄膜堆積ごとに低エネルギーArプラズマ照射を行うことにより電気的活性化率を75%まで改善させることに成功し、基板非加熱での低抵抗p型Si薄膜形成を実現した。

(3) SiCショットキーバリアダイオード製作プロセスを確立することにより、その整流特性が金属の仕事関数に依存して大きく変調する効果を確認し、その特性からSiC結晶欠陥に関する情報を推定できることを明らかにした。

(4) 回路構造に由来する神経ダイナミクスが時系列情報処理に及ぼす影響を明らかにするため、リザバーコンピューティングにより音声識別を実行し、TI-46音声データセットの正答率からその性能を評価した。一般にノイズや素子のばらつきに対して高いロバスト性を有するとされるモジュラーネットワークをリザバーとして用い、90%以上の正答率を達成した。

(5) 脳型計算の手法を模倣した量子連想記憶モデルにおいて、量子ヘップ・反ヘップ学習時に連想能力が飽和する現象を数値シミュレーションによって検証し、この現象が量子ダイナミクスに由来するものであることを明らかにした。

(1) Toward the development of neuromorphic computation hardware, we fabricated a spiking neuron circuit that can reproduce various neuron pulses. We confirmed by electrical measurements that the analog MOS circuit, which is composed of about 40 MOS transistors, successfully operates in the strong inversion region.

(2) By low-energy Ar plasma irradiation at every nanometer-thick deposition of high B concentration Si film, electrical activation ratio can be improved to 75% successfully, and low-resistive p-type Si film formation without substrate heating can be realized.

(3) By development of fabrication process of SiC Schottky barrier diode, significant modulation effect in the rectifying characteristics which was dependent on metal work function was confirmed, and it was clarified that information on SiC crystal defect could be estimated from the characteristics.

(4) To investigate the effect of network structure-derived neural dynamics on time-series information processing, speech recognition task was performed by reservoir computing and its performance was evaluated from the correctness of the TI-46 sound dataset. Modular networks which generally possess robustness to noise and device variations, were used as reservoirs and achieved over 90% correct answer rate.

(5) We studied by numerical simulations on the saturation behavior in quantum Hebb / anti-Hebb learning with our quantum associative memory model, which is inspired by neuromorphic computation, and confirmed that this behavior is originated from quantum dynamics.

● ソフトコンピューティング集積システム（堀尾喜彦） **Soft Computing Integrated System (Y. Horio)**

- (1) 我々が提案したカオスニューラルネットワーククリザバーを、時系列予測、音声認識などに応用し、その有効性を確認すると共に、ネットワークダイナミクスをリアプロノフスペクトル、各種エントロピー、相互情報量などを用いて評価・検討した。さらに、これを3次元集積回路に実装するためのインターリープ・サイクリック型回路を提案し、集積回路特性を考慮した個別部品による実験により、その妥当性を確認した。
- (2) スピン軌道トルクニューロン様デバイスおよびシナプスデバイスを用いて STDP スパイキングニューラルネットワークハードウェアを構築するため、これらのデバイスのコンパクトな数理モデルを、デバイス温度ダイナミクスを用いて記述した。さらに、実験による測定値を用いたパラメータチューニングを行い、実験結果を良く再現できることを確認した。また、提案した数理モデルを用いた STDP パターン学習ネットワークのシミュレーションにより、シナプス様デバイスの学習ニューラルネットワーク素子としての有効性を示した。
- (3) 高次元カオスダイナミクスの複雑性を活用した高速物理暗号デバイスを実装するため、拡張ローレンツ写像を用いた小型・高速乱数生成ハードウェアの構築方法を提案し、FPGA による実装実験により提案手法の有効性を確認した。さらに、ビット長に対する疑似乱数生成性能の評価実験の際に発見された新奇現象について、ダイナミクスの観点とエントロピーの観点からその解明を試みた。

- (1) We confirmed the ability of the proposed chaotic network reservoir using time-series prediction and speech recognition. We also analyzed dynamics of the chaotic neural network reservoir using entropies, Lyapunov spectrum, and mutual information. In addition, we proposed an interleave-cyclic circuit architecture to embed the reservoir networks in a 3D VLSI.
- (2) We proposed compact mathematical models for neuron-like and synapse-like spintronics devices based on the temperature dynamics. We tuned the model parameters using experimental data, and showed that our model can well reproduce device characteristics and dynamics. In addition, we confirmed through network simulations using our models that the spintronics synapse-like device can be used in a STDP learning neural network.
- (3) We proposed an efficient method to implement small and high-speed cryptographic hardware based on the augmented Lorenz-map, and validated it using FPGA experiments. Furthermore, we investigated the performance and dynamics of the hardware system with truncated bit-lengths.

スピントロニクス基盤技術関連

Spintronics and Information Technology

● スピントロニクス（深見俊輔） **Spintronics (S. Fukami)**

固体中の電子のスピント電荷の自由度を使った省エネルギーかつ高機能なスピントロニクス素子への応用を目的として研究を行い、主に以下の成果を得た。(1) スピン軌道トルクによる磁化の制御が可能な反強磁性／強磁性積層構造を用い、ニューロンとシナプスのダイナミクスを再現することに成功した。(2) 強磁性共鳴法を用いたスピントルクの定量評価における注意点を明らかにし、信頼性高く評価が可能な手法を考案、実証した。(3) 热振らぎを積極利用する新概念スピントロニクス素子を開発し、それを用いた量子ビットと互換性のある確率ビット、及び量子アニーリングマシンと同等な機能を有する確率論的コンピュータの原理実証に成功した。(4) スピントル

行トルク磁化反転における磁化反転エラーレートを詳細に測定し、これまで知られていなかったエラーレートを特徴づける物理的な機構を明らかにした。(5) Ir/Co/Pt 多層膜において非常に大きな垂直磁気異方性が得られることを発見し、その要因を明らかにした。(6) 磁気スキルミオンの工学応用上の最大の課題であったスキルミオンホール効果の抑制が可能な人工反強磁性スキルミオンを積層フェリ結合積層膜において実現し、かつスキルミオンホール効果のない電流による直線駆動を実証した。(7) ノンコリニア反強磁性 Mn₃Sn 薄膜のエピタキシャル成長に世界で初めて成功し、またその磁気輸送特性と結晶構造の関係を明らかにした。(8) PtMn/CoFeB 積層構造におけるスピントルクの積層構造、温度依存性を評価し、当材料系におけるスピントルクの生成メカニズムを考察した。

Our research activities focus on realizing low-power functional spintronic devices. The outcomes in the last fiscal year are as follows: (1) Developing artificial neuron and synapse devices based on antiferromagnet/ferromagnet heterostructure operated by spin-orbit torque, (2) putting forward a scheme to reliably determine spin-orbit torque efficiency by means of ferromagnetic resonance free from spurious effects, (3) developing new-concept spintronics that utilizes thermal fluctuation and demonstrating proof-of-concept of probabilistic bit that has compatibility with quantum bit and probabilistic computers that functions like quantum annealing machine, (4) measuring spin-transfer torque switching error rate systematically and revealing unknown mechanism that governs the spin-transfer torque switching error rate, (5) finding giant perpendicular magnetic anisotropy of Ir/Co/Pt multilayer and elucidating underlying mechanism, (6) developing synthetic antiferromagnetically coupled skyrmions and demonstrating current-induced motion without the skyrmion Hall effect which has been one of the biggest obstacle of applications of magnetic skyrmions, (7) preparing successfully epitaxial thin films of noncollinear antiferromagnet Mn₃Sn and clarifying the relationship between the spin transport properties and crystalline structure, (8) evaluating spin-orbit torque in PtMn/CoFeB heterostructures as a function of stack structure and temperature and discussing the underlying mechanism of the generation of spin-orbit torque in this material system.

● 超ブロードバンド信号処理（尾辻泰一・佐藤昭）

Ultra-Broadband Signal Processing (T.Otsuji and A. Satou)

本研究室では、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、III-V 族化合物半導体ならびに炭素同素体単原子材料グラフェンを材料系として用い、プラズモンなどの新しい動作原理の導入によって、新規の集積型ミリ波・テラヘルツ波電子デバイスと回路システムの創出を目指している。さらに、それらを応用した超高速無線通信システムや安心安全のための分光・イメージング技術などの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、以下の成果を得た。

1. グラフェンによる電流注入型テラヘルツレーザーの創出

炭素原子の炭素材料：グラフェンは、電子・正孔が有効質量を消失し相対論的 Dirac 粒子として振る舞うなどの特異な光電子物性を有しており、夢の光電子デバイス材料として注目されている。我々は、グラフェンを利得媒質とする新しい動作原理による電流注入型テラヘルツレーザートランジスタのデバイス・プロセス技術の開発を進め、独自の非対称二重回折格子ゲート構造を有する試作素子により、室温下でプラズモン不安定性を由来とする最大利得 9 % のテラヘルツ帯コヒーレント增幅に成功した。

2. プラズモニック・テラヘルツ検出素子の開発

将来の超高速無線通信システム実現に向けて、InGaAs 系高電子移動度トランジスタ (InGaAs-HEMT) のチャネル内における二次元プラズモンの流体力学的非線形性を活用した、独

自の金属回折格子構造を有するプラズモニック・テラヘルツ検出素子の研究を進めている。本年度は、従来はドレイン電極から出力させていた出力光起電圧をゲート電極から出力させることで、これまで不可能であった 50Ω 整合伝送システムとのインピーダンス整合、ならびに素子アクティブ領域面積に比例した光起電圧の増大が可能であることを実験的に明らかにした。

The goal of our research is to explore the terahertz frequency range by creating novel integrated electron devices and circuit systems. III-V- and graphene-based active plasmonic heterostructures for creating new types of terahertz lasers and ultrafast transistors are major concerns. By making full use of these world-leading device/circuit technologies, we are developing future ultra-broadband wireless communication systems as well as spectroscopic/imaging systems for safety and security. The followings are the major achievements in 2019FSY.

1. Creation of graphene-based current-injection terahertz lasers

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. Towards the creation of novel current-injection graphene THz laser-transistors, we developed a graphene laser-transistor featured with our original asymmetric dual-grating gates demonstrating coherent amplification of THz radiation with the maximal gain of 9% at room temperature promoted by graphene plasmon instabilities driven by dc-channel current flow.

2. Development of plasmonic THz detectors

For future ultrahigh-speed wireless communications, we have developed plasmonic THz detectors with original metallic diffraction-grating structures, which utilize hydrodynamic nonlinearities of two-dimensional plasmons in the channels of InGaAs high-electron-mobility transistors (InGaAs-HEMTs). This fiscal year, we experimentally demonstrated that the photovoltage readout from the gate electrode of a plasmonic terahertz detector, instead of the conventional drain-readout, enables the impedance matching to a 50Ω interconnection systems and the scaling of the photovoltage with the size of the active area, both of which are impossible for the drain-readout.

● 量子デバイス（大塚朋廣）

Quantum Device (T. Otsuka)

本研究室では、新しい情報処理、通信に向けた基盤研究として、人工的に作製、制御した固体ナノ構造における物性解明、およびデバイス応用の研究を進めている。固体ナノ構造中の局所電子状態の電気的な精密高速観測、制御技術を駆使することにより、固体ナノ構造における物理現象を解明し、固体ナノ構造における電子物性を活用した新しい材料、デバイスの研究、開発を行っている。

(1) 固体ナノ構造中の電子物性を担う局所電子状態を解明するために、局所的な電子状態に直接的にアクセスできるミクロな電気的センサを開発している。高周波測定技術、データ科学手法の活用により、局所的な電子状態を高精度かつ高速に測定する手法について研究を行った。

(2) 高速ミクロセンサを活用することにより、固体ナノ構造デバイスにおける局所電荷・ спин状態およびそのダイナミクスを測定した。量子ドットデバイスにおける電荷・スピニ状態変化を観測し、その詳細をミクロに解明した。

(3) 半導体量子ドット中の電子スピニは、量子情報処等に向けた量子ビットの候補として研究が進められている。我々は局所電子状態制御・観測技術を活用して、半導体量子ビットデバイスの研究を行った。量子ビット操作における核スピニの影響低減、量子エラー訂正のシミュレーション、量子非破壊測定等を行った。

We are exploring interesting properties of solid-state nanostructures utilizing precise and high-speed electric measurement and control techniques. We are also developing materials and devices using nanostructures. Our research activities in FY 2019 are the following.

- (1) We developed the local electronic sensors which can directly access local electronic states in nanostructures utilizing semiconductor quantum dots. We improved the performance by high-frequency measurement techniques and data informatics approaches.
- (2) We measured local electronic and spin states in semiconductor nanostructures. We revealed the detail of local charge and spin dynamics induced by the movement of a single electron.
- (3) We conducted semiconductor quantum bit experiments for future quantum information processing. We demonstrated a reduction of nuclear-spin effects on quantum bit operations, simulations of quantum error corrections, and quantum non-demolition measurements.

ナノ・バイオ融合分子デバイス基盤技術関連

Nano-Bio Hybrid Molecular Devices

● ナノ・バイオ融合分子デバイス（平野愛弓）

Nano-Bio Hybrid Molecular Devices (A. Hirano-Iwata)

微細加工技術とバイオ・有機材料との融合により、高次情報処理を可能にする様々な分子デバイスの開発を目指す。半導体微細加工技術を薬物スクリーニング等に応用するバイオエレクトロニクスの研究や、有機材料に基づくデバイス開発、生きた細胞を使って神経回路を作り上げ、固体基板上に脳機能を再構成しようとする研究を進めている。これらのデバイスは情報通信システムと結合可能であり、健康社会のための新技術として実現することを目指している。

(1) hERG チャネルを標的とした人工細胞膜に基づく薬物副作用センサの開発

心筋細胞膜上に局在するイオンチャネルタンパク質 hERG は、抗ヒスタミン剤などの市販薬によって阻害されやすく、致死性の不整脈を引き起こすリスクが増大することが問題視されてきた。我々は、hERG チャネルの薬剤副作用応答を精度高く、且つ定量的に評価することが可能な系を開発すべく、人工細胞膜系と無細胞タンパク質系を融合したハイブリッド系の構築に着手した。このハイブリッド系を用い、代表的な副作用薬剤シサプリド（胃腸薬）を例に、野生型 hERG チャネルに対する阻害作用について検討した。その結果、副作用の指標となる 50% 阻害薬剤濃度をチャネル 1 分子レベルで定量することに成功した。本アプローチを発展させ、野生型だけではなく様々な変異型の hERG チャネルに対しても解析の幅を広げてゆくことで、患者個人の遺伝子型に合わせて副作用のない薬剤を選択する医療、すなわち、個別化医療への進展につながると期待される。以上の成果を国際誌 *Chem. Rec.*, **20**, 1-14 (2020). に発表した。

(2) 脂質二分子膜ー有機半導体ハイブリッドに基づくナノデバイスの開発

上述の人工細胞膜系は、半導体微細加工技術により作製した微細孔の中で形成するが、我々は、この微細孔まわりに金属電極をパターニングした電極内蔵型チップの形成を行い、このチップを用いて、有機半導体分子をドープした脂質二重層構造を形成し、水中で動作する光センシングデバイスを構築した。更に、チップ上の電極を利用し、従来の膜貫通方向の電圧に加えて膜に平行な方向のバイアスを印加することで、光誘起膜貫通電流を変調し増幅することに成功し、脂質二分子膜をベースとしたトランジスタ型デバイスを実現した。以上の成果を国際誌 *ACS Omega* や *J. Phys. Chem. B* などに発表した。

(3) 脳組織に近い弾性率を有するシリコーン樹脂の生体界面材料応用

生物の脳に近い弾性率を有するポリジメチルシロキサン（PDMS）を調整し、その上で初代神経細胞を培養する手法を確立した。パッチクランプ計測および蛍光カルシウムイメージングによってシナプス特性とネットワーク活動パターンを解析した。その結果、弾性率が生体環境に近い足場上では培養神経回路の機能が生体条件に近づくことを明らかにした。以上の成果を国際誌 Soft Matter や Advanced Biosystems などに発表した。

Our research activities focus on development of sophisticated molecular-scale devices through the combination of well-established microfabrication techniques and various soft materials, such as biomaterials and organic materials.

