

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7号

Research Report No. 7
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University

2012

施設研究報告書 2012

目次

1. 施設の概要	1
2. 施設の組織	2
3. 平成 23 年度の研究成果のハイライト	3
4. 施設の活動	7
4-1 国際研究拠点形成	7
4-2 国際シンポジウム	8
5. 研究成果（平成 23 年度）	9
5-A ナノヘテロプロセス基盤技術関連	9
5-B 半導体スピントロニクス基盤技術関連	97
5-C ナノ分子デバイス基盤技術関連	211
6. 参考資料	255
6-1 施設のクリーンルームと装置の概要	257
6-2 施設の利用状況（平成 23 年度）	263
6-3 ナノ・スピニ工学研究会	264
国際シンポジウムプログラム	267

Annual Research Report 2012

Table of Contents

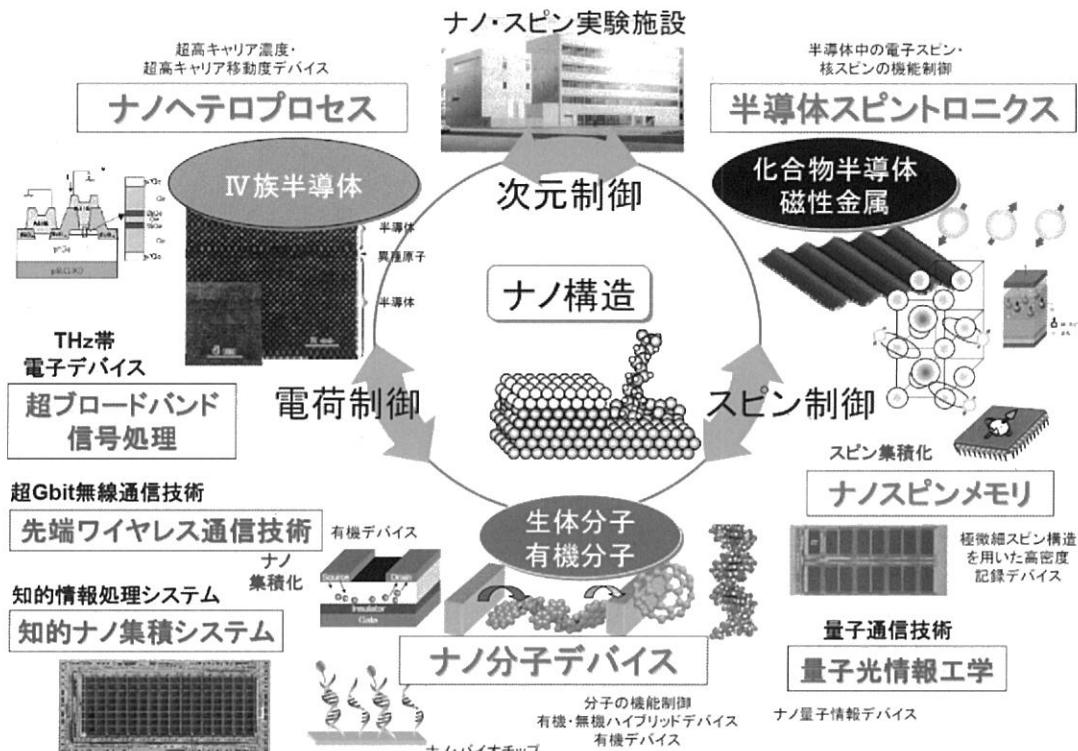
1 .	Outline	1
2 .	Organization	2
3 .	Highlights of Research in FY2011	3
4 .	Global Activities	7
4 – 1	COE of International Research Collaboration	7
4 – 2	International Symposium	8
5 .	Research Abstracts	9
5 – A	Atomically Controlled Processing and nano integration	9
5 – B	Semiconductor Spintronics and information technology	97
5 – C	Nano-Molecular Devices	211
6 .	Miscellaneous	255
6 – 1	Facilities and Equipments	257
6 – 2	Statistics	263
6 – 3	Nano-Spin Seminar Series	264
	Program of International Symposium	267