1. Development of a biosensor for evaluating drug side-effects on hERG channels based on artificial bilayer lipid membranes

We developed a biosensor for quantitatively evaluating drug side-effects on hERG channels, to which binding of drugs leads to lethal arrhythmia. The biosensor utilized a bilayer lipid membrane (BLM) combined with a cell-free synthesized proteins. Using this system, we succeeded in quantifying drug inhibition effects on the hERG channels in terms of 50% inhibitory concentration.

2. Novel “transistor-like” devices based on a bio/organic hybrid membrane

We fabricated an electrode-equipped Si chip, on which a fullerene-derivative-doped BLM was formed. Using this system, we were able to modulate the photoresponse of the membrane using the lateral bias applied from the electrodes on Si chip.

3. Biomimetic culture of primary neurons using an ultrasoft silicone gel

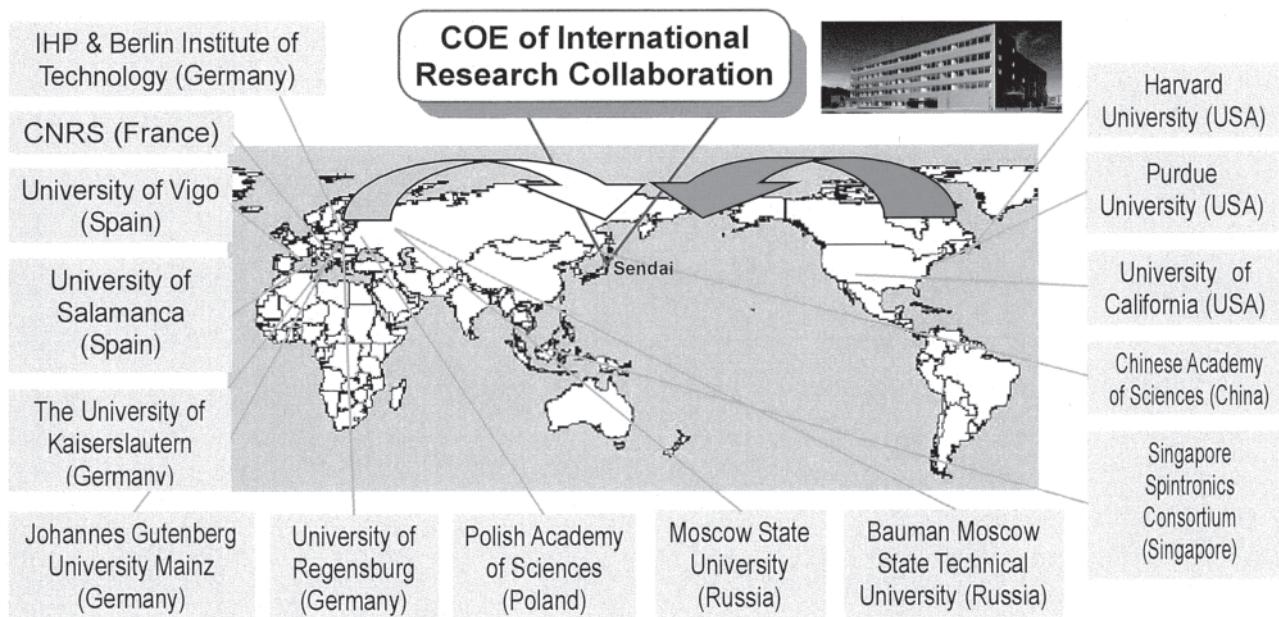
We developed a novel system for culturing primary neurons on an ultrasoft silicone gel with an elastic modulus resembling that of the brain tissue. We showed that the hypersynchronous network activity could be suppressed on the gel surface.

4. 施設の活動

Global Activities

4-1 国際共同研究 COE of International Research Collaboration

ナノエレクトロニクス国際共同研究拠点創出事業（平成 17 年度～21 年度特別教育研究経費として採択）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、「ナノ集積化技術の追求と展開」、「スピニ制御技術の確立と情報処理への応用」、「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 COE の確立を目指している。



Academic Exchange Programs

IHP-Innovations for High Performance Microelectronics, Germany

Berlin Institute of Technology, Germany

The Interdisciplinary Center on Nanoscience of Marseille, CNRS, France

University of Vigo, Spain

University of Salamanca, Spain

The University of Kaiserslautern, Germany

Johannes Gutenberg University Mainz, Germany

University of Regensburg, Germany

Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Poland

Bauman Moscow State Technical University, Russia

Singapore Spintronics Consortium, Singapore

Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, China

University of California, Santa Barbara (UCSB), USA

Purdue University, USA

Harvard University, USA

Moscow State University, Russia

ナノ・スピニ実験施設で開催した国際シンポジウム

International Symposium Held in LNS, RIEC

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日-6月2日	第10回：2013年1月15-16日
第11回：2013年1月31日-2月1日	第12回：2014年6月25-27日
第13回：2015年11月18-20日	第14回：2016年11月17-19日
第15回：2017年12月13-14日	第16回：2019年1月9-10日
第17回：2019年12月3-6日	



7th International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics

International Workshop on Nanostructure & Nanoelectronics

第1回：2007年11月21-22日	第2回：2010年3月11-12日
第3回：2012年3月21-22日	第4回：2013年3月7-8日
第5回：2014年3月5-7日	第6回：2015年3月2-4日
第7回：2016年3月1-3日	第8回：2017年3月6-7日
第9回：2018年3月1-2日	第10回：2019年3月6-7日



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

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

第1回：2009年10月22-23日

RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

第1回：2012年11月15-16日	第2回：2014年2月21-22日
第3回：2015年2月18-19日	第4回：2016年2月23-24日
第5回：2017年2月27-28日	第6回：2018年2月1-2日
第7回：2019年2月22-23日	第8回：2020年2月13-15日

4-2 国際シンポジウム International Symposium

(プログラムは「6. 参考資料」に収録)

第101回電気通信研究所国際シンポジウム 第17回RIECスピントロニクス国際ワークショップ 17th RIEC International Workshop on Spintronics

深見 俊輔
Shunsuke FUKAMI

開催日：令和元年12月3日（火曜日）～6日（金曜日）（4日間）

開催場所：東北大学 電気通信研究所 ナノ・スピニ実験施設

本ワークショップは2005年に第1回が開催されて以来、ほぼ年1回のペースで回を重ね、今回で17回目の開催となった。今回は、我が国をはじめとして、ドイツ、スウェーデン、シンガポール、ポーランド、英国、スイス、フランス、米国、チェコからの招待講演者による28件の

招待講演に加え、35件のポスター発表がなされた。また今回も前年と同様に日本学術振興会「研究拠点形成事業（Core-to-Core Program）」のワークショップと連名での開催とした。合計参加者は125名を数え、スピントロニクス分野における最新のトピックスに関して活発な議論がなされた。

今回のワークショップでは、主にスピントロニクスを用いた新概念情報処理、反強磁性スピントロニクス、スピノービトロニクスというここ進展のスピントロニクス分野で注目度が高い3つのトピックスに焦点を当て、最先端の研究を行っている世界各国の研究者を招待講演者として招いた。加えて、スピントロニクスを用いた新概念情報処理との関連性から、ニューロコンピューティング、量子コンピューティングの分野で活躍する国内の研究者も特別講師として招待し、チュートリアル講演をしていただいた。いずれのトピックも聴衆との間で活発な議論がなされ、今後のスピントロニクス研究の更なる発展の可能性を感じることができた。ポスター発表では本学の学生も発表を行い、世界の一流研究者に対して自分の研究内容を伝え議論することで、今後の研究を進めていくための良い示唆と大きな刺激が得られたものと思う。

第103回電気通信研究所国際シンポジウム
第8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 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and
Brain Computer

佐藤 茂雄
Shigeo SATO

開催日：令和2年2月13日（木）～15日（土）（3日間）
開催場所：東北大学電気通信研究所 ナノ・スピニ総合研究棟

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。今回が八回目であり、令和2年2月13日～15日の3日間に渡って開催された。スペイン、スウェーデン、フランス、カナダ、韓国、台湾の6か国から8名の海外招待講演者を迎える、27件の口頭発表、20件のポスター発表、1件のパネルディスカッションが行われた。今回は東北大学知のフォーラムとの共催で開催し、神経科学、数理モデル、ハードウェア等の理系研究者だけでなく、哲学や法学などの文系研究者、あるいは企業の方にも多数ご参加いただき、人工知能のあり方についても総合的に議論した。分野を超えて有意義な質疑応答が活発に行われ、学際的な国際交流の機会を提供する活気あふれるシンポジウムとなった。

5. 研究成果（令和元年度）

Research Abstracts

5A 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・山本英明）
Nano-Integration Devices and Processing
(S. Sato, M. Sakuraba, and H. Yamamoto)

A2 ソフトコンピューティング集積システム（堀尾喜彦）
Soft Computing Integrated System
(Y. Horio)

A1 ナノ集積デバイス・プロセス（佐藤茂雄・櫻庭政夫・山本英明）

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

1. 脳型計算ハードウェアに関する研究

Brain computing hardware

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。

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、核スピニ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 nanodevices are being studied.

5. 微細加工表面を用いた培養神経回路の機能制御に関する研究

Bioengineering technologies for manipulating neuronal network functions

脳神経回路の実細胞モデル系の創成に向けて、培養神経回路の構造と機能を制御するための表面微細加工技術について研究を行っている。

We leverage surface microfabrication technologies to engineer the structure and function of cultured neuronal networks towards the goal of establishing an in vitro model for neuronal networks in the brain.

6. 神経細胞ネットワークの数理モデルに関する研究

Computational modeling of neuronal networks

多細胞ネットワーク上の情報処理の理解と工学応用を目指し、神経細胞回路の自発活動、

入力応答、情報処理を記述する生物規範的な数理モデルについて研究を行っている。
We study biologically plausible models of spontaneous activity, input response, and information processing in neuronal networks to better understand and promote engineering applications of computation in multicellular networks.

【査読付論文】

1. W. Li, M. Sakuraba and S. Sato, "Electron-cyclotron resonance Ar plasma-induced electrical activation of B atoms without substrate heating in B doped Si epitaxial films on Si(100)", *Mat. Sci. Semicond. Process.*, 107, 104823, 2019.
2. T. Sumi, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, "Suppression of Hypersynchronous Network Activity in Cultured Cortical Neurons using an Ultrasoft Silicone Scaffold", *Soft Matter*, vol. 16, pp. 3195-3202, 2020.

【国際会議発表】

1. M. Sakuraba and S. Sato, "Low-Energy Plasma Enhanced Epitaxy and In-Situ Doping for Group-IV Semiconductor Device Fabrication" (Invited Talk), Abs. 2019 Collaborative Conf. on Materials Research (CCMR), Gyeonggi Goyang/Seoul, South Korea, June 3-7, 2019, pp.100-104.
2. S. Moriya, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, S. Sato, "Quantitative Analysis of Dynamical Complexity in Cultured Neuronal Network Models for Reservoir Computing Applications", Proc. Int. Joint Conf. on Neural Networks (IJCNN 2019, Budapest, Hungary, July 14-19, 2019), 20275, 2019.
3. Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, M. Sakuraba, Y. Horio, S. Sato, "An Izhikevich model neuron MOS circuit for low voltage operation," Proc. 28th International Conference on Artificial Neural Networks, pp. 718-723, 2019.
4. M. Sakuraba and S. Sato, "Low-Energy Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition and In-Situ Doping for Junction Formation in Group-IV Semiconductor Devices" (Invited Talk), Symp. G03: Semiconductor Process Integration 11, 236th Meeting of the Electrochem. Soc., Atlanta, GA, Oct. 13-17, 2019, Abs. No. MA2019-02, p.1164.
5. S. Sato, Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, M. Sakuraba, Y. Horio, J. Madrenas, "A spiking neuron MOS circuit for low-power neuromorphic computation," Proc. 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA 2019, Kuala Lumpur, Malaysia, Dec. 2-6, 2019), p. 80, 2019.
6. S. Moriya, H. Yamamoto, Z. Chen, K. Wakimura, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, S. Sato, "Time-series information processing in cultured neuronal network models", Proc. 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA 2019, Kuala Lumpur, Malaysia, Dec. 2-6, 2019), pp. 86-88, 2019.
7. S. Moriya, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, S. Sato, "Reservoir computing application of cultured neuronal network models", International Workshop of Emerging Technologies for Brainware LSI and its Applications (Honolulu, USA, Dec. 13-14, 2019), S2-2, 2019.
8. S. Sato, Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, H. Yamamoto, M. Sakuraba, Y. Horio, J. Madrenas, "Analog neuron circuit for edge computing," The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), SS1-1, 2020.
9. J. Madrenas, M. Zapata, J. A. Oltra, B. Vallejo, S. Moriya, S. Sato, "Design flow for SIMD-based hardware implementation of spiking neural networks", The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), GS1-1, 2020.
10. H. Yamamoto, K. Wakimura, Z. Chen, T. Sumi, T. Takemuro, A. Hirano-Iwata, S. Sato, "Biointerface Engineering Technologies for Manipulating Neuronal Network Functions in

Culture”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), GS4-3, 2020.

11. H. Yamamoto, K. Wakimura, Z. Chen, T. Sumi, T. Takemuro, A. Hirano-Iwata, S. Sato, “Biointerface Engineering Technologies for Manipulating Neuronal Network Functions in Culture”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), GS4-3, 2020.
12. K. Hattori, K. Sato, H. Takahashi, T. Hayakawa, S. Oguma, M. Ishida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, “An Experimental Study on the Spontaneous Firing of Single Isolated Neurons in Autaptic Culture using Micropatterned Substrates”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-8, 2020.
13. J. Imai, K. Hattori, H. Kurakake, T. Hashimoto, K. Sato, H. Takahashi, S. Oguma, M. Ishida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii, “Stimulation of Micropatterned Neurons with a Pair of Needle Electrodes and the Activity Measurement”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-9, 2020.
14. K. Wakimura, H. Yamamoto, K. Ide, A. Hirano-Iwata, “Controlling Synchronized Bursting Activity of Micropatterned Cortical Cultures by Electrical Field Noise”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-10, 2020.
15. T. Sumi, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, “Soft Scaffolds Suppress Hypersynchronous Network Activity in Cultured Cortical Neurons”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-11, 2020.
16. T. Takemuro, H. Yamamoto, K. Wakimura, S. Sato, A. Hirano-Iwata, “Patterning Neuronal Networks in Modular Structure using Thin PDMS Microfluidics Films”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-12, 2020.
17. S. Moriya, H. Yamamoto, Z. Chen, K. Wakimura, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, S. Sato, “Computational Modeling of Cultured Neuronal Networks and its Reservoir Computing Applications”, The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-13, 2020.
18. Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, H. Yamamoto, M. Sakuraba, S. Sato, Y. Horio, J. Madrenas, “LSI implementation and its evaluation of an Izhikevich neuron model,” The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-14, 2020.
19. Y. Dai, M. Sakuraba, S. Sato, “Reservoir network of biologically-plausible structure on pattern recognition,” The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (Sendai, Japan, Feb. 13-15, 2020), P-15, 2020.

A2 ソフトコンピューティング集積システム（堀尾喜彦） Soft Computing Integrated System (Y. Horio)

1. カオスニューラルネットワークリザバーの研究

Chaotic neural network reservoir

我々が提案したカオスニューラルネットワークリザバーを、時系列予測、音声認識などに応用し、その有効性を確認すると共に、ネットワークダイナミクスをリアプロフノースペクトル、各種エントロピー、相互情報量などを用いて評価・検討した。さらに、これを3次元集積回路に実装するためのインターリーブ・サイクリック型回路を提案し、集積回路特性を考慮した個別部品による実験により、その妥当性を確認した。

We confirmed the ability of the proposed chaotic network reservoir using time-series prediction and speech recognition. We also analyzed dynamics of the chaotic neural network reservoir using entropies, Lyapunov spectrum, and mutual information. In addition, we proposed an

interleave-cyclic circuit architecture to embed the reservoir networks in a 3D VLSI.

2. スピントロニクスニューロンおよびシナプスデバイスの数理モデルの開発

Mathematical models of neuron-like and synapse-like spintronics devices

スピントロニクスニューロン様デバイスおよびシナプスデバイスを用いて STDP スパイキングニューラルネットワークハードウェアを構築するため、これらのデバイスのコンパクトな数理モデルを、デバイス温度ダイナミクスを用いて記述した。さらに、実験による測定値を用いたパラメータチューニングを行い、実験結果を良く再現できることを確認した。また、提案した数理モデルを用いた STDP パターン学習ネットワークのシミュレーションにより、シナプス様デバイスの学習ニューラルネットワーク素子としての有効性を示した。

We proposed compact mathematical models for neuron-like and synapse-like spintronics devices based on the temperature dynamics. We tuned the model parameters using experimental data, and showed that our model can well reproduce device characteristics and dynamics. In addition, we confirmed through network simulations using our models that the spintronics synapse-like device can be used in a STDP learning neural network.

3. 高次元カオスストリーム暗号に関する研究

High-dimensional chaotic stream cryptography

高次元カオスダイナミクスの複雑性を活用した高速物理暗号デバイスを実装するため、拡張ローレンツ写像を用いた小型・高速乱数生成ハードウェアの構築方法を提案し、FPGA による実装実験により提案手法の有効性を確認した。さらに、ビット長に対する疑似乱数生成性能の評価実験の際に発見された新奇現象について、ダイナミクスの観点とエントロピーの観点からその解明を試みた。

We proposed an efficient method to implement small and high-speed cryptographic hardware based on the augmented Lorenz-map, and validated it using FPGA experiments. Furthermore, we investigated the performance and dynamics of the hardware system with truncated bit-lengths.

【査読付論文】

1. Kurenkov, S. DuttaGupta, C. Zhang, S. Fukami, Y. Horio, and H. Ohno, “Artificial neuron and synapse realized in an antiferromagnet/ferromagnet heterostructure using dynamics of spin-orbit torque switching,” *Advanced Materials*, 1900636, DOI: 10.1002/adma.201900636, 2019.
2. Y. Horio, “A brainmorphic computing hardware paradigm through complex nonlinear dynamics,” in *Understanding Complex Systems*, V. In, P. Longhini, and A. Palacios, eds., Springer, ISBN 978-3-030-10891-5, Chapter 5, pp. 36-43, DOI: 10.1007/987-3-030-10892-2_5, 2019.

【国際会議発表】

1. Y. Horio, “Chaotic neural network reservoir,” in Proc. of IEEE The International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), paper no. N-19290 (5 pages), 2019.
2. A. Shinozaki, K. Shiozawa, K. Kajita, T. Miyano, and Y. Horio, “Short-term prediction of hyperchaotic flow using echo state network,” in Proc. IJCNN, paper no. N-20022 (5 pages), 2019.
3. Y. Horio, A. Kurenkov, S. Fukami, and H. Ohno, “Spin-orbit torque neuron and synapse devices for brainmorphic computing,” in Proc. of International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA), p. 78, 2019.
4. A. Shinozaki, T. Miyano, and Y. Horio, “Chaotic time series prediction by a noisy echo state network,” in Proc. NOLTA, pp. 81-84, 2019.
5. K. Miyauchi, Y. Horio, T. Miyano, and K. Cho, “Design method for nonlinear LUT in pseudorandom number generator based on augmented Lorenz map,” in Proc. NOLTA, pp. 444-447, 2019.
6. S. Sato, Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, M. Sakuraba, Y. Horio, and J. Madrenas, “A spiking

- neuron MOS circuit for low-power neuromorphic computation," in Proc. NOLTA, p. 80, 2019.
- 7. Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, M. Sakuraba, Y. Horio, and S. Sato, "An Izhikevich model neuron MOS circuit for low voltage operation," in Proc. of 28th International Conference on Artificial Neural Networks, pp. 718-723, DOI:10.1007/978-3-030-30487-4_55, 2019.
 - 8. Y. Horio, "Introduction to the "Designing the Human-Centric IoT Society" Program," The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, 2020.
 - 9. Y. Horio, "Chaotic neural network reservoir," International Workshop for Emerging Technologies for Brainware LSI and its Applications, 2019.
 - 10. Y. Horio, "How AI will impact human society -Now and future! AI hardware point of view," The 3rd NTU-Tohoku Symposium on Interdisciplinary AI and Human Studies, 2019.

5 B スピントロニクス基盤技術関連

Spintronics and Information Technology

B1 スピントロニクス (深見俊輔)

Spintronics
(S. Fukami)

B2 超ブロードバンド信号処理 (尾辻泰一・佐藤昭)

Ultra-Broadband Signal Processing
(T. Otsuji and A. Satou)

B3 量子デバイス (大塚朋廣)

Quantum Device
(T. Otsuka)

B1 スピントロニクス (深見俊輔)
Spintronics
(S. Fukami)

スピントロニクスに関する研究
Spintronics

固体中の спинと電荷の自由度を使った省エネルギーかつ高機能なスピントロニクス素子の実現をめざして、金属磁性体や新機能物質におけるスピン現象、及びそれを利用した新規スピントロニクス素子の創製に関する研究を行っている。また、高機能低消費電力のメモリデバイスとそれによって可能となる新しい論理集積回路および情報通信処理システムを、スピントロニクスの特徴を用いて実現することを目標として、その基盤技術を開発する。

We are working on spin-related phenomena in magnetic metals and new-functional materials as well as in novel functional nanostructures, in order to realize low-power functional spintronic devices. To realize high-performance low-power integrated circuit and computing hardware, we are developing technological basis to realize advanced spin memories and unconventional computers based on magnetic nanostructures such as magnetic tunnel junctions.

1) スピントロニクスに関する研究
Spintronics

スパッタリング法などを用いたスピントロニクス材料や構造の作製、スピントロニクスの評価と理解。

Development of functional spin materials and structures using 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) 新規磁性材料及びそのナノヘテロ構造の物性と応用に関する研究
Properties and application of new-class magnetic materials and their nanoheterostructures

強磁性体と半導体や絶縁体などを組み合わせた新しい電子デバイスの基礎的研究を行っている。

Exploration of novel electron devices based on new magnetic structures is being carried out.

4) 高出力トンネル磁気抵抗素子の開発
Magnetic tunnel junctions with high output voltage

磁気トンネル接合(MTJ)素子の高性能化を行っている。

Development of high-performance magnetic tunnel junctions (MTJs) consisting of ferromagnetic metal electrodes is being carried out.

5) 金属系スピントロニクスデバイスの開発
Metal-based spintronics devices

微細な金属系スピントロニクスデバイスの作製とその特性評価、スピントロニクスの特徴を用いた新しい論理集積回路の開発。

ック基本回路試作を行っている。

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

6) スピン注入磁化反転素子の開発

Spin transfer torque memory and logic devices

低書き込み電力に向けたスピン注入磁化反転に関する研究を行っている。

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

【査読付論文】

1. A. Kurenkov, S. DuttaGupta, C. Zhang, S. Fukami, Y. Horio, and H. Ohno, "Artificial neuron and synapse realized in an antiferromagnet/ferromagnet heterostructure using dynamics of spin-orbit torque switching," *Advanced Materials*, vol. 31, 1900636, (2019).
2. A. Okada, Y. Takeuchi., K. Furuya, C. Zhang, H. Sato, S. Fukami, and H. Ohno, "Spin-Pumping-Free Determination of Spin-Orbit Torque Efficiency from Spin-Torque Ferromagnetic Resonance," *Physical Review Applied*, vol. 12, 14040, (2019).
3. W. A. Borders, A. Z. Pervaiz, S. Fukami, K. Y. Camsari, H. Ohno, and S. Datta, "Integer factorization using stochastic magnetic tunnel junctions," *Nature*, vol. 573, 390-393, (2019).
4. T. Saino, S. Kanai, M. Shinozaki, B. Jinnai, H. Sato, S. Fukami, and H. Ohno, "Write-error rate of nanoscale magnetic tunnel junctions in the precessional regime," *Applied Physics Letters*, vol. 115, 142406, (2019).
5. Y.-C. Lau, Z. Chi, T. Taniguchi, M. Kawaguchi, G. Shibata, N. Kawamura, M. Suzuki, S. Fukami, A. Fujimori, H. Ohno, and M. Hayashi, "Giant perpendicular magnetic anisotropy in Ir/Co/Pt multilayers," *Physical Review Materials*, vol. 3, 104419, (2019).
6. T. Dohi, S. DuttaGupta, S. Fukami, and H. Ohno, "Formation and current-induced motion of synthetic antiferromagnetic skyrmion bubbles," *Nature Communications*, vol. 10, 5153, (2019).
7. J. Yoon, Y. Takeuchi, R. Itoh, S. Kanai, S. Fukami, and H. Ohno, "Crystal orientation and anomalous Hall effect of sputter-deposited non-collinear antiferromagnetic Mn₃Sn thin films," *Applied Physics Express*, vol. 13, 13001, (2019).
8. R. Itoh, Y. Takeuchi, S. DuttaGupta, S. Fukami, and H. Ohno, "Stack structure and temperature dependence of spin-orbit torques in heterostructures with antiferromagnetic PtMn," *Applied Physics Letters*, vol. 115, 242404, (2019).
9. J. Grollier, D. Querlioz, K. Y. Camsari, K. Everschor-Sitte, S. Fukami, and M. D. Stiles, "Neuromorphic spintronics," *Nature Electronics*, Advanced Online Publication, doi:10.1038/s41928-019-0360-9 (2020).

【国際会議発表】

1. M. Zahedinejad, S. Fukami, S. Kanai, H. Ohno, and J. Akerman, "Memristors make spin Hall nano-oscillators synchronize and remember," *Design and Technology of Integrated Systems 2019*, Mykonos, Greece, 2019/4/16-2019/4/18
2. S. Fukami and H. Ohno, "Artificial neural network using analog/binary spintronic devices," "Bits&Brains": Brain-inspired materials and architectures for low energy information technology, a KNAW-Radboud University -symposium, Amsterdam, Netherlands, 2019/4/17-2019/4/18
3. H. Ohno, "Spintronics Nanodevice - From integrated circuit application to mimicking brain function," York-Tohoku-Kaiserslautern Research Symposium on "New-Concept Spintronics Devices", University of York, UK, 2019/6/12-2019/6/14

4. J. Igarashi, M. Shinozaki, J. Llandro, H. Sato, S. Fukami, and H. Ohno, "Size Dependence of the Influence of Edge Effects in Nanoscale Perpendicular-Anisotropy Magnetic Tunnel Junctions," York-Tohoku-Kaiserslautern Research Symposium on "New-Concept Spintronics Devices", University of York, UK, 2019/6/12-2019/6/14
5. S. DuttaGupta, R. Itoh, A. Kurenkov, S. Fukami, and H. Ohno, "Spin Hall Magnetoresistance in antiferromagnet/nonmagnet metallic structures," York-Tohoku-Kaiserslautern Research Symposium on "New-Concept Spintronics Devices", University of York, UK, 2019/6/12-2019/6/14
6. C. Zhang, Y. Takeuchi, Y. Takahashi, S. Fukami, and H. Ohno, "Efficient control of magnetization utilizing spin-orbit torque and spin-transfer torque," York-Tohoku-Kaiserslautern Research Symposium on "New-Concept Spintronics Devices", University of York, UK, 2019/6/12-2019/6/14
7. A. Kurenkov, S. DuttaGupta, C. Zhang, S. Fukami, Y. Horio, and H. Ohno, "Antiferromagnet/ferromagnet heterostructures for artificial neurons and synapses," York-Tohoku-Kaiserslautern Research Symposium on "New-Concept Spintronics Devices", University of York, UK, 2019/6/12-2019/6/14
8. H. Ohno, "Why we need spintronics for the era of AI and IoT?" 5th WORLD MATERIALS FORUM, Nancy, France, 2019/6/12-2019/6/14
9. H. Ohno, "Spintronics Nanodevice - From Ultimate Scaling to Mimicking Brain Function," 10th International Symposium on Metallic Multilayers (MML 2019), Madrid, Spain, 2019/6/17-2019/6/21
10. S. Kanai, Y. Nakatani, F. Matsukura, and H. Ohno, "Thermal Effect in Electric-field Induced Magnetization Switching in Nanoscale Magnetic Tunnel Junctions," Tenth International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SpintechX), Chicago, USA, 2019/6/24-2019/6/27
11. T. Dohi, S. DuttaGupta, S. Fukami, and H. Ohno, "Chirality transition in Dzyaloshinskii-Moriya interaction and domain wall with varying ferromagnet thickness in heavy-metal/ferromagnet heterostructures," Tenth International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SpintechX), Chicago, USA, 2019/6/24-2019/6/27
12. H. Ohno, "Spin on Integrated Circuits: Moving Science to Technology," Tenth International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SpintechX), Chicago, USA, 2019/6/24-2019/6/27
13. A. K. Dhiman, Z. Kurant, T. Dohi, I. Sveklo, S. Fukami, H. Ohno, A. Maziewski, "Magnetization reversal and Domain structures in ultrathin CoFeB Films," The Joint European Magnetic Symposia (JEMS) 2019, Uppsala, Sweden, 2019/8/26-2019/8/30
14. A. K. Dhiman, Z. Kurant, T. Dohi, I. Sveklo, S. Fukami, H. Ohno, A. Maziewski, "Magnetization reversal and Domain structures in ultrathin CoFeB Films," The European School on Magnetism (ESM), Brno, Czech Republic, 2019/9/2-2019/9/13
15. S. Fukami, "Spin-orbit torque and neural network," 2019 International Conference on Solid-State Devices and Materials (SSDM 2019), Nagoya University, Nagoya, Japan, 2019/9/2-2019/9/5
16. H. Ohno, "Why We Need Spintronics in the Era of IoT and AI," Purdue-Tohoku Spintronics Workshop II, Purdue University, IN, USA, 2019/9/11-2019/9/11
17. S. Fukami and H. Ohno, "Spin-orbit torque switching for spiking neural networks," Purdue-Tohoku Spintronics Workshop II, Purdue University, IN, USA, 2019/9/11-2019/9/11
18. W. A. Borders, S. Fukami and H. Ohno, "Demonstration of associative memory using spin-orbit torque artificial synapse," Purdue-Tohoku Spintronics Workshop II, Purdue University, IN, USA, 2019/9/11-2019/9/11
19. T. Dohi, S. DuttaGupta, S. Fukami and H. Ohno, "Dzyaloshinskii-Moriya interaction and domain wall chirality in W/(Co)FeB/MgO systems," Purdue-Tohoku Spintronics Workshop II, Purdue University, IN, USA, 2019/9/11-2019/9/11