1. 施設の概要

Outline

ナノ・スピニ実験施設

～情報通信を支えるナノ・スピニ基盤技術の創生～



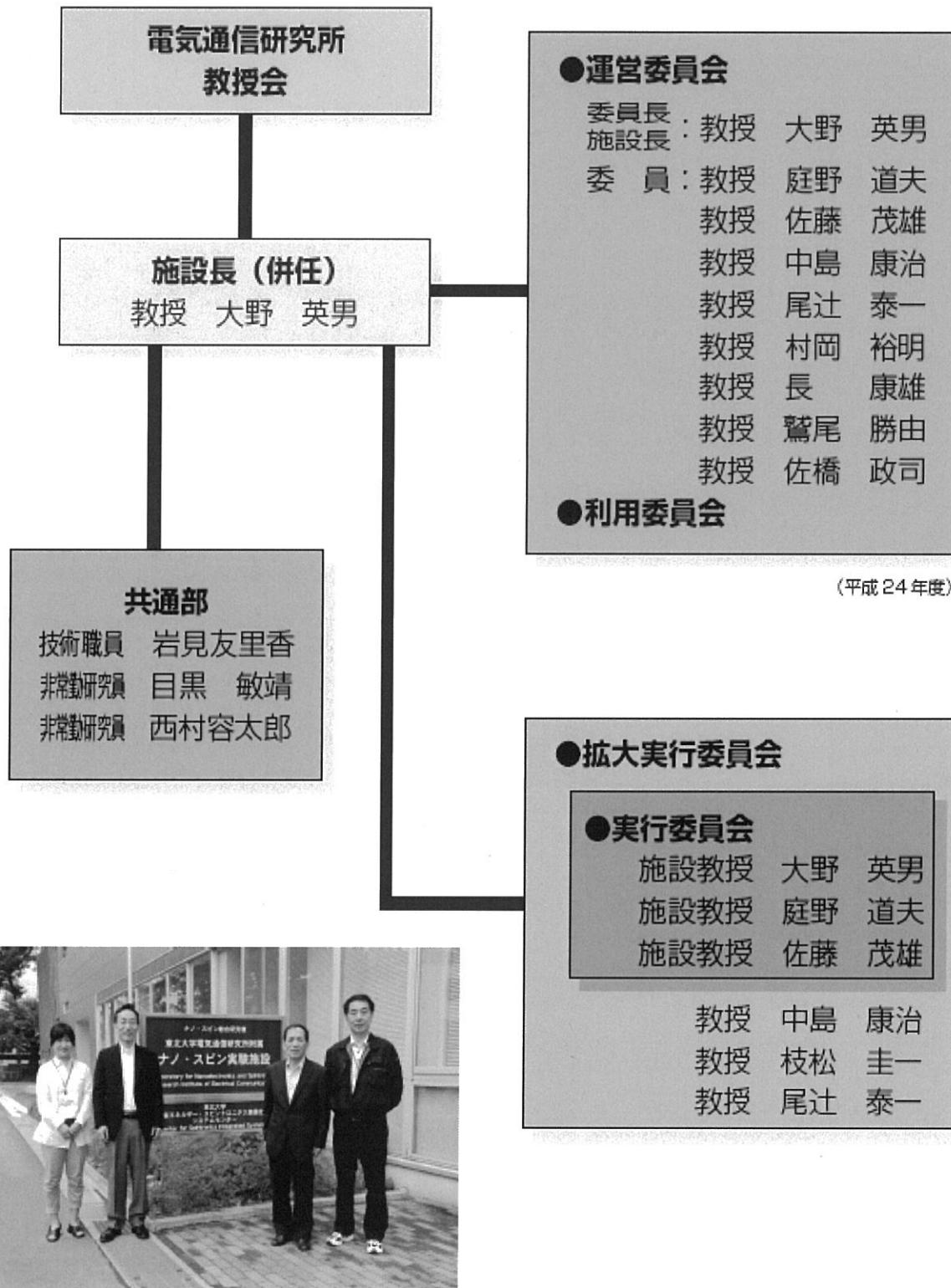
「ナノ・スピニ実験施設」は、本研究所附属研究施設として平成16年4月1日に設置された。その目的は、情報通信を支えるナノエレクトロニクス・スピントロニクス基盤技術を創生することにある。これを実現するため、「ITプログラムにおける研究開発推進のための環境整備」によって整備されたナノ・スピニ総合研究棟とその主要設備を用いて、本研究所および本所と密接な関係にある本学電気・情報系の各研究分野と共にナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピニを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究開発を進め、さらに全国・世界の電気通信分野の研究者の英知を結集した共同プロジェクト研究を推進する。

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

東北大学電気通信研究所附属
ナノ・スピニ実験施設長
教授 大野 英男

2. 施設の組織

Organization



3. 平成 23 年度の研究成果のハイライト

Highlights of Research in FY2011

施設研究部と利用研究室の平成 23 年度の研究成果のハイライトを記します。

ナノヘテロプロセス基盤技術関連

Atomically Controlled Processing and nano integration

● ナノヘテロプロセス（室田淳一・櫻庭政夫）

Atomically Controlled Processing (J. Murota and M. Sakuraba)

IV 族半導体ヘテロ構造の歪制御と高キャリア濃度化のための基盤技術構築を目指して研究を進め、以下の成果を得た。(1) 熱 CVD プロセスによる歪 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 上の熱窒化とその上への歪 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ キャップ層エピタキシャル成長による N 原子層ドーピングについて研究を進めた結果、原子オーダで熱窒化した歪 $\text{Si}_{0.3}\text{Ge}_{0.7}(100)$ を 400 °C で熱処理すると、 Si_3N_4 形成が支配的であることを見いだした。(2) $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ の CVD 堆積速度や Si への B ドーピングの反応速度定数やその電気的活性化率に 1%程度の格子歪が大きな影響を与える一方、歪 Si(100)基板上にエピタキシャル成長させた B ドープ歪 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ における B の電気的活性化率には格子歪はほとんど影響を与えないことを明らかにした。(3) 高 Ge 比率化とともにナノメートルオーダ厚のヘテロ構造が必須となる高性能 SiGe 系共鳴トンネル素子における低温から室温までの熱電子放出特性から、原子オーダでのヘテロ界面平坦性制御とともに高障壁材料の導入が不可欠となることを示した。

In order to create atomically controlled processing for nanometer-order artificial heterostructures of group IV semiconductors, following experimental results have been obtained: In thermal treatment of atomic-order nitrided $\text{Si}_{0.3}\text{Ge}_{0.7}(100)$ at 400 °C, Si_3N_4 is dominantly formed at the surface. (2) Although $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ deposition rate on Si(100) and electrical activity of B atoms in B-doped Si(100) are changed by strain in Si(100), electrical activity of B atoms in strained B-doped $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ on Si(100) is scarcely affected by strain in Si(100). (3) From thermionic emission characteristics of p-type resonant tunneling diode of strained SiGe/Si(100) with high Ge fraction, introduction of higher-barrier materials as well as atomic-order flatness control of heterointerface is important to improve resonant tunneling characteristics.

● 知的ナノ集積システム（中島康治・佐藤茂雄）

Intelligent Nano-Integration System (K.Nakajima and S.Sato)

(1) 新概念の疑似粒子運動モデルを用いた神経モデル結合系の解析を用いて、アクティブ領域を持つポテンシャルで制限されたシステムが持つバースト発火現象を検討した。また、高次シナプス結合を持つ逆関数遅延ニューロンモデルの応用問題への適用を試み、その実現可能性を示した。(2) Nb/AlOx/Nb ジョセフソン接合列のスイッチング特性を、超伝導集積回路シミュレータ JSIM を使って調べた。この結果と実験結果を比較し、実験結果の方がはるかに大きいスイッチング確率を示すことが分かった。従来理論と整合させるためには電子温度や浮遊容量の同定が不可欠であることを確認した。(3) 超伝導ディジタル信号処理回路の大規模化と高バイアスマージン化を目的とし、8 × 8 ビット並列乗算器の構成要素として用いられる、基本論理セルの高速評価とセル遅延評価を集積回路上で実測した。その結果、実測での詳細なセル遅延特性が得られ、大規模回路設計におけるタイミング設計の指針が得られた。また、超伝導量子干渉デバイスによるニューロ素子を利用したホップフィールド形ネットワークの構成では、ニューロン素子の閾値特性の改善により N-Queen 問題の正解率が向上することを数値解析により見出した。

(1) We have analyzed burst dynamics bound by potential with active areas by using a new concept virtual particle dynamics. Furthermore, we have tried to apply an inverse function delayed neuron model with high-order synapse connections to practical applications, and we have demonstrated the possibilities of them. (2) We studied the switching characteristics of stacked Nb/AlOx/Nb Josephson junctions with JSIM, which is a simulator for superconducting integrated circuits, and compared the results with experimental data. It has been found that the experimental data indicates much larger switching probabilities. We

confirmed that it is necessary to identify electron temperature and stray capacitances for consistency with conventional theory. (3) We measured characteristics of electrical delay and high-speed operations in logic cell units for a superconducting 8-bit parallel multiplier. As a result, details of delay characteristics of logic cells were obtained by measurements of fabricated circuits. Meanwhile, we improved a threshold characteristic in the superconducting quantum interference device for a neural network solving N-Queens problem. An increase of the correct pattern ratio of N-Queens problem was confirmed by numerical simulations.