20. S. Fukami, "Spin-orbit torque in nonmagnet/ferromagnet systems," Workshop Spintronic Tohoku-Mainz Lorraine 2019, University of Lorraine, Nancy, France, 2019/9/17-2019/9/20
21. S. Iihama, J. Igarashi, Y. Xu, M. Deb, G. Malinowski, M. Hehn, J. Gorchon, E. E. Fullerton, S. Fukami, S. Mizukami and S. Mangin, "All-optical single shot magnetization switching mediated by angular momentum transfer in spin-valve," Workshop Spintronic Tohoku-Mainz Lorraine 2019, University of Lorraine, Nancy, France, 2019/9/17-2019/9/20
22. J. Igarashi, S. Kanai, M. Shinozaki, J. Llandro, H. Sato, S. Fukami, and H. Ohno, "Magnetic-field angle dependence of coercivity with and without bias current in nanoscale magnetic tunnel junctions," Workshop Spintronic Tohoku-Mainz Lorraine 2019, University of Lorraine, Nancy, France, 2019/9/17-2019/9/20
23. H. Ohno, "Magnetic Tunnel Junction: Scaling and beyond," Workshop Spintronic Tohoku-Mainz Lorraine 2019, University of Lorraine, Nancy, France, 2019/9/17-2019/9/20
24. G. Krishnaswamy, A. Kurenkov, G. Sala, M. Baumgartner, V. Krizakova, F. Maccherozzi, S. Dhesi, S. Fukami, H. Ohno, and P. Gambardella, "Multi-domain memristive magnetization switching in antiferromagnet/ferromagnet heterostructures," SPICE Workshop on Antiferromagnetic Spintronics: from topology to neuromorphic computing, Mainz, Germany, 2019/10/7-2019/10/10
25. S. Fukami and H. Ohno, "Neuromorphic Computing with Spintronics," SPICE Workshop on Antiferromagnetic Spintronics: from topology to neuromorphic computing, Mainz, Germany, 2019/10/7-2019/10/10
26. A. Kurenkov, S. DuttaGupta, C. Zhang, S. Fukami, Y. Horio and H. Ohno, "Antiferromagnet/ferromagnet heterostructures as synapses and neurons," SPICE Workshop on Antiferromagnetic Spintronics: from topology to neuromorphic computing, Mainz, Germany, 2019/10/7-2019/10/10
27. S. Fukami and H. Ohno, "Spintronics for unconventional computing," IMEC-Stanford Memory Workshop, Leuven, Belgium, 2019/10/17-2019/10/18
28. H. Ohno, "Spintronics Nanodevices - From Interface to Advanced Computation," Atomic Level Characterization (ALC '19), Kyoto, Japan, 2019/10/20-2019/10/25
29. S. DuttaGupta, A. Kurenkov, R. Itoh, O. A. Tretiakov, G. Krishnaswamy, G. Sala, V. Krizakova, F. Maccherozzi, S. S. Dhesi, P. Gambardella, S. Fukami, and H. Ohno, "Metallic Antiferromagnets for spintronics: Reading and writing," INTERNATIONAL WORKSHOP SPINTRONICS 2019 (Spin Peru), Ollantaytambo, Peru, 2019/10/20-2019/10/25
30. S. Iihama, J. Igarashi, Y. Xu, M. Deb, G. Malinowski, M. Hehn, J. Gorchon, E. E. Fullerton, S. Fukami, S. Mizukami and S. Mangin, "All-optical single shot magnetization switching mediated by angular momentum transfer in spin-valve," 64th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2019), Las Vegas, USA, 2019/11/4-2019/11/8
31. S. DuttaGupta, A. Kurenkov, O. Tretiakov, G. Krishnaswamy, G. Sala, V. Krizakova, F. Maccherozzi, S.S. Dhesi, P. Gambardella, S. Fukami and H. Ohno, "Current-induced switching of antiferromagnet/non-magnet metallic structures," 64th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2019), Las Vegas, NV, USA, 2019/11/4-2019/11/8
32. A. Kurenkov, S. DuttaGupta, C. Zhang, S. Fukami, Y. Horio, and H. Ohno, "Artificial Synapse and Neuron Based on the Dynamics of Spintronic Devices," 64th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2019), Las Vegas, NV, USA, 2019/11/4-2019/11/8
33. H. Fulara, M. Zahedinejad, R. Khymyn, M. Dvornik, S. Fukami, S. Kanai, H. Ohno and J. ?kerman, "Voltage-controlled tunability of threshold current and frequency in spin Hall nano-oscillators," 64th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM2019), Las Vegas, NV, USA, 2019/11/4-2019/11/8
34. A. Kurenkov, S. DuttaGupta, C. Zhang, S. Fukami, Y. Horio, and H. Ohno, "Uniform artificial synapse and neuron based on spintronic devices," 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6

35. W. A. Borders, A. Z. Pervaiz, K. Y. Camsari, S. Fukami H. Ohno, and S. Datta, "Probabilistic Computing with Stochastic Magnetic Tunnel Junctions," 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
36. K. V. De Zoysa, R. Itoh, Y. Takeuchi, S. DuttaGupta, S. Fukami, and H. Ohno, "Composition dependence of spin-orbit torques in antiferromagnetic Pt_{1-x}Mn_x (0 < x < 1)/CoFeB heterostructures," 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
37. K. Furuya, Y. Takeuchi, B. Jinnai, S. Fukami, and H. Ohno, "Large spin orbit torque in W/CoFeB/MgO with high W resistivity , " 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
38. S. DuttaGupta, R. Itoh, S. Fukami and H. Ohno, "Antiferromagnet layer thickness dependence of spin-Hall magnetoresistance in PtMn/Pt metallic heterostructures , " 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
39. J. Yoon, Y. Takeuchi, R. Itoh, S. Kanai, S. Fukami and H. Ohno, "Anomalous Hall effect of sputter-deposited non-collinear antiferromagnetic Mn₃Sn thin films with controlled crystal orientation , " 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
40. C. Zhang, Y. Takeuchi, S. Fukami and H. Ohno, "Magnetization reversal via the combination of spin-orbit torque and spin-transfer torque in sub-ns region , " 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
41. T. Dohi, S. DuttaGupta, S. Fukami and H. Ohno, "Current-induced motion of synthetic antiferromagnetic skyrmion bubbles free from the skyrmion Hall effect," 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
42. M. Shinozaki, J. Igarashi, J. Llandro, H. Sato, S. Fukami and H. Ohno, "Ferromagnetic resonance and current induced magnetization switching in nanoscale CoFeB/MgO magnetic tunnel junctions," 17th RIEC International Workshop on Spintronics and 10th JSPS Core-to-Core Workshop on "New-Concept Spintronic Devices" , Tohoku University, Japan, 2019/12/3-2019/12/6
43. H. Honjo, A. Nguyen Thi Van, T. Watanabe, T. Nasuno, C. Zhang, T. Tanigawa, S. Miura, H. Inoue, M. Niwa, T. Yoshizuka, Y. Noguchi, M. Yasuhira, A. Tamakoshi, M. Natsui, Y. Ma, H. Koike, Y. Takahashi, K. Furuya, H. Shen, S. Fukami, H. Sato, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "First demonstration of field-free SOT-MRAM with 0.35 ns write speed and 70 thermal stability under 400°C thermal tolerance by canted SOT structure and its advanced patterning/SOT channel technology," 2019 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM2019), San Francisco, CA, USA, 2019/12/9-2019/12/11
44. S. Fukami, W. A. Borders, and H. Ohno, "Probabilistic computing using stochastic magnetic tunnel junctions," International Workshop of Emerging Technologies for Brainware LSI and its Applications, Honolulu, HI, USA, 2019/12/13-2019/12/14
45. S. DuttaGupta, A. Kurenkov, O. A. Tretiakov, G. Krishnaswamy, G. Sala, V. Krizakova, F. Maccherozzi, P. Gambardella, S. Fukami, and H. Ohno, "Current-induced Switching of Metallic Antiferromagnetic PtMn," The 3rd Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, Sendai, Japan, 2020/2/10-2020/2/11
46. T. Saino, S. Kanai, M. Shinozaki, B. Jinnai, H. Sato, S. Fukami, and H. Ohno, "Write-error rate of nanoscale magnetic tunnel junctions in the precessional regime," The 3rd Symposium for The

Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, Sendai, Japan, 2020/2/10-2020/2/11

47. J. Llandro, D. M. Love, A. Kovcs, J. Caron, K. N. Vyas, A. Kkay, M. R. J. Scherer, U. Steiner, C. H. W. Barnes, R. E. Dunin-Borkowski, J. Fassbender, S. Fukami, and H. Ohno, "Geometrical and Magnetic Configuration of Self-organized 3D Gyroid Nanostructures," The 3rd Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, Sendai, Japan, 2020/2/10-2020/2/11
48. T. V. A. Nguyen, H. Sato, S. Fukami, Y.Saito, S. Hashi, S. Ikeda, T. Endo, and Y. Endo, "Modification of Gilbert damping constant at TaOx/CoFeB interface," The 3rd Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, Sendai, Japan, 2020/2/10-2020/2/11
49. S. Fukami, W. A. Borders, A. Z. Pervaiz, K. Y. Camsari, S. Datta, and H. Ohno, "Demonstration of probabilistic computing with stochastic magnetic tunnel junctions," The 3rd Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, Sendai, Japan, 2020/2/10-2020/2/11
50. A. Kurenkov, S. Fukami, Y. Horio, and H. Ohno, "Spintronics for uniform artificial synapse and neuron," The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, 2020/2/13-2020/2/15
51. S. Fukami, "Stochastic Neural Network with Spintronics," Center for Nation-Wide Cooperative Research on ICT FY 2019 RIEC Annual Meeting on Cooperative Research Projects "Compass for Next-Gen ICT", Tohoku University, Japan, 2020/2/20-2020/2/20
52. H. Fulara, M. Zahedinejad, R. Khymyn, M. Dvornik, S. Fukami, S. Kanai, H. Ohno, and J. Akerman, "Strong voltage-induced tunability of threshold current and frequency in spin Hall nano-oscillators," American Physical Society March Meeting, Denver, CL, USA, 2020/3/2-2020/3/6
53. J. Gibbons, T. Dohi, H. Saglam, J. Pearson, S. Fukami, and A. Hoffmann, "Anomalous Spin Hall Effect in Iron Rhodium for Driving Spin Torque Oscillators," APS March Meeting 2020, Denver, Colorado, USA, 2020/3/2-2020/3/6.

B2 超ブロードバンド信号処理（尾辻泰一・佐藤昭）
Ultra-Broadband Signal Processing
(T. Otsuji and A. Satou)

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. Y. Moriguchi, Y. Tokizane, Y. Takida, K. Nawata, S. Nagano, M. Sato, T. Otsuji, and H. Minamide, "Frequency-agile injection-seeded terahertz-wave parametric generation," Opt. Lett., vol. 45, no. 1, pp. 77-80, Jan. 2020. DOI: [10.1364/OL.45.000077](https://doi.org/10.1364/OL.45.000077)
2. D. Ponomarev, D. Lavrukhan, A. Yachmenev, R. Khabibullin, I. Semenikhin, V. Vyurkov, K. Marem'yanin, V. Gavrilenko, M. Ryzhii, M. Shur, T. Otsuji, V. Ryzhii, "Sub-terahertz FET detector with self-assembled Sn-nanowires," J. Phys. D: Appl. Phys., vol. 53, pp. 075102-1-7, Jan. 2020. DOI: [10.1088/1361-6463/ab588f](https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab588f)
3. A. Yachmenev, D. Lavrukhan, I. Glinskiy, N. Zenchenko, Y. Goncharov, I. Spektor, R. Khabibullin, T. Otsuji, and D. Ponomarev, "Metallic and dielectric metasurfaces in photoconductive terahertz devices," Opt. Eng., vol. 59(6), pp. 061608-1-18, 2019. DOI: [10.1117/1.OE.59.6.061608](https://doi.org/10.1117/1.OE.59.6.061608)
4. M. Yu. Morozov, V. G. Leiman, V. V. Popov, V. Mitin, M. S. Shur, V. E. Karasik, M. Ryzhii, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Optical pumping in graphene-based terahertz/far-infrared superluminescent and laser heterostructures with graded-gap black-P_xAs_{1-x} absorbing-cooling layers," Opt. Eng., vol. 59(6), pp. 061606-1-11, 2019. DOI: [10.1117/1.OE.59.6.061606](https://doi.org/10.1117/1.OE.59.6.061606)
5. A. Dubinov, V. Aleshkin, S. Morozov, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz plasmon-emitting graphene-channel transistor," Opto-Electronics Review, vol. 27, pp. 345-347, Dec. 2019. DOI: [10.1016/j.opelre.2019.11.003](https://doi.org/10.1016/j.opelre.2019.11.003)
6. V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, A. A. Dubinov, V. Ya. Aleshkin, V. E. Karasik, and M. S. Shur, "Negative terahertz conductivity and amplification of surface plasmons in graphene-black phosphorus injection laser heterostructures," Phys. Rev. B, vol. 100, pp. 115436-1-13, Sept. 2019. DOI: [10.1103/PhysRevB.100.115436](https://doi.org/10.1103/PhysRevB.100.115436)

7. V. Ryzhii, M. Ryzhii, T. Otsuji, V. E. Karasik, V. G. Leiman, V. Mitin, and M. S. Shur, "Negative terahertz conductivity at vertical carrier injection in a black-Arsenic-Phosphorus-Graphene heterostructure integrated with a light-emitting diode," *IEEE J. Select. Top. Quantum Electron.*, vol. 25, iss. 6, pp. 2000209-1-9, 2019. [DOI: 10.1109/JSTQE.2019.2941922](https://doi.org/10.1109/JSTQE.2019.2941922)
8. M. Yu. Morozov, V. V. Popov, M. Ryzhii, V. G. Leiman, V. Mitin, M. S. Shur, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Optical pumping through a black-As absorbing-cooling layer in graphene-based heterostructure: thermo-diffusion model," *Opt. Mat. Exp.*, vol. 9, iss. 10, pp. 4061-4069, Sept. 2019. [DOI: 10.1364/OME.9.004061](https://doi.org/10.1364/OME.9.004061)
9. M. Ryzhii, V. Ryzhii, V. Mitin, M. S. Shur, and T. Otsuji, "Vertical hot-electron terahertz detectors based on black-As_{1-x}P_x/graphene/black-As_{1-y}P_y heterostructures," *Sensors and Materials*, vol. 31, no. 7(2), pp. 2271-2279, July 2019. [DOI: 10.18494/SAM.2019.2305](https://doi.org/10.18494/SAM.2019.2305)
10. M. Ryzhii, V. V. Mitin, V. Karasik, A. Dubinov, V. Aleshkin, M. Shur, T. Otsuji, V. Leiman, and V. Ryzhii, "Concepts of infrared and terahertz photodetectors based on vertical graphene van der Waals and HgTe-CdHgTe heterostructures," *Opt. Electron. Rev.*, vol. 27, pp. 219–223, July 2019. [DOI: 10.1016/j.opelre.2019.06.002](https://doi.org/10.1016/j.opelre.2019.06.002)
11. V. Ryzhii, M. Ryzhii, D. S. Ponomarev, V. G. Leiman, V. Mitin, M. S. Shur, and T. Otsuji, "Negative photoconductivity and hot-carrier bolometric detection of terahertz radiation in graphene-phosphorene hybrid structures," *J. Appl. Phys.*, vol. 125, pp. 151608-1-11, April 2019. [DOI: 10.1063/1.5054142](https://doi.org/10.1063/1.5054142)
12. M. Ryzhii, T. Otsuji, V. Karasik, V. Leiman, M. S. Shur, V. Ryzhii, and V. Mitin, "Characteristics of vertically stacked graphene-layer infrared photodetectors," *Solid State Electron.*, vol. 155, pp. 123–128, 2019. [DOI: 10.1016/j.sse.2019.03.021](https://doi.org/10.1016/j.sse.2019.03.021)

【国際会議発表】

1. A. Satou, K. Iwatsuki, and T. Otsuji, "Sub-terahertz opt-electronics device technologies for B5G mobile communications networks," ITRI-Tohoku University B5G Workshop 2019, ICL/ITRI Build. 14, Conf. Room 012, Hsinchu, Taiwan, R.O.C., Dec. 18, 2019. (invited)
2. T. Otsuji, "Physics and technology of graphene-based 2D heterostructures for current-injection terahertz lasers and amplifiers," ISNTT2019: the International School and Symposium on Nanoscale Transport and phoTonics, Atsugi R&D center, Kanagawa, Japan, Nov. 18-22, 2019. (invited)
3. T. Otsuji, "Graphene-based van der Waals heterostructures towards a new type of terahertz quantum-cascade lasers," th 5th EU-Japan Flagship Workshop on Graphene and 2D Materials, S4-1, Palazzo della Carovana, Scuola Normale Superiore, Pisa, Italy, Nov. 18-20, 2019. (invited)
4. J. A. Delgado-Notario, V. Clerico, E. Diez, J. E. Velazquez-Perez, T. Taniguchi, K. Watanabe, T. Otsuji, and Y. M. Meziani, "Asymmetric dual grating gate graphene-FETs for direct detection of THz radiation," RPGR2019: Recent Progress on Graphene and 2D Materials Abstracts, 7P-37 (2 pages), Matsue, Shimane, Japan, Oct. 7-9, 2019.
5. V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Leiman, V. Mitin, and M. S. Shur, "Concepts of terahertz and infrared devices based on graphene/black phosphorus-arsenic heterostructures," RPGR2019: Recent Progress on Graphene and 2D Materials Abstracts, 8P-7 (2 pages), Matsue, Shimane, Japan, Oct. 7-9, 2019.
6. T. Komiyama, T. Watanabe, S. Morozov, M. Fadeev, V. Utochkin, H. Fukidome, A. Satou, and T. Otsuji, "Realization of the high-performance graphene transistor by controlling the interface between graphene and gate dielectric," RPGR2019: Recent Progress on Graphene and 2D Materials Abstracts, 7P-40 (2 pages), Matsue, Shimane, Japan, Oct. 7-9, 2019.