半導体スピントロニクス基盤技術関連

Semiconductor Spintronics and information technology

- 半導体スピントロニクス・ナノスピニメモリ（大野英男・大野裕三・松倉文礼・池田正二）
Semiconductor Spintronics and Nano-Spin Memory
(H. Ohno, Y. Ohno, F. Matsukura, and S. Ikeda)

電子の電荷とスピンの自由度を利用するスピントロニクスの基盤技術の確立とその工学的応用を目指して研究を行い、以下の成果を得た。(1) 四重極相互作用が核スピンコヒーレンスを乱す原因になることを示した。また、内部電場勾配を見積もり、外部から機械的に加えた歪によって四重極相互作用を増大させると不均一拡がりが増大することを示した。さらに、局所的な核スピン操作に有望な核電気共鳴を実証した。(2) 垂直磁気異方性 MgO/CoFeB/Ta 構造において、磁区構造を解析することにより、磁壁幅、及び交換スティフェス定数を求めた。(3) MgO/CoFeB/Ta において電界効果による磁気異方性の変調を調べ、電界変調量は熱処理により変化することを見出した。(4) GaAs/AlGaAs 量子井戸をベースとするショットキーダイオードに順方向電圧をかけて微細構造分裂を制御することにより、単一の GaAs 量子ドットの微細構造分裂の減少と抑制を観測し、 0.72 ± 0.05 という高い忠実度での偏光もつれ光子の生成に成功した。(5) 垂直磁気異方性 CoFeB/MgO-MTJ において、書き込み電流は接合サイズの減少とともに低減し、熱安定性は 40 nm 径以上の接合サイズでほとんど変化しないことを示した。(6) 接合サイズを大きくし磁性電極間のダイポール結合を低減することで、400°C の熱処理においても室温で高い TMR 比が得られることが分かった。(7) CoFeB 参照層径 300nm、記録層径 100nm を有するステップ構造において、反平行状態の熱安定性定数を増大させることに成功し、10 年以上の記録保持時間を達成した。

・連携研究

1. 日本学術振興会「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」において、参画研究室と連携して以下の成果を得た。(1) 極薄 CoFeB を FePd と MgO の間に挿入することによって 3nm の FePd の L1₀型規則度が改善し、垂直磁気異方性エネルギーを増加させることに成功した。(2) 高垂直磁気異方性 1×10^7 erg/cc と低ダンピング定数 0.006 を兼備する L1₀型 MnAl 合金膜を得ることに成功した。(3) CoFeB/MgO 細線において電流誘起有効磁場を観測した。(3) 90 nm COMS/MTJ プロセスにおいて完全並列型 6T-2MTJ 不揮発 TCAM (ternary content-addressable memory) セル回路および FPGA(field-programmable gate array) のチップ試作を行い、基本動作を確認した。(4) MTJ/CMOS 不揮発性ラッチ回路試作し世界最高 600MHz 動作を実証した。
2. 文部科学省「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」の委託研究である「高機能・超低消費電力スピニデバイス・ストレージ基盤技術の開発」プロジェクトにおいて、参画研究室と連携して以下の成果を得た。(1) スタティックテスターを用いた解析により、多磁区ドットの形成を抑制するには記録ドットを 30nm 以下にする必要があることがわかった。(2) イオンビームエッティングで形成した CoPt 系ドットの側面にダメージが 2nm 程度生じ、10nm 径以下のドットで磁気異方性エネルギーが連続膜に比べ半減することがわかった。

Our research activities focus on the establishment of fundamental technologies for future spintronics devices. The outcomes in the last fiscal year are following. (1) Discovery of asymmetric nuclear magnetic resonance spectrum at low magnetic fields in a strained (110) GaAs quantum well. (2) Determination of domain wall width and exchange stiffness constant by analyzing domain structures in Ta/CoFeB/MgO. (3) Discovery of larger modulation ratio of magnetic anisotropy by electric field in annealed Ta/CoFeB/MgO than as-deposited. (4) Generation of polarization-entangled photons with a high fidelity of 0.72 ± 0.05 from

single GaAs quantum dots by an electric field. (5) Investigation of switching current and thermal stability in CoFeB/MgO based perpendicular easy axis MTJs (p-MTJs) with different junction size. (6) Acquisition of a materials design guideline for annealing-tolerability in the back-end process of CMOS integrated circuits. (7) Achievement of nonvolatility for system LSI in CoFeB/MgO based p-MTJ with the stepped structure.

1. Research activities in "Research and development of ultra-low power spintronics-based VLSIs" under granted by JSPS through the FIRST program. (1) The long range order parameter and perpendicular anisotropy ($K_{\text{eff}} \sim 1.8$ Merg/cc) were successfully enhanced by inserting CoFeB between 3.0 nm-thick FePd and MgO barrier. (2) L₁-ordered MnAl films showed a large anisotropy with $\sim 1 \times 10^7$ erg/cc and a low damping constant of 0.006. (3) Current-induced effective field was observed in Ta/CoFeB/MgO wire. (4) Operation of a fully parallel 6T-2MTJ nonvolatile TCAM (ternary content-addressable memory) cell and a FPGA (field-programmable gate array) cell fabricated by a 90-nm CMOS/MTJ process was verified. (5) World's fastest operation of 600 MHz in a nonvolatile MTJ/COMS latch circuit was verified.

2. Research activities in "High-Performance Low-Power Consumption Spin Devices and Storage Systems" program under Research and Development for Next-Generation Information Technology of MEXT. (1) In hard/soft-stacked base media with a [Co/Pt]-super-lattice hard layer and a Co soft layer, the recording dots smaller than about 30 nm-diameter are required to suppress the formation of multidomain dots. (2) In all CoPt based dot arrays, uniaxial magnetic anisotropy at dot diameter of 10 nm were nearly half those in the original continuous films, which results from an etching damage.

● 超ブロードバンド信号処理（尾辻泰一・末光哲也）

Ultra-Broadband Signal Processing (T.Otsuji and T.Suemitsu)

未踏テラヘルツ電磁波領域の技術を開拓するために、新材料・新構造・新原理を駆使した新しいテラヘルツ帯電子デバイス・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を推進している。今年度は、第一に、質量消失効果等の特異なキャリア輸送特性を有する新材料グラフェンを研究対象とし、SiCN および DLC (diamond-like carbon) をゲートスタック材料として導入した新構造グラフェンチャネル FET をナノ・スピニ実験施設で試作し、優れたゲート変調動作を確認した。第二に、光学励起したグラフェンにおけるテラヘルツ帯反転分布・誘導放出に関する理論予測の観測・実証に成功するとともに、グラフェン品質に依存するキャリア輸送特性とテラヘルツ帯利得特性の関係を明らかにした。

The goal of our research is to explore the terahertz frequency range by creating novel electron devices and systems. Graphene, a monolayer sheet of honeycomb carbon crystal, exhibits unique carrier transport properties owing to the massless and gapless energy spectra, which is expected to break through the limit on conventional device operating speed/frequency performances. We have developed graphene-channel FET's featured by novel gate-stack technologies utilizing SiCN or DLC (diamond-like carbon) dielectrics, which will lead to realization of terahertz transistors. These devices were fabricated at the Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, RIEC. We have also succeeded in observation of amplified stimulated emission of terahertz radiation from optically pumped graphene, proving our theoretical discovery of the possibility of the negative dynamic conductivity in a wide terahertz range, which will lead to new types of terahertz lasers.

● 量子光情報工学（枝松圭一・小坂英男）

Quantum-Optical Information Technology (K.Edamatsu and H.Kosaka)

1. 2 周期直列擬似位相整合素子による高効率量子もつれ光子対発生

2種の異なる分極反転周期を有する擬似位相整合素子を用いて量子もつれ光子対を高効率に発生する素子を開発し、偏光あるいは周波数に関する量子もつれ光子の発生を確認した (Opt. Express 誌に発表)。

2. 量子中継のための量子メディア変換デバイスの開発

量子情報通信における通信距離を飛躍的に増大するための量子中継器の実現を目指し、情報伝送を担う光子がもつ量子情報を情報処理を担う電子スピンへと転写する量子メディア変換インターフェース技術の開発を進めている。本年度は、(1)従来の偏光転写方式に比べ伝送耐性の高いタイムピクセル転写方式の実験的実証 (Physical Review A 誌に発表)、(2)光子-電子スピン間の量子的相互作用を利用したコヒーレントカーブ効果による電子スピン状態トモグラフィの手法確立 (Applied

Physics Letters 誌に発表)、(3) ダイヤモンド量子メモリーへの光量子状態転写の実験系構築、等の成果を得た。

3. 時間分解単一半導体量子ドット分光法の開発

半導体における单一量子状態を測定、及び制御を行う高感度時間分解分光法の開発は量子情報処理を目指す固体デバイスを実現する上で必要不可欠な要素技術である。本年度は顕微ヘテロダインポンプ-プローブ法を開発し、半導体量子ドット中の单一量子状態の超高速制御と時間分解測定に成功した(Japanese Journal of Applied Physics 誌に発表)。