7. S. Boubanga-Tombet, D. Yadav, A. Satou, W. Knap, V. V. Popov, and T. Otsuji, "Terahertz Light Amplification and Lasing in Current-Driven Graphene-Channel Transistor Structures," 2D MATERIALS 2019 - International Congress on Graphene, 2D Materials and Applications Abstracts, Sochi Olympic Park, Sochi, Russia, Sept. 30-Oct. 3, 2019. (keynote)
8. V. Ryzhii, M. Ryzhii, V. Leiman, V. Mitin, T. Otsuji, and M. S. Shur, "Graphene/Black Phosphorus-Arsenic Heterostructures and their terahertz and infrared device applications," 2D MATERIALS 2019 - International Congress on Graphene, 2D Materials and Applications Abstracts, Sochi Olympic Park, Sochi, Russia, Sept. 30-Oct. 3, 2019. (keynote)
9. T. Saito, M. Suzuki, T. Hosotani, T. Otsuji, Y. Takida, H. Ito, H. Minamide, and A. Satou, "Gate electrode as an output port of a grating-gate plasmonic THz detector," MTS2019: The 5th International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications Abstracts, Bp1-4 (1 page), Hanwha Resorts Haeundae Tivoli, Busan, Korea, Sept. 30-Oct. 3, 2019.
10. Y. Fuse, A. A. Dubinov, T. Watanabe, V. Ya. Aleshkin, S. V. Morozov, A. Satou, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz plasmonic graphene-channel transistor laser," MTS2019: The 5th International Symposium on Microwave/Terahertz Science and Applications Abstracts, Ap2-4 (1 page), Hanwha Resorts Haeundae Tivoli, Busan, Korea, Sept. 30-Oct. 3, 2019.
11. T. Hosotani, T. Watanabe, A. Satou, and T. Otsuji, "Terahertz emission from an asymmetric dual-grating-gate InGaAs high-electron-mobility transistor stimulated by plasmonic boom instability," IRMMW-THz2019: International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves Abstracts Book, Th-AM-6-3 (3 pages), Paris, France, Sept. 2-6, 2019.
12. S. Manabe, T. Otsuji, and A. Satou, "Optical-to-THz frequency down-conversion utilizing two-dimensional plasmons," IRMMW-THz2019: International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves Abstracts Book, We-PM2-3-2 (3 pages), Paris, France, Sept. 2-6, 2019.
13. J. A. Delgado Notario, V. Clerico, E. Diez, J. E. Velazquez Perez, T. Otsuji, and Y. M. Meziani, "Asymmetric dual grating gate graphene-based THz detectors," IRMMW-THz2019: International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves Abstracts Book, We-AM-6-5 (3 pages), Paris, France, Sept. 2-6, 2019.
14. K. Nishimura, Y. Omori, T. Hosotani, T. Suemitsu, K. Iwatsuki, T. Otsuji, and A. Satou, "Photonic Double-Mixing by UTC-PD-Integrated-HEMT for Optical to MMW Carrier Frequency Down-Conversion," TWHM2019: 13th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics Abstracts Book, 6.6-2 (2 pages), Hotel Grand Terrace Toyama, Toyama, Japan, Aug. 26-29, 2019.
15. T. Watanabe, D. Yadav, S. Boubanga-Tombet, A. Satou, A. A. Dubinov, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Graphene-based van der Waals heterostructures towards a new type of terahertz quantum-cascade lasers," SPIE OPTICS+ Photonics, Conf. OP412: Terahertz Emitters, Receivers, and Applications X, San Diego Convention Center, San Diego, CA, USA, Aug. 11-15, 2019. (invited); Proc. SPIE, vol. 11124, pp. 1112406-1-7, Sept. 2019. (invited)
16. S. Boubanga-Tombet, D. Yadav, A. Satou, W. Knap, V.V. Popov, and T. Otsuji, "Current-driven plasmonic instability in graphene metasurfaces for terahertz applications," AES2019: the 7th Advanced Electromagnetics Symposium, 1A6-1, Lisbon, Portugal, July 23-26, 2019. (invited)
17. S. Boubanga-Tombet, D. Yadav, A. Satou, W. Knap, V. V. Popov, and T. Otsuji, "Current-driven plasmonic instability in graphene metasurfaces for terahertz applications," META2019: the 10th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics, 2A36-6, Lisbon, Portugal, July 23-26, 2019. (invited)
18. V. Ryzhii, T. Otsuji, and M. S. Shur, "Graphene-black Phosphorus/Arsenic heterostructures for novel terahertz and infrared devices," METANANO2019: 9th International Conference on Metamaterials and Nanophotonics, St. Petersburg, Russia, July 15-19, 2019. (keynote)
19. V. Ryzhii, T. Otsuji, M. Ryzhii, V. Leiman, V. E. Karasik, D. Ponomarev, P. P. Matsev, V. Mitin, and M. S. Shur, "Graphene/black AsxP1-x heterostructures for terahertz and Infrared devices," RJUSE2019: 8th Russia-Japan-USA-Europe Symposium on Fundamental & Applied Problems

of Terahertz Devices & Technologies, & GDR-I FIR-LAB Workshop, Wed-1-1, Nizhny Novgorod, Russia, July 8-11, 2019. (plenary)

20. T. Otsuji, D. Yadav, S. Boubanga-Tombet, T. Watanabe, A. A. Dubinov, and V. Ryzhii, "Graphene-based van der Waals heterostructures towards a new type of terahertz quantum-cascade lasers," RJUSE2019: 8th Russia-Japan-USA-Europe Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies, & GDR-I FIR-LAB Workshop, Tu-1-1, Nizhny Novgorod, Russia, July 8-11, 2019. (plenary)
21. K. Nishimura, Y. Omori, T. Hosotani, T. Suemitsu, K. Iwatsuki, T. Otsuji, and A. Satou, "Integration of UTC-PD structure with InGaAs HEMT for optical-to-wireless carrier frequency down-conversion," RJUSE2019: 8th Russia-Japan-USA-Europe Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies, & GDR-I FIR-LAB Workshop, P-6, Nizhny Novgorod, Russia, July 8-11, 2019.
22. V. V. Utochkin, S. V. Morozov, M. A. Fadeev, V. V. Rumyantsev, N. N. Mikhailov, S. A. Dvoretsky, T. Komiyama, T. Watanabe, H. Fukidome, A. Satou, and T. Otsuji, "Terahertz photoluminescence from narrow gap HgTe/CdHgTe heterostructures and multilayer graphene," RJUSE2019: 8th Russia-Japan-USA-Europe Symposium on Fundamental & Applied Problems of Terahertz Devices & Technologies, & GDR-I FIR-LAB Workshop, P-13, Nizhny Novgorod, Russia, July 8-11, 2019.
23. T. Otsuji, "Terahertz current-driven lasing and amplification in graphene-based vdW heterostructures," CCMR: 2019 Collaborative Conference on Materials Research, the Kintex, Goyang Gyeonggi, South Korea, June 3-7, 2019. (invited)
24. S. Boubanga-Tombet, W. Knap, A. Satou, D. But, V. V. Popov, and T. Otsuji, "Terahertz light amplification stimulated by current-driven plasmon instability in graphene-channel transistors," GSMM: the 12th Global Symposium on Millimeter Waves, Tohoku Univ., Sendai, Japan, May 22-24, 2019. (invited)
25. Y. Omori, T. Hosotani, T. Otsuji, K. Iwatsuki, and A. Satou, "Optical-to-millimeter-wave carrier frequency down-conversion by UTC-PD-integrated HEMT," CSW: Compound Semiconductor Week Dig., WeE2-4 (2 pages), Nara, Japan, May 19-23, 2019.
26. T. Otsuji, "Terahertz light emission and lasing in current-driven graphene-based 2D nano- and plasmonic-structures," EuroSciCon Joint Event on Laser Optics, Quantum & Plasma Physics, Stockholm, Sweden, May 5-10, 2019. (keynote)
27. P. Padmanabhan, S. Boubanga-Tombet, T. Otsuji, and R. Prasankumar, "Magnetoplasmonic manipulation of THz transmission and Faraday rotation using graphene micro-ribbon arrays," CLEO: Int. Conf. on Lasers and Electro-Optics Dig., SW3F.2 (2 pages), Moscone Center, San Jose, CA, USA, May 5-10, 2019. DOI: 10.1364/CLEO_SI.2019.SW3F.2
28. T. Otsuji, S. Boubanga-Tombet, D. Yadav, T. Watanabe, A. Satou, and V. Ryzhii, "Terahertz light amplification of stimulated emission of radiation in current-injection graphene channel transistor," SPIE International Conference on Defence+ Commercial Sensing, Conference 10982 on Micro- and Nanotechnology Sensors, Systems, and Applications XI, Baltimore Convention Center, Baltimore, Maryland, USA, April 14-18, 2019. (invited)
29. S. Boubanga-Tombet, W. Knap, D. Yadav, A. Satou, D. But, V. V. Popov, and T. Otsuji, "Terahertz light amplification stimulated by current-driven plasmon instability in grating-gate graphene transistor structures," FGTC: French-German Terahertz Conference 2019, Kaiserslautern, Germany, April 2-5, 2019. (invited)

B3 量子デバイス（大塚朋廣）
Quantum Device
(T. Otsuka)

固体ナノ構造の物性解明とデバイス応用の研究

Electronic properties of nanostructures and device applications

新しい情報処理、通信に向けた基盤研究として、人工的に作製、制御した固体ナノ構造における物性解明、およびデバイス応用の研究を進めている。ナノメートルスケールの微小な固体ナノ構造では量子効果等の特異な物理現象が生じ、これらを活用することにより新しい機能性デバイスを創製することができる。固体ナノ構造中の局所電子状態の電気的な精密高速観測、制御技術を駆使しながら固体ナノ構造における物理現象を解明し、また固体ナノ構造における電子物性を活用した新しい材料、デバイスの研究、開発を行っている。これにより量子エレクトロニクスやナノエレクトロニクス等を通して、新しい情報処理、通信技術に貢献することを目指す。

We are working on probing electronic properties of solid-state nanostructures and device applications. In solid-state nanostructures, exotic phenomena like quantum effects occur. We are exploring interesting properties of artificial nanostructures utilizing precise and high-speed electric measurement and control techniques. We are also developing materials and devices using nanostructures. We will contribute to new information processing and communication technologies through quantum and nanoelectronics.

【査読付論文】

1. T. Nakajima, A. Noiri, K. Kawasaki, J. Yoneda, P. Stano, S. Amaha, T. Otsuka, K. Takeda, M. R. Delbecq, G. Allison, A. Ludwig, A. D. Wieck, D. Loss, and S. Tarucha, “Coherence of a driven electron spin qubit actively decoupled from quasistatic noise”, *Physical Review X* 10, 011060 (2020).
2. 大塚朋廣、「量子デバイスの高周波測定技術—半導体量子ドット系における高周波反射測定—」、*固体物理* 55, 69 (2020).
3. C. Baek, T. Otsuka, S. Tarucha, and B. Choi, “Density matrix simulation of quantum error correction codes for near-term quantum devices”, *Quantum Science and Technology* 5, 015002 (2020).
4. T. Nakajima, A. Noiri, J. Yoneda, M. R. Delbecq, P. Stano, T. Otsuka, K. Takeda, S. Amaha, G. Allison, K. Kawasaki, A. Ludwig, A. D. Wieck, D. Loss, and S. Tarucha, “Quantum non-demolition measurement of an electron spin qubit”, *Nature Nanotechnology* 14, 555 (2019).
5. M. Marx, J. Yoneda, T. Otsuka, K. Takeda, Y. Yamaoka, T. Nakajima, S. Li, A. Noiri, T. Kodera, and S. Tarucha, “Spin-orbit assisted spin funnels in DC transport through a physically defined pMOS double quantum dot”, *Japanese Journal of Applied Physics* 58, SBBI07 (2019).

【国際会議発表】

1. T. Otsuka, T. Nakajima, M. R. Delbecq, P. Stano, S. Amaha, J. Yoneda, K. Takeda, G. Allison, S. Li, A. Noiri, T. Ito, D. Loss, A. Ludwig, A. D. Wieck, and S. Tarucha, “Measurement and Control of Single-electron Spins by Utilizing Semiconductor Quantum Dot”, *Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics*, Sendai, Japan, Feb. 10, 2020 (invited).
2. T. Abe, T. Kitada, N. Ito, T. Tanaka, K. Nakahara, and T. Otsuka, “Quantum dots formed in GaN FETs”, *Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics*, Sendai, Japan, Feb. 10, 2020.
3. T. Otsuka, T. Nakajima, M. R. Delbecq, P. Stano, S. Amaha, J. Yoneda, K. Takeda, G. Allison, S. Li, A. Noiri, T. Ito, D. Loss, A. Ludwig, A. D. Wieck, and S. Tarucha, “Spin and Charge Dynamics in Nanostructures Probed by Quantum Dot Sensors”, *New Perspective in Spin*

Conversion Science, Kashiwa, Japan, Feb. 3, 2020.

4. T. Otsuka, T. Nakajima, M. R. Delbecq, P. Stano, S. Amaha, J. Yoneda, K. Takeda, G. Allison, S. Li, A. Noiri, T. Ito, D. Loss, A. Ludwig, A. D. Wieck, and S. Tarucha, "Spin Dynamics in Nanostructures Probed by Quantum Dot Sensors", Materials Research Meeting 2019, Yokohama, Japan, Dec. 11, 2019.

5.C ナノ・バイオ融合分子デバイス基盤技術関連 *Nano-Bio Hybrid Molecular Devices*

C1 ナノ・バイオ融合分子デバイス (平野愛弓)
Nano-Bio Hybrid Molecular Devices (A. Hirano-Iwata)

C1 ナノ・バイオ融合分子デバイス（平野愛弓）

Nano-Bio Hybrid Molecular Devices (A. Hirano-Iwata)

1. 人工細胞膜に基づくデバイスの開発と応用に関する研究

Development of artificial cell membrane sensors and their medical applications

人工的に細胞膜構造を構築し、新薬候補化合物などの高効率スクリーニング法としての応用を目指している。

We are aiming to reconstitute artificial cell membrane structures as a platform for high-throughput screening of new drug candidates.

2. バイオ・有機材料に基づく電子・イオンデバイスの創成に関する研究

Construction of electronic and ionic devices based on bio and organic materials

有機・バイオ材料を用いた新規機構を有するデバイスの作製やその動作機構の評価を通して、新規な電子・イオンデバイスの創製を目指している。

We are developing bio and organic devices with novel functions. Through the evaluation of their working principles, we are aiming to create new electronic and ionic devices.

3. 培養神経細胞を用いた人工神経回路網に関する研究

Construction of artificial neuronal networks based on cultured neurons

基板加工技術を脳研究に応用し、生きた神経細胞を原理的素子とした脳のモデルシステムの創成を目指している。

We are investigating construction of a brain model system by utilizing living neuronal cells as fundamental elements.