1. We have developed an efficient entangled-photon source with two-period quasi-phase-matched spontaneous parametric down conversion. We have demonstrated the generation of photon pairs that exhibit entanglement either in polarization or in frequency.
2. We are developing a quantum media converter from a photon to an electron spin to realize a quantum repeater, which is expected to extend the transmission distance of quantum info-communication. We have demonstrated (1) time-bin photonic state transfer to electron spins instead of the conventional polarization state transfer, (2) electron spin state tomography with coherent Kerr effect, and (3) preparation of experiments for achieving photonic state transfer to a quantum memory in diamond.
3. We have developed transient micro-pump-probe spectroscopy of single semiconductor quantum dots using heterodyne detection technique. We have succeeded in monitoring the ultrafast optical manipulation of a single quantum state in the single dot.

ナノ分子デバイス基盤技術関連

Nano-Molecular Devices

● ナノ分子デバイス (庭野道夫・木村康男)

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

1. 陽極酸化 TiO₂ ナノチューブ膜を用いた微小水素センサの動作を確認

フォトリソグラフィ技術と陽極酸化技術を組み合わせることにより、TiO₂ ナノチューブ膜を用いたチャネル長 3 μm の微小水素ガスセンサを作製した。その結果、櫛形電極構造を用いることなく、10% の水素を導入時、約 1 mA の電流が観測され、約 20 倍のコンダクタンスの変化を示した。これらは、微細加工技術と陽極酸化技術を組み合わせることにより、微小ガスセンサを作製できることを示しており、低消費電力化、集積化が期待される。

2. P3HT への F4TCNQ 分子ドーピング効果の解析

P3HT への F4TCNQ 分子ドーピング効果について変位電流評価法(DCM)及び赤外吸収分光法を用いて調べた。F4TCNQ がドープされた P3HT 膜の赤外吸収スペクトルから F4TCNQ のほとんどがドーパントとしてホールを生成していることがわかった。また、DCM の結果から、ドーピングされた P3HT からドーピングされていない P3HT へは、金属/有機界面で見られるような電荷注入現象が生じないことがわかった。

3. シリコン基板上人工細胞膜を用いたチャネル電流の多チャンネル同時計測

シリコン基板上に作製した微細孔中に人工細胞膜を形成し、その中にチャネルタンパク質を埋したイオンチャネルセンサを構築した。さらにこのセンサを多数個並べたイオンチャネルアレイを構築し、多数の人工細胞膜からイオンチャネル電流を同時に記録することに成功した。

4. テフロン被覆シリコン基板を用いた人工脂質 2 分子膜チップの作製

上述③のシリコン基板に熱酸化膜とテフロンによる絶縁層被覆を行うことにより、基板由来のノイズ電流を 1-2 pA、過渡電流応答を 1 ms 以下にまで抑制することに成功した。この電気特性は、生体イオンチャネルの電流記録に適したレベルであり、薬物スクリーニングやバイオセンサへの応用が期待される。

1. Fabrication of miniaturized hydrogen gas sensors using anodic titanium oxide nanotube films. Hydrogen gas sensors were miniaturized by the hybrid process between the photolithography technique and the anodization process of titanium. The channel length of the sensors was 3 μm. In the case of introducing 10 % hydrogen gas, the current of about 1 mA was sensed without using a comb-shaped electrode. The conductance change was about 20 times. This indicates that the hybrid

process is a suitable method for miniaturization of gas sensors and reduction in power consumption and integration of gas sensors are expected.

2. Investigation of the effect of F4TCNQ molecular doping to P3HT

The effect of F4TCNQ molecular doping to P3HT was investigated using displacement current measurement (DCM) and infrared absorption spectroscopy. Infrared absorption spectra of doped P3HT films indicate that most of F4TCNQ molecules were associated with generation of holes. The DCM curves suggest that the carrier injection did not occur at the interface between doped and non-doped P3HT layers although it takes place at the metal/organic film interface.

3. Simultaneous measurements of ion-channel currents at bilayer lipid membranes (BLMs) in Si substrates

Free-standing bilayer lipid membranes (BLMs) were reconstituted in microfabricated apertures in Si substrates and ion channel proteins were incorporated into the BLMs. Then this BLM device was extended to a multi-site array format. Simultaneous recording of channel current activities from the multiple BLMs was demonstrated by using a model channel gramicidin.