【査読付論文】

1. X. Feng, T. Ma, D. Yamaura, D. Tadaki, and A. Hirano-Iwata, “Formation and characterization of air-stable lipid bilayer membranes incorporated with phthalocyanine molecules”, *J. Phys. Chem. B*, **123**, 6515–6520 (2019).
2. H. Yamamoto, L. Grob, T. Sumi, K. Oiwa, A. Hirano-Iwata, and B. Wolfrum, “Ultrasoft silicone gel as a biomimetic passivation layer in inkjet-printed 3D MEA devices”, *Adv. Biosys.*, **3**, 1900130 (2019).
3. L. Grob, H. Yamamoto, S. Zips, P. Rinklin, A. Hirano-Iwata, and B. Wolfrum, “Printed 3D electrode arrays with micrometer-scale lateral resolution for extracellular recording of action potentials”, *Adv. Mater. Technol.*, **4**, 1900517 (2019).
4. M.W.S. Goh, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, and R. Tero, “Proteoliposome fusion to artificial lipid bilayer promoted by domains of polyunsaturated phosphatidylethanolamine”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **58**, SIIB13 (2019).
5. T. Yagai, K. Matsumoto, M. Moriyabashi, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, F. Hirose, and Y. Mizugaki, “Evaluation of inter-particle distance of gold nanoparticles dispersed on silane-treated substrates to fabricate dithiol-connected arrays”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **58**, SDDF09 (2019).
6. Y. Tomioka, S. Takashima, M. Moriya, H. Shimada, F. Hirose, A. Hirano-Iwata, and Y. Mizugaki, “Equivalent circuit model modified for free-standing bilayer lipid membranes beyond 1 TΩ”, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **58**, SDDK02 (2019).
7. T. Ma, X. Feng, T. Deguchi, T. Ohori, D. Yamaura, R. Miyata, D. Tadaki, M. Komiya, K. Kanomata, F. Hirose, M. Niwano, and A. Hirano-Iwata, “Modulation of photo-induced transmembrane currents in a fullerene-doped free-standing lipid bilayer by a lateral bias using a micro-fabricated Si chip with embedded metal electrodes”, *ACS Omega*, **4**, 18299–18303 (2019).

8. S. Moriya, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, and S. Sato, "Quantitative analysis of dynamical complexity in cultured neuronal network models for reservoir computing applications", Proceedings of the 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) 1–6 (2019).
9. T. Ma, Y. Kimura, D. Tadaki, A. Hirano-Iwata, and M. Niwano, "In-situ infrared observation of photo-decomposition process of organic contaminants on a TiO₂ nanotube film surface", J. Electrochim. Soc., **166**, H842–H848 (2019).
10. Y. Mizugaki, M. Moribayashi, T. Yagai, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, and F. Hirose, "Dielectrophoretic assembly of gold nanoparticle arrays evaluated in terms of room-temperature resistance", IEICE Transactions on Electronics, **E103-C**, 62–65 (2020).
11. T. Sumi, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, "Suppression of hypersynchronous network activity in cultured cortical neurons using an ultrasoft silicone scaffold", Soft Matter, **16**, 3195–3202 (2020).
12. Y. Tomioka, S. Takashima, M. Moriya, H. Shimada, F. Hirose, A. Hirano-Iwata, and Y. Mizugaki, "Capacitance extraction method of a free-standing bilayer lipid membrane formed over an aperture in a nanofabricated silicon chip", Jpn. J. Appl. Phys., **59**, SIIK02 (2020).

【国際会議発表】

1. T. Ma, "Nanostructure modulation and opto-electronics devices", The 9th Zijin High-Level Forum for Foreign Young Scholars, Nanjing, China, April 1, 2019.
2. M.W.S. Goh, A. Hirano-Iwata, M. Niwano, and R. Tero, "Cholesterol-induced microdomains formation in completely miscible lipid bilayers which promotes the fusion of proteoliposome", The 257th American Chemical Society (ACS) National Meeting, Orlando, USA, April 4, 2019.
3. H. Yamamoto and A. Hirano-Iwata, "Engineering the structure and function of neuronal networks in vitro", 7th China-Japan Symposium on Nanomedicine, Xi'an, China, May 24–26, 2019.
4. T. Ma, D. Tadaki, M. Niwano, and A. Hirano-Iwata, "Lateral structure for stable and highly efficient perovskite photovoltaics", 2019 E-MRS Spring Meeting, Nice, France, May 28, 2019.
5. D. Tadaki, S. Yamamiya, T. Ma, Y. Imai, A. Hirano-Iwata, and M. Niwano, "A new approach for the poling of piezoelectric PVDF thin films using surface chemical modification", 2019 E-MRS Spring Meeting, Nice, France, May 30, 2019.
6. M. Komiya, M. Kato, D. Yamaura, R. Yokota, Y. Tsuneta, M. Sato, D. Tadaki, H. Yamamoto, H. Inoue, Y. Tozawa, M. Niwano, and A. Hirano-Iwata, "Development of a system for quantitative evaluation of drug side-effects on hERG channels using artificial bilayer lipid membranes", 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE10), Nara, Japan, June 25, 2019.
7. K. Wakimura, H. Yamamoto, K. Ide, and A. Hirano-Iwata, "Acute and transient responses of cultured cortical networks to electric-field noise", 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE10), Nara, Japan, June 25, 2019.
8. D. Tadaki, S. Yamamiya, T. Ma, Y. Imai, A. Hirano-Iwata, and M. Niwano, "A new method for polarization control of piezoelectric PVDF thin films using surface chemical modification", 10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE10), Nara, Japan, June 26, 2019.
9. A. Hirano-Iwata, "Microfabrication methods for investigating ion channel functions", RSC-Tokyo International Conference 2019 (RSC-TIC2019), Chiba, Japan, September 5, 2019.
10. Y. Tomioka, S. Takashima, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, F. Hirose, and Y. Mizugaki, "Non-linear responses in AC characteristics of bilayer lipid membrane", The Irigo Conference 2019 (Interdisciplinary Research And Global Outlook), Chofu, Tokyo, Japan, October 29, 2019.
11. T. Yagai, M. Moribayashi, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, F. Hirose, and Y. Mizugaki, "Single-electron transistor made of arrays of carbon-coated cobalt nanoparticles assembled by dielectrophoresis", 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2019), Hiroshima, Japan, October 30, 2019.

12. Y. Tomioka, S. Takashima, M. Moriya, H. Shimada, F. Hirose, A. Hirano-Iwata, and Y. Mizugaki, “Capacitance extraction method of a free-standing bilayer lipid membrane formed over an aperture in a nanofabricated silicon chip”, 32nd International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2019), Hiroshima, Japan, October 31, 2019.
13. M. Sato, R. Yokota, Y. Tsuneta, M. Kato, D. Yamaura, D. Tadaki, M. Komiya, H. Yamamoto, M. Niwano, A. Hirano-Iwata, “Analysis of ion channel functions using artificial bilayer lipid membranes”, Okinawa Colloids 2019, Okinawa, Japan, November 6, 2019.
14. A. Hirano-Iwata, “Microfabricated lipid bilayer systems for the analysis of ion channel functions”, Okinawa Colloids 2019, Okinawa, Japan, November 8, 2019.
15. H. Yamamoto, K. Wakimura, Z. Chen, T. Sumi, T. Takemuro, T. Tanii, and A. Hirano-Iwata, “Controlling structure and function of neuronal networks in 2D using microcontact-printed protein scaffolds”, Okinawa Colloids 2019, Okinawa, Japan, November 8, 2019.
16. S. Moriya, H. Yamamoto, Z. Chen, K. Wakimura, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, and S. Sato, “Time-series information processing in cultured neuronal network models”, The 2019 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA2019), Kuala Lumpur, Malesia, December 3, 2019.
17. T. Ma and A. Hirano-Iwata, “Large single-crystal grains for highly efficient integrated back-contact perovskite solar cells”, 2019 MRS Fall Meeting, Boston, USA, December 4, 2019.
18. T. Sumi, H. Yamamoto, and A. Hirano-Iwata, “Impact of spontaneous activation of stretch-activated channels on the generation and size of neuronal network activity”, 13th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2019), Kobe, Japan, December 4, 2019.
19. X. Feng, T. Ma, D. Tadaki, and A. Hirano-Iwata, “Bio-hybrid membrane for solid-state devices”, 2019 MRS Fall Meeting, Boston, USA, December 5, 2019.
20. H. Yamamoto, T. Sumi, L. Grob, B. Wolfrum, and A. Hirano-Iwata, “Ultrasoft silicone gel as a biomimetic culture scaffold for cortical neurons”, 13th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2019), Kobe, Japan, December 5, 2019.
21. T. Ma, “Self-assembled nanostructure and their applications”, The 8th International Donghu Forum for Outstanding Young Scholars, Wuhan, China, December 27, 2019.
22. T. Ma and A. Hirano-Iwata, “Boosting the performance of back-contact perovskite solar cells by enlarging crystal size”, International Conference on Perovskite and Organic Photovoltaics and Optoelectronics (IPEROP20), Tsukuba, Japan, January 21, 2020.
23. A. Hirano-Iwata, “Microfabrication methods for the analysis of ion channel functions”, 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 13, 2020.
24. K. Hattori, K. Sato, H. Takahashi, T. Hayakawa, S. Oguma, M. Ishida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, and T. Tanii, “An experimental study on the spontaneous firing of single isolated neurons in autaptic culture using micropatterned substrates”, 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 14, 2020.
25. J. Imai, K. Hattori, H. Kurakake, T. Hashimoto, K. Sato, H. Takahashi, S. Oguma, M. Ishida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, and T. Tanii, “Stimulation of micropatterned neurons with a pair of needle electrodes and the activity measurement”, 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 14, 2020.
26. K. Wakimura, H. Yamamoto, K. Ide, A. Hirano-Iwata, “Controlling synchronized bursting activity of micropatterned cortical cultures by electrical field noise”, 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 14, 2020.
27. T. Sumi, H. Yamamoto, and A. Hirano-Iwata, “Soft scaffolds suppress hypersynchronous network activity in cultured cortical neurons”, 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 14, 2020.

28. T. Takemuro, H. Yamamoto, K. Wakimura, S. Sato, and A. Hirano-Iwata, "Patterning neuronal networks in modular structure using thin PDMS microfluidics films", 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 14, 2020.
29. S. Moriya, H. Yamamoto, Z. Chen, K. Wakimura, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, and S. Sato, "Computational modeling of cultured neuronal networks and its reservoir computing applications", 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 14, 2020.
30. H. Yamamoto, K. Wakimura, Z. Chen, T. Sumi, T. Takemuro, A. Hirano-Iwata, and S. Sato, "Biointerface engineering technologies for manipulating neuronal network functions in culture", 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, Sendai, Japan, February 15, 2020.

6. 参考資料 *Miscellaneous*

6-1 施設の代表的装置の概要

Facilities and Equipments

6-2 施設の利用状況（令和元年度）

Statistics

6-3 ナノ・スピニ工学研究会

Nano-Spin Seminar Series

国際シンポジウムプログラム

Program of International Symposium

6-1 施設の代表的装置の概要 Facilities and Equipments

a-1) ナノ・スピニ電子ビーム・リソグラフィ関連

□ ナノ・スピニ電子描画システム

- 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: 5 mm 角~300 mm φ

日本電子 JBX-9300SA

□ スピニデバイス用リソグラフィ装置

- 用途 フォトマスク作製、ウェハへの直接描画
- 性能 最小描画線幅: 2 μm ライン/スペース
マスクサイズ: 2.5~6 インチ角
ウェハサイズ: 3~6 インチ φ

ハイデルベルグ・インストルメント DWL200

□ イオンビーム加工解析装置 (FIB-SEM)

- 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: 30 kV
電子ビーム最大加速電圧: 30 kV
Ar イオンビーム最大加速電圧: 1 kV
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: 4 インチ φ

ZEISS NVision40 (A)

□ ナノ・スピニ縮小投影露光システム

- 用途 縮小投影露光による微細レジストパターンの形成
- 性能 露光源: i 線
投影倍率: 1/5
ウェハサイズ: 33 mm φ , 2 インチ φ
レチクルサイズ: 6 インチ角

ニコン NSR-2005i10C

□ マスクアライナー

- 用途 集積回路試作用フォトレジストパターンの形成
- 性能 基板サイズ: 5 mm 角から最大 4 インチ角
マスクサイズ: 2 インチ角から 5 インチ角
紫外線露光度: 25 mW/cm²
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)

SUSS MJB4

□ 走査型電子顕微鏡 (SEM)

- 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 15 kV : 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filtration像

日本電子 JSM7401-FT

- ・倍率
LM モード : $\times 25 \sim 19,000$ 、 SEM モード : $\times 100 \sim 1,000,000$
自動倍率補正機能、倍率瞬時切替機能、像回転補正機能付き
- ・加速電圧
LM, SEM モード : 0.5~30 kV、 GB モード : 0.1~4 kV
- ・プローブ電流
 $10^{-13} \sim 2 \times 10^{-9} \text{ A}$

□ 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

□ 多目的電子ビーム蒸着装置 (n型蒸着器) 日本真空

- 用途 化合物半導体に p 型及び n 型電極材料を電子ビーム・抵抗加熱で蒸着し、熱処理を行う。
- 性能
 - ・n 型金属蒸着用電子ビーム蒸着装置
 - ウェハサイズ 不定形 (最大2 インチ)
 - 電子ビーム蒸着源数 1
 - 抵抗加熱蒸着源数 2
 - ・p 型金属蒸着装置
 - ウェハサイズ 不定形 (最大2 インチ)
 - 蒸着源数 3
 - ・n/p 型用赤外線熱処理装置
 - ウェハサイズ 不定形 (最大2 インチ)
 - 加熱温度 900 °C ± 5 °C 以内
 - 雰囲気ガス 窒素、アルゴン、水素

□ 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 : 8 mV 4 fA
 - ・最大電圧・電流 : 200 V 100 mA
 - ・カーブトレーサモード可

□ 高機能マイクロカーメasuring装置 ネオアーク

- 用途 約 $2\mu\text{m}\varphi$ 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 $2\mu\text{m}\varphi$
最大印加磁場 : 1.0 T

温度 : 1.5 K～400 K(室温以下は液体He 使用)
ステージ空間分解能 1 μm

□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 : 15 mmφ 以下
高さ方向分解能 : 0.1 nm (@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 : 20 K～400 K
最大印加磁界強度 : 0.4 T

a-3) シリコンプロセス装置関係

□ ナノヘテロ界面処理加工システム

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

□ ナノヘテロ分析システム

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

□ 半導体電気磁気複合特性測定システム HP 他組上システム

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

□ 常圧 CVD 装置 光洋サーモシステム

- 用途 热 CVD 法により SiO₂、PSG、BSG の薄膜形成を行う。
- 性能 200～400°C での热 CVD 法により、SiO₂、PSG、BSG を形成可能。
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。
SiO₂加工用ドライエッチング装置 (アネルバ DEM-451 特)
 Si 基板上の Si および SiO₂ のエッチングを行う。
メタル加工用ドライエッチング装置 (アネルバ L-451DA-L)
 Si 基板上の金属のエッチングを行う。
- 性能 シリコン加工用ドライエッチング装置
 Si 基板上の Si 系半導体のエッチングが可能 (ECR 型)。最大 6 インチウェハ。試料皿に
 のる不定形ウェハ可能。補助磁場印加、RF バイアス印可可能。
 導入ガス : Cl₂、SiCl₄、BCl₃、SF₆、O₂、H₂、N₂、Ar
SiO₂加工用ドライエッチング装置
 Si および Si 基板上の SiO₂ のエッチングが可能 (RF 励起平行平板型)。
 導入ガス : CF₄、SF₆、O₂、H₂、N₂、Ar
メタル加工用ドライエッチング装置
 Si 基板上の金属のエッチングが可能 (RF 励起平行平板型)。
 エッチング室用ガス : N₂、Ar、H₂、BCl₃、SiCl₄、Cl₂、CF₄、SF₆、O₂
 アッシング室用ガス : O₂、N₂

□ X 線光電子分光装置 (ESCA)