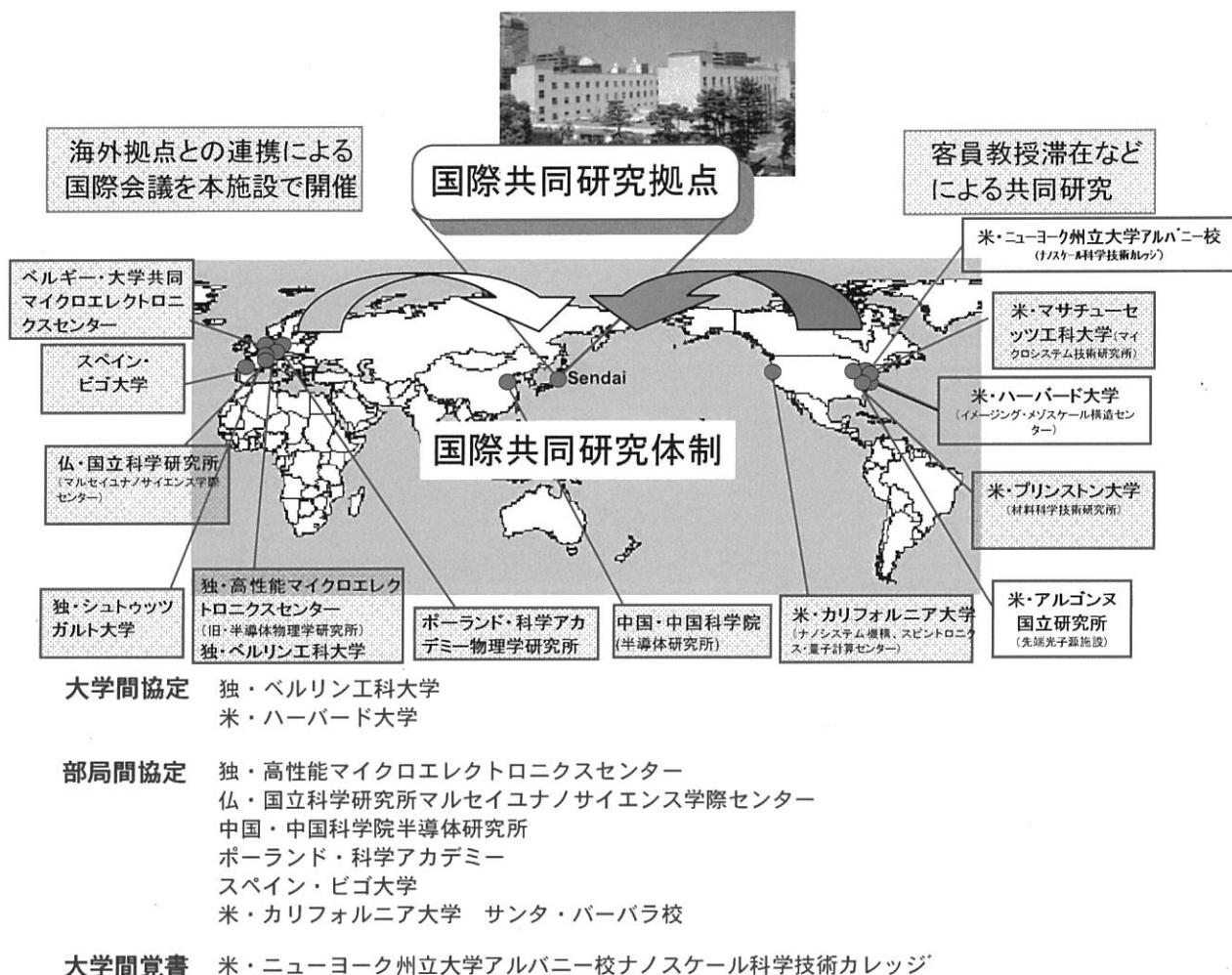
4. Artificial BLM chips based on Teflon-coated Si substrates

The surface of the above-mentioned Si chip was coated with insulator layers of Teflon and SiO_2 . The insulator coatings worked to reduce the total capacitance, leading to noise reduction (1-2 pA in peak-to-peak) and elimination of current transients (< 0.5 ms). These electric properties are suitable for recording activities of biological ion-channel proteins useful for drug screening and biosensor applications.

4. 施設の活動

4-1 ナノエレクトロニクス国際共同研究拠点の創出

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



ナノ・スピニ実験施設で開催した国際シンポジウム
International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics (RIEC Symp)

(第1回: 2005年5月27-28日、 第2回: 2006年10月2-3日、
第3回: 2007年11月8-9日、 第4回: 2008年9月25-27日、
第5回: 2010年1月29-30日)

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)

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)

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

(第1回: 2009年10月22-23日)



3rd Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics



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

4-2 国際シンポジウム開催 (プログラムは「6. 参考資料」に収録)

第43回電気通信研究所国際シンポジウム

第8回 RIEC スピントロニクス国際ワークショップ The 8th RIEC International Workshop on Spintronics

大野 英男
Hideo OHNO

開催日: 平成24年2月2日~3日(2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

2012年2月2、3日の両日に、本学電気通信研究所が主催する標記国際ワークショップが附属ナノ・スピニ実験施設において開催された[組織委員長: 通研・大野英男教授、本学省エネルギー・スピントロニクス集積化システムセンターでの 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs (2月2、3日)とのジョイント開催]。参加者 128 名の内、国外からの参加者は 19 名を数えた。アメリカ、フランス、韓国、日本から 19 名の研究者を招待講演者として迎えた。ポスターセッションでは、中国、韓国、台湾、日本から 21 件の一般講演があった。さらに 11 名のパネリストによりパネルディスカッションが行われた。本ワークショップではスピニ注入磁化反転・磁壁移動などスピントロニクス素子の基礎特性から、それらを利用した集積回路まで幅広い話題が活発に議論された。この議論を通じ、スピントロニクス集積回路の重要性と研究開発課題がより明確となり、将来の方向性を指示す有意義なワークショップとなった。また、多くの学生の参加もあり、学生の国際性を育む機会の提供という観点からも大きな成果を得ることができた。

第45回電気通信研究所国際シンポジウム

第3回ナノ構造とナノエレクトロニクスに関する
国際ワークショップ
3rd International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics

庭野 道夫
Michio NIWANO

開催日: 平成24年3月21日~22日(2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、ナノ構造作製技術やそのナノ構造体の特性評価、ならびに、そのナノ構造を用いたデバイス応用へのアプローチ・課題に関する最近の進展・動向についての議論・討論を目的として企画され、今回で3回目となる。平成24年3月21、22日の2日間にわたり、東北大学電気通信研究所ナノ・スピニ実験施設にて開催された。海外(ドイツ、韓国、アメリカ)から5名、日本から10名の招待講演者によって、実験方法の詳細や結果など、ナノ構造体やその応用についての最新の研究成果が紹介され、活発な討論がなされた。特に、海外からの招待講演者及び一部の日本人招待講演者については、50分もの長時間の講演時間が割かれ、通常では得られない詳細な研究成果についての発表がなされた。また、その内容は、酸化チタンナノチューブや、カーボンナノチューブ、グラフェン、ダイアモンドというように多岐にわたり、様々なナノ構造体の作製方法や評価方法、そして、それらの電子デバイスまたはバイオセンサへの応用の可能性について活発に議論された。参加人数は、44名を数え、活発で有意義な討論及び情報交換が行われた。

5. 研究成果（平成 23 年度）

5A ナノヘテロプロセス基盤技術関連

Atomically Controlled Processing and nano integration

A1 ナノヘテロプロセス（室田淳一・櫻庭政夫）

Atomically Controlled Processing
(J. Murota and M. Sakuraba)

A2 知的ナノ集積システム（中島康治・佐藤茂雄）

Intelligent Nano-Integration System
(K.Nakajima and S.Sato)

A1 ナノヘテロプロセス（室田淳一・櫻庭政夫） *Atomically Controlled Processing (J. Murota and M. Sakuraba)*

1. 原子精度の薄膜成長、エッチング、表面処理に関する研究 Atomically-Controlled Growth, Etching and Surface Treatment

高品質な原子制御 IV 族半導体ナノヘテロ構造を形成するために、原子精度の薄膜成長、エッティング、表面処理を研究している。

In order to form high-quality atomically-controlled nanometer-order heterostructures of group-IV semiconductors, atomically-controlled growth, etching and surface treatment are being developed.

2. プロセスにおける表面吸着と反応の機構とその制御に関する研究 Mechanism of Surface Adsorption/Reaction at Surface and Its Control in Semiconductor Processing

半導体材料プロセスの制御性を向上させるために、表面吸着と反応の機構とその制御について研究している。

In order to enhance controllability of semiconductor material processing, mechanism of surface adsorption/reaction and its control are being studied.

3. 極微細パターンの形成と高精度不純物制御に関する研究 Ultrafine Pattern Formation and High-Precision Doping Control

ナノメータオーダ領域における半導体物性を明らかにするために、極微細パターンの形成と高精度不純物制御について研究している。

In order to clarify properties of nanometer-order patterned semiconductors, control of ultrafine