SSI SSX-100、Kratos
AXIS-NOVA

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

□ ワイドレンジナノ形状測定システム

島津製作所 FT-3500

- 用途 表面ナノ形状測定用
- 性能 レーザー顕微鏡部
 408 nm 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 21~560 μm 最高ピクセル分解能 21 nm
 プローブ顕微鏡部
 AFM (コンタクト、ダイナミック、位相) モード
 表面電位モード
 電流モード
 磁気力モード
 最大走査範囲 (水) 30 $\mu\text{m} \times 30 \mu\text{m} \times$ (高さ) 4 μm
 最高制御分解能 (水平) 0.45 $\mu\text{m} \times$ (高さ) 0.06 μm

a-4) 配線プロセス関係

- ナノ・スピニメタルスパッタリングシステム アネルバ EVP-38877
●用途 半導体集積プロセスにおける配線用 Al/Ti 薄膜の成膜
●性能 ターゲット材 : Al-Si(1%)、Ti
基板ホルダ : 33 ミリ φ、2 インチ φ、4cm 角以下のカットウェハ等
処理枚数 : 33 ミリ φ ウェハ 25 枚/ロット
膜厚分布 : φ200 ミリ 内±5%以内
到達真空度 : 3×10^{-6} Pa (スパッタ室)
- アナライザー アジレント HP-4156C
●用途 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(1 fA/2 μV-100 mA/100 V) ×4
電圧測定ユニット×2
電圧源ユニット×2
- ボンダー ウエストボンド 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 ズース・マイクロテック MJB4
●用途 集積回路試作用フォトレジストパターンの形成
●性能 基板サイズ 5 mm 角から最大4 インチ角
マスクサイズ : 2 インチ角から 5 インチ角
紫外線露光照度 : 80 mW/cm²
露光分解能 : 0.8 μm ライン/スペース (バキュームコンタクト時)
- スパッタ装置 アネルバ
●用途 高密度金属配線形成、金属電極形成、シリサイド用高融点金属薄膜形成
●性能 φ4" カソード × 3 基
最大搬送基板サイズ : φ4"
基板加熱 : MAX350 °C
到達真空度 : 3×10^{-6} Pa 以下
- 热処理炉 東栄科学産業
●用途 ゲート酸化膜、フィールド酸化膜の形成、SiO₂、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 O₂、N₂、Ar、H₂、H₂+O₂ 霧囲気中での熱処理が可能。
ヒータ加熱方式 300 °C～1050 °C : 3 体
- 金属蒸着装置 日本シード研究所 M95-0019
●用途 金属薄膜 (アルミニウム) の蒸着 (抵抗加熱型)
●性能 蒸着源ポート数 : 2
対応ウェハサイズ : 33 mmφ、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日本シード研究所 M95-0019

基板回転機構付き

□ 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 (AFM)

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

□ レーザー共焦点顕微鏡

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) : 0.0007 μm)

□ 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 : 375 nm
 - 最少描画線幅 : 1 μm
 - 最大描画範囲 : 50 mm × 50 mm

6-2 施設の利用状況 (令和元年度) Statistics

令和元年度 ナノ・スピニ実験施設 利用登録状況

2020/3/31

	研究室名	利用責任者	取り纏め 研究室	登録者名	人数
常駐研究室	深見研	深見 俊輔		深見教授 (助教)金井 陣内 張 LLANDRO Samik (PD) Krenco (研究支援員)五十嵐 (M2)宮坂 古賀 舟津 (D3)竹内 土肥 (D2)William 五十嵐 (D1)篠崎 (M1)古屋 奥田 来住 高松 Yoon DE Zasa (B4)早川 武智	24
	平野研	但木 大介		平野教授 (助教)馬 但木 小宮 (研究員)阿部 (D2)Feng (M2)袁 常田 松本 横田 脇村 (M1)佐藤 住 (B4)河野 竹室 渡辺	16
	佐藤・ 櫻庭研	櫻庭 政夫		佐藤教授 櫻庭准教授 山本准教授 (助教)金 (D3)守谷 (M2)達増 田村 戴 (M1)加藤 半澤 (B4)小口 渋谷	12
	尾辻・ 佐藤研	佐藤 昭		尾辻教授 佐藤昭准教授 渡辺助教 (PD)JUAN (D2)細谷 (M2)布施 斎藤 込山 (M1)西村 菅原 謙訪 荻浦 (B4)佐々木 根来	14
	堀尾研	堀尾 喜彦		堀尾教授 (D4)織間 (M2)宮内 佐藤 (M1)高橋 福田 (B4)井上 菊地	8
	共通部	森田 伊織		森田技術職員 小野技術職員 武者技術職員	3
非常駐研究室	基盤センター 評価部	阿部真帆		阿部技術職員 丹野技術職員	2
	吹留研	吹留 博一		吹留准教授 (学術研究員)佐々木 (M2)鴨川 (B4)小濱 (NICT)渡邊	5
	石山・ 枠研	枠 修一郎	佐藤研	枠准教授 (M2)曾良 長内 (M1)佐野 斎藤 石田 (B4)高野 高橋	8
	大塚准教授研	大塚 朋廣	深見研	大塚准教授 (M1)阿部 (B4)北田	3
	八坂研	横田 信英	共通部	横田助教	1
	安藤・大兼研 (工)	大兼 幹彦	深見研	大兼准教授 佐藤技術職員 (D3)福田 (D1)小笠原 (M2)工藤 劉 (M1)山村 赤松	8
	新田・好田研 (工)	好田 誠	深見研	好田准教授 軽部助教 (学術研究員)杜野 (D3)中川原 蒲生 (D2)飯笛 斎藤 Ryan (M2)朝倉 佐藤 (M)北村 菅原 西村 Liao (B4)菅原 曽根原 西村 石井 木村 阿部 樊	21
	鷺尾研 (工)	岡田 健	佐藤研	岡田准教授 (M2)岡本 星野 宮崎 大野	5
	藤掛・石鍋研 (工)	柴田 陽生	平野研	柴田助教 (M2)福永 (M1)綱木	3
	遠藤(恭)研 (工)	遠藤 恭	深見研	遠藤恭准教授 (助教)NGUYEN THI VAN ANH	2
	CIES	佐藤 英夫	深見研	池田教授 佐藤英夫教授 (研究支援員)平田 岩沼	4
	末光研(CIES)	末光 哲也	尾辻研	末光教授	1
	宇田研(金)	新家 寛正	共通部	新家助教	1
	高桑研 (多元)	小川 修一	尾辻研	小川助教 (D3)阿加 (M2)蒲田	3
	中川研 (多元)	伊東 駿也	共通部	伊東助教	1
	陳研(AIMR)	井土 宏	共通部	井土助教	1
	内野研 (東北工大)	内野 俊	尾辻研	内野教授 (M2)志賀	2

合計

148

共通利用対応装置 利用時間

※共通利用装置 53台

プロジェクトに対応する装置・研究室持込み装置利用時間

平成31年3月1日から令和2年2月29日まで

共通利用対応装置保守時間

プロジェクト対応装置・研究室持込み装置保時間

平成31年3月1日から令和2年2月29日まで

6-3 ナノ・スピニ工学研究会 Nano-Spin Seminar Series

21世紀に求められる高度な情報通信の実現には、ナノテクノロジーに基づく材料デバイス技術からシステム構築までの総合科学が必要である。「ナノ・スピニ実験施設」は、この情報通信を支える総合科学技術の中の、ナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピニを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究を総合的・集中的に推進することを目的に、本研究所附属研究施設として平成16年4月1日に設置された。本研究会は、この施設を中心に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。令和元年度は以下のように計3回の研究会を実施した。

第109回 令和元年8月21日 13:30 - 16:45

“超電導テラヘルツデバイス”

陳 健（中国・南京大学超電導電子工学研究所、教授）

第110回 令和元年12月11日 13:30 - 15:00

“New Mechanisms for Spin-Orbit Torques”

Mark Stiles（米国・National Institute of Standards and Technology (NIST)）

第111回 令和元年12月23日 13:00 - 18:00、12月24日 9:00 - 12:45

「低周波テラヘルツ非線形量子カスケードレーザ」ほか

藤田一上・林昌平・伊藤昭生・日高正洋・道垣内達夫（浜松ホトニクス）ほか

国際シンポジウムプログラム
Program of International Symposium

17th RIEC International Workshop on Spintronics
and
10th JSPS Core-to -Core Workshop on “New -Concept Spintronic Devices”
Program

● **December 4 (Tuesday)**

page

13:15-13:25

Opening

13:25-14:05

Tu-1 M. Stiles (NIST)

16

Spintronics for neuromorphic computing

14:05-14:45

Tu-2 Y. Suzuki (Osaka University)

17

Unconventional computations using magnetic nano-dots and skyrmions

14:45-15:05

Break

15:05-15:35

Tu-3 S. Woo (IBM)

18

New materials and devices in skyrmionics

15:35-16:05

Tu-4 A. Kurenkov (Tohoku University)

19

Uniform artificial synapse and neuron based on spintronic devices

16:05-16:55

Tu-5 I. Kataeva (DENSO)

20

Neuromorphic computing using analog memristive crossbars for automotive applications

● December 4 (Wednesday)

page

9:00-9:30

- We-1 J. Åkerman (Gothenburg University) 21
2D mutually synchronized spin Hall nano-oscillator arrays for highly coherent microwave signal generation and neuromorphic computing

9:30-10:00

- We-2 P. Pirro (Technische Universität Kaiserslautern) 22
Magnonics for neuromorphic applications

10:00-10:30

- We-3 K. Oyanagi (Tohoku University) 23
Paramagnetic spintronics

10:30-10:50

Break

10:50-11:20

- We-4 S. Mangin (Universite de Lorraine) 24
All-optical helicity dependent switching in ferromagnetic layers

11.20-11:50

- We-5 S. Mizukami (Tohoku University) 25
Laser-induced magnetization dynamics in synthetic antiferromagnets

11:50-12:20

- We-6 M. Aeschlimann (University of Kaiserslautern) 26
Laser-Induced intersite spin transfer

12:20-14:00

Group Photo

Lunch

14:00-14:30

- We-7 Y. Ando (Tohoku University) 27
Application of highly sensitive magnetic field sensors with ferromagnetic tunnel junctions

		page
14:30-15:00		
We-8	K. McKenna (University of York)	28
	<i>Understanding the role of extended defects in magnetic and resistive switching memory materials</i>	
15:00-15:30		
We-9	G. Reiss (Bielefeld University)	29
	<i>Tuning superparamagnetism in perpendicular magnetic tunnel junctions</i>	
15:30-15:50		
Break		
15:50-16:20		
We-10	W. Borders (Tohoku University)	30
	<i>Probabilistic computing with stochastic magnetic tunnel junctions</i>	
16:20-17:10		
We-11	M. Ohzeki (Tohoku University)	31
	<i>Quantum annealing and its practical applications</i>	
Transfer		
18:20-19:50		
Banquet		

● December 5 (Thursday)

		page
9:10-9:40		
Th-1	A. Hirotaha (University of York)	32
	<i>Development of antiferromagnetic and spin gapless semiconducting Heusler alloy films</i>	
9:40-10:10		
Th-2	R. Umetsu (Tohoku University)	33
	<i>SX-RIXS measurements under magnetic field for Heusler alloys with half-metallic electronic state</i>	
10:10-10:40		
Th-3	M. Shirai (Tohoku University)	34
	<i>Computational design of half-metallic quaternary Heusler alloys for magnetic tunnel junctions</i>	
10:40-11:00		
Break		
11:00-11:30		
Th-4	J. Chen (National University of Singapore)	35
	<i>Electric induced magnetization switching in all oxide structure and single metallic layer</i>	
11:30-12:00		
Th-5	T. Seki (Tohoku University)	36
	<i>Spin-Charge conversion in ferromagnetic materials</i>	
12:00-13:50		
Lunch		
13:50-14:30		
Th-6	T. Ono (Kyoto University)	37
	<i>Ferrimagnetic spintronics</i>	

		page
14:30-15:00		
Th-7	A. Hrabec (ETH Zurich)	38
	<i>Chirally coupled nanomagnets</i>	
15:00-15:30		
Th-8	D. Pinna (Johannes Gutenberg University)	39
	<i>Reservoir computing with random magnetic textures</i>	
15:30-17:00		
	Poster Session: Room A401 (4F)	

● December 6 (Friday)

page

9:10-9:50

Fr-1 Y. Otani (University of Tokyo)

40

Novel functions observed in a topological antiferromagnet

9:50-10:20

Fr-2 Y. Mokrousov (Forschungszentrum Jülich)

41

Spin "Chirotronics": From antiferromagnets to 3D chiral particles

10:20-10:40

Break

10:40-11:10

Fr-3 J. Wunderlich (ASCR)

42

Electrically and thermally detected Néel vector switching in a collinear antiferromagnet

11.10-11:40

Fr-4 T. Dietl (Polish Academy of Sciences)

43

Electric field effects in ferromagnetic (Ga,Mn)N and antiferromagnetic CuMnAs

Closing

17th RIEC International Workshop on Spintronics
 and
10th JSPS Core-to -Core Workshop on “New -Concept Spintronic Devices”
Poster Program

		page
P-1	S. Karube, N. Tezuka, M. Kohda and J. Nitta (Tohoku University)	45
	<i>Spin-orbit field driven by Rashba-Edelstein effect at W/Pt interface</i>	
P-2	S. Ranjbar, M. Al-Mahdawi, M. Tsunoda, M. Oogane and Y. Ando (Tohoku University)	46
	<i>Films and use its potential for magnetic devices</i>	
P-3	K.V. De Zoysa, R. Itoh, Y. Takeuchi, S. DuttaGupta, S. Fukami and H. Ohno (Tohoku University)	47
	<i>Composition dependence of spin-orbit torques in antiferromagnetic $Pt_{1-x}Mn_x$ ($0 \leq x \leq 1$)/CoFeB heterostructures</i>	
P-4	Y. Du, H. Gamou, S. Takahashi, S. Karube, M. Kohda and J. Nitta (Tohoku University)	48
	<i>Disentanglement of spin-orbit torques in Pt/Co bilayers with the presence of spin Hall effect and Rashba-Edelstein effect</i>	
P-5	K. Furuya, Y. Takeuchi, B. Jinnai, S. Fukami and H. Ohno (Tohoku University)	49
	<i>Large spin orbit torque in W/CoFeB/MgO with high W resistivity</i>	
P-6	Y. Xu, J. Zhao and D. Wei (Chinese Academy of Sciences)	50
	<i>Spin polarization characterization by spin hall magnetoresistance in ferrimagnetic $Co_{1-x}Tbx/Pt$ bilayers</i>	
P-7	S. DuttaGupta, R. Itoh, S. Fukami and H. Ohno (Tohoku University)	51
	<i>Antiferromagnet layer thickness dependence of spin-Hall magnetoresistance in $PtMn/Pt$ metallic heterostructures</i>	

		page
P-8	J. Yoon, Y. Takeuchi, R. Itoh, S. Kanai, S. Fukami and H. Ohno (Tohoku University)	52
	<i>Anomalous Hall effect of sputter-deposited non-collinear antiferromagnetic Mn₃Sn thin films with controlled crystal orientation</i>	
P-9	M. Abe, H. Gamou, M. Kohda and J. Nitta (Tohoku University)	53
	<i>Spin relaxation mechanism in Cu/Bi bilayers</i>	
P-10	C. Zhang, Y. Takeuchi, S. Fukami and H. Ohno (Tohoku University)	54
	<i>Magnetization reversal via the combination of spin-orbit torque and spin-transfer torque in sub-ns region</i>	
P-11	C. A. Akosa, H. Li, G. Tatara and O. A. Tretiakov (RIKEN)	55
	<i>Tuning the skyrmion Hall effect via engineering of spin-orbit Interaction.</i>	
P-12	T. Dohi, S. DuttaGupta, S. Fukami and H. Ohno (Tohoku University)	56
	<i>Current-induced motion of synthetic antiferromagnetic skyrmion bubbles free from the skyrmion Hall effect</i>	
P-13	M. Ender, P. Pirro and B. Hillebrands (Technische Universität Kaiserslautern)	57
	<i>Controlling the transmission of spin waves in a directional-coupler via domain walls</i>	
P-14	Q. C. J.-M. Remy, J. Hohlfeld, J. Gorchon, M. Hehn, G. Malinowski and S. Mangin (Université de Lorraine)	58
	<i>Importance of transport phenomena in ultrafast switching of magnetic multilayer thin films</i>	
P-15	D. Breitbach, M. Schneider, T. Brächer, A. M. Friedel, P. Pirro, V. S. Tiberkevich, A. N. Slavin, C. Dubs, B. Hillebrands and A. V. Chumak (Technische Universität Kaiserslautern)	60
	<i>Optical investigation of the magnon chemical potential in YIG/Pt systems</i>	

	page
P-16	A. Houshang, R. Khymyn, H. Fulara, A. Gangwar, M. Haidar, S. R. Etesami, R. Ferreira, P. P. Freitas, M. Dvornik, R. K. 61 Dumas and J. Åkerman (University of Gothenburg) <i>Spin transfer torque driven higher-order propagating spin waves and their synchronization in nano-contact magnetic tunnel junctions</i>
P-17	T. Parvini, V. Bittencourt and S. Kusminskiy (Max 63 PlanckInstitute for the Science of Light) <i>Antiferromagnetic cavity optomagnonics</i>
P-18	T. B. Noack, V. I. Vasyuchka, D. A. Bozhko, B. Heinz, P. Frey, D. V. Slobodianiuk, O. V. Prokopenko, G. A. Melkov, P. 64 Kopietz, B. Hillebrands and A. A. Serga (Technische Universität Kaiserslautern) <i>Enhancement of the spin pumping effect by magnon confluence process</i>
P-19	T. Roy, M. Tsujikawa, T. Kanemura and M. Shirai (Tohoku 65 University) <i>Ab initio studies on equiatomic quaternary Heusler alloys CoIrMnZ (Z = Al, Ga, Si, Ge)</i>
P-20	Y. Koike, S. Iihama and S. Mizukami (Tohoku University) 66 <i>Spin-torque ferromagnetic resonance in Co_xFe_{1-x} / Ti / NiFe trilayers</i>
P-21	L. Scheuer, D. Nenno, G. Torosyan, A. Brodyanski, R. H. 67 Binder, H. C. Schneider, R. Beigang and E. Th. Papaioannou (Technische Universität Kaiserslautern) <i>Engineering the emission of spintronic terahertz emitters based on defect densities</i>
P-22	W. Yu, J. Wang, H. Y. Yuan and J. Xiao (Fudan University) 68 <i>Prediction of attractive level crossing via a dissipative mode</i>
P-23	M. Bersweiler, P. Bender, L. G. Vivas, M. Albino, M. Petrecca, S. Mühlbauer, S. Erokhin, D. Berkov, C. Sangregorio and A. 69 Michels (University of Luxembourg) <i>Size-dependent spatial magnetization profile of Manganese-Zinc ferrite nanoparticles</i>

		page
P-24	P. Frey, D.A. Bhozko, V. Vasyuchka, A. A. Serga and B. Hillebrands (Technische Universität Kaiserslautern) <i>Anisotropic transport of spontaneously accumulated magneto-elastic bosons in Yttrium Iron Garnet films</i>	70
P-25	T. V. A. Nguyen, H. Sato, S. Ikeda, T. Endoh and Y. Endo (Tohoku University) <i>Influence of temperature on in-plane effective damping constant of amorphous Co-Fe-B thin films</i>	71
P-26	M. Shinozaki, J. Igarashi, J. Llandro1, H. Sato, S. Fukami and H. Ohno (Tohoku University) <i>Ferromagnetic resonance and current induced magnetization switching in nanoscale CoFeB/MgO magnetic tunnel junctions</i>	72
P-27	H. Musiienko-Shmarova, V. S. Tyberkevych, A. N. Slavin, A. A. Serga and B. Hillebrands (Technische Universität Kaiserslauten) <i>From nonlinear interacting magnon gas to magnon Bose-Einstein condensate and supercurrents</i>	73
P-28	Z. Jin, Y. Wang, M. Oogane and Y. Ando (Tohoku University) <i>Investigation of junction-size dependence of TMR-sensor detectivity</i>	74
P-29	T. Watakabe, M. Goto, H. Nomura, Y. Suzuki (Osaka University) <i>Electric field modulation of magnetic anisotropy in Fe/Mn/MgO/Fe Magnetic tunnel junction</i>	76
P-30	Y. Ogasawara, K. Kunimatsu, T. Tsuchiya, S. Iihama and S. Mizukami (Tohoku University) <i>Gilbert damping constant of metastable bcc CoMn thin films</i>	77
P-31	V. I. Vasyuchka, P. Frey, M. Ishibashi, A. A. Serga and B. Hillebrands (Technische Universität Kaiserslautern) <i>Magnon condensation in the presence of magnetoelastic interaction</i>	78

		page
P-32	M. Al-Mahdawi, M. Oogane, Y. Ando (Tohoku University)	79
	<i>Approach to low-noise magnetic field TMR sensors by hybrid sensing layers and Deep-Learning denoising</i>	
P-33	C. Ortiz-Pauyac, C. Akosa, G. Tatara and A. Kalitsov (RIKEN)	81
	<i>Thermal torque in double barrier tunnel junctions with magnetic insulators</i>	
P-34	A. J. E. Kreil, A. A. Serga and B. Hillebrands (Technische Universität Kaiserslautern)	82
	<i>Dynamics of a magnon Bose-Einstein condensate in inhomogeneous magnetic fields</i>	
P-35	T. Yamamoto, K. Kaminaga, D. Saito, D. Oka and T. Fukumura (Tohoku University)	83
	<i>New ferromagnetic semiconductor: rare-earth monoxide GdO</i>	

The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer

Date: February 13 - 15, 2020

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

Organizers:

Symposium Chair

Shigeo Sato, Tohoku Univ.

Program Committee

Takahiro Hanyu, Tohoku Univ., Yoshihiko Horio, Tohoku Univ.,

Ayumi Hirano-Iwata, Tohoku Univ., Hideaki Yamamoto, Tohoku Univ.,

Kiyotaka Naoe, Tohoku Univ., Yasunari Takaura, Tohoku Univ.,

Yasunori Yamanouchi, Tohoku Univ., Masato Morishima, Tokyo Electron Ltd.

Secretary

Shigeo Sato, Tohoku Univ.

Co-organized by

Research Institute of Electrical Communication (RIEC), Tohoku University

**Tohoku Forum for Creativity Program 2020 "Designing the Human-Centric IoT Society
-Cooperative Industry-Academic Strategies for Creative Future Connection"**

In association with

**Center for Science, Technology and Well-being Research (Graduate School of Arts and Letters),
Tohoku University**

In cooperation with

WISE Program for AI Electronics, Tohoku University

Program

Feb. 13

13:00 - 13:05 Opening Remarks

A. Hirano-Iwata (Tohoku Univ., Japan)

--- Special Session 1 (Chair: S. Sato) ---

"Spintronics-based edge computing hardware fundamentals"

13:05 - 13:25 [SS1-1] Analog neuron circuit for edge computing

S. Sato, Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, H. Yamamoto, M. Sakuraba, Y. Horio, J. Madrenas (Tohoku Univ., Japan)

13:25 - 13:45 [SS1-2] Impact of nonvolatile-logic design techniques for spintronics-based edge AI computing

M. Natsui, T. Chiba, T. Hanyu (Tohoku Univ., Japan)

13:45 - 14:05 [SS1-3] Spintronics for uniform artificial synapse and neuron

A. Kurenkov, S. Fukami, Y. Horio, H. Ohno (Tohoku Univ., Japan)

14:05 - 14:20 Break (15 min)

--- General Session 1 (Chair: Y. Horio) ---

14:20 - 14:50 [GS1-1] Design flow for SIMD-based hardware implementation of spiking neural networks

J. Madrenas, M. Zapata, J. A. Oltra, B. Vallejo, S. Moriya, S. Sato (Polytechn. Univ. Catalonia, Spain)

14:50 - 15:10 [GS1-2] Analysis of temporal and mobility networks

N. Fujiwara (Tohoku Univ., Japan)

15:10 - 15:40 [GS1-3] Distributed correlates of working memory phenomena in a large-scale multi-network model

P. Herman, F. Fiebig, A. Lansner (KTH Royal Inst. Technol., Sweden)

15:40 - 16:00 Break (20 min)

--- General Session 2 (Chair: H. Yamamoto) ---

16:00 - 16:30 [GS2-1] Extracting image statistics by human and machine observers

C.-C. Chen (Natl. Taiwan Univ., Taiwan)

16:30 - 16:50 [GS2-2] Distal axon as a potential oscillator for network activities in the hippocampus

H. Kamiya (Hokkaido Univ., Japan)

- 16:50 - 17:10 [GS2-3] Multi-scale calcium imaging in the visual cortex of marmoset monkeys
T. Matsui, T. Hashimoto, T. Murakami, M. Uemura, K. Kikuta, T. Kato, K. Ohki (Univ. Tokyo, Japan)
- 17:10 - 17:30 [GS2-4] Microfabrication methods for the analysis of ion channel functions
A. Hirano-Iwata (Tohoku Univ., Japan)
-

Feb. 14

- Special Session 2 (Chair: M. Kimura) ---
"Brain-like Integrated System: Device, Circuit, System, etc."
- 9:30 - 9:50 [SS2-1] Brain-like integrated system using thin-film devices
M. Kimura (Ryukoku Univ., Japan)
- 9:50 - 10:20 [SS2-2] Memristor enabled future computing beyond CMOS
K. M. Kim (KAIST, Korea)
- 10:20 - 10:35 Break (15 min)
- 10:35 - 10:55 [SS2-3] Weightless neural network with high write error rate MRAM: Pattern matching and recognition
H. Arai, H. Imamura (AIST, Japan)
- 10:55 - 11:15 [SS2-4] Elastic neural network on-chip
R. Zhang, M. Wu, Y. Kan, Y. Chen, Y. Nakashima (NAIST, Japan)
- 11:15 - 13:00 Lunch Break
- Special Session 3 (Chair: S. Sato) ---
"Designing the Human-Centric IoT Society -Cooperative Industry-Academic Strategies for Creative Future Connection"
- 13:00 - 13:15 [SS3-1] Introduction to the "Designing the Human-Centric IoT Society" Program
Y. Horio (Tohoku Univ., Japan)
- 13:15 - 13:30 [SS3-2] Technology Vision for Well-being Society
M. Morishima (Tokyo Electron Ltd., Japan)
- 13:30 - 13:45 [SS3-3] Towards large-scale cyber-physical-human systems - vision for one of KTH Digitalisation projects
P. Herman (KTH Royal Inst. Technol., Sweden)
- 13:45 - 14:05 [SS3-4] Value-sensitive design and well-being

K. Naoe (Tohoku Univ., Japan)

14:05 - 14:15 Break (10 min)

14:15 - 14:35 [SS3-5] The human aspect of technology and design thinking

H. Kanemitsu (Kanazawa Inst. Technol., Japan)

14:35 - 15:05 [SS3-6] AI ethics: An interdisciplinary approach

Y.-H. Weng (Tohoku Univ., Japan)

15:05 - 15:10 Break (5 min)

15:10 - 16:00 Panel Discussion: AI and well-being

Coordinator: Y. Horio

16:00 - 17:30 --- Poster Session ---

[P-1] Data-driven approach for structure estimation of neural networks

R. Masahiro, T. Omori (Kobe Univ., Japan)

[P-2] Machine learning algorithm for estimating odor pleasantness by sparse modeling method

M. Yokoi, T. Omori (Kobe Univ., Japan)

[P-3] Online statistical Algorithm for estimation and control of neuronal dynamics

S. Fukami, T. Omori (Kobe Univ., Japan)

[P-4] Input pattern discrimination depending on inputs frequency in hippocampal granule cells

N. Nakajima, Y. Hosoya, H. Hayakawa, T. Aihara (Tamagawa Univ., Japan)

[P-5] Temporal development and dimensionality of figure-ground signals in monkey V4

A. Kodama, K. Sakai (Univ. Tsukuba, Japan)

[P-6] A role of rhythmic oscillations in top-down influence of visual areas in perceptual learning

R. Tani, Y. Kashimori (Univ. Electro-Commun., Japan)

[P-7] A neural network model for gustatory working memory in orbitofrontal cortex

L. C. Antakat, Y. Kashimori (Univ. Electro-Commun., Japan)

[P-8] An experimental study on the spontaneous firing of single isolated neurons in autaptic culture using micropatterned substrates

K. Hattori, K. Sato, H. Takahashi, T. Hayakawa, S. Oguma, M. Ishida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii (Waseda Univ., Japan)

[P-9] Stimulation of micropatterned neurons with a pair of needle electrodes and the activity measurement

J. Imai, K. Hattori, H. Kurakake, T. Hashimoto, K. Sato, H. Takahashi, S. Oguma, M. Ishida, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, T. Tanii (Waseda Univ., Japan)

[P-10] Controlling synchronized bursting activity of micropatterned cortical cultures by electrical field noise

K. Wakimura, H. Yamamoto, K. Ide, A. Hirano-Iwata (Tohoku Univ., Japan)

[P-11] Soft scaffolds suppress hypersynchronous network activity in cultured cortical neurons

T. Sumi, H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata (Tohoku Univ., Japan)

[P-12] Patterning neuronal networks in modular structure using thin PDMS microfluidics films

T. Takemuro, H. Yamamoto, K. Wakimura, S. Sato, A. Hirano-Iwata (Tohoku Univ., Japan)

[P-13] Computational modeling of cultured neuronal networks and its reservoir computing applications

S. Moriya, H. Yamamoto, Z. Chen, K. Wakimura, A. Hirano-Iwata, S. Kubota, S. Sato (Tohoku Univ., Japan)

[P-14] LSI implementation and its evaluation of an Izhikevich neuron model

Y. Tamura, S. Moriya, T. Kato, H. Yamamoto, M. Sakuraba, S. Sato, Y. Horio, J. Madrenas (Tohoku Univ., Japan)

[P-15] Reservoir network of biologically-plausible structure on pattern recognition

Y. Dai, M. Sakuraba, S. Sato (Tohoku Univ., Japan)

[P-16] Computing based on pseudo-billiard dynamics in hypercube

Y. Katori, M. Yamaguchi, H. Tamukoh, T. Morie (Future Univ. Hakodate, Japan)

[P-17] Bayesian slow feature analysis based on variational learning

M. Yashima, T. Omori (Kobe Univ., Japan)

[P-18] The Future of Meetings by Smart Technology

Y. Asakawa, J. Sakurai, Y. Kikuchi, Y. Koizumi, T. Sumi, K. Hanzawa, D. Shin (Tohoku Univ., Japan)

[P-19] Human-Centric Design towards society without regional disparities

M. Sato, T. Mikami, T. Kato, T. Tanno, R. Sasaki, D. Yuxuan, S. Yamada (Tohoku

Univ., Japan)

[P-20] The Role of <Human-Centered Technologies> in Society in 2040

T. Nara, D. Oguchi, V. De Zoysa, W. Suda, K. Takayama, K. Fukuda (Tohoku Univ., Japan)

Feb. 15

--- General Session 3 (Chair: P. Herman) ---

9:30 - 9:50 [GS3-1] Improvements of two-photon microscopy techniques for understanding intravital phenomena

K. Otomo, T. Nemoto (NIPS, Japan)

9:50 - 10:20 [GS3-2] Network interactions in the mouse visual cortex are predictive of perceptual decisions

J. G. Orlandi, M. Abdolrahmani, R. Aoki, D. R. Lyamzin, A. Benucci (RIKEN, Japan)

10:20 - 10:40 [GS3-3] Data-driven approach for extracting neuronal nonlinear dynamics

T. Omori (Kobe Univ., Japan)

10:40 - 11:10 [GS3-4] FORCE training networks of spiking neurons to perform arbitrary dynamics

W. Nicola, C. Clopath (Univ. Calgary, Canada)

11:10 - 11:20 Break (10 min)

--- General Session 4 (Chair: A. Hirano-Iwata) ---

11:20 - 11:40 [GS4-1] Spin-wave reservoir computing chip: Ultra low power consumption neural network hardware for sequential information learning and processing

A. Hirose, R. Nakane, G. Tanaka (Univ. Tokyo, Japan)

11:40 - 12:10 [GS4-2] Strategies to dictate connectivity and functional organization in 2D and 3D neuronal cultures

M. Montalà, E. Estévez-Priego, T. Fardet, S. Bottani, J. Soriano (Univ. Barcelona, Spain)

12:10 - 12:30 [GS4-3] Biointerface engineering technologies for manipulating neuronal network functions in culture

H. Yamamoto, K. Wakimura, Z. Chen, T. Sumi, T. Takemuro, A. Hirano-Iwata, S. Sato (Tohoku Univ., Japan)

12:30 - 12:35 Closing Remarks

S. Sato (Tohoku Univ.)

**東北大学電気通信研究所附属
ナノ・スピニン実験施設**

〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目1-1 phone (022)217-5563 fax (022)217-5565
(<http://www.riecl.tohoku.ac.jp/>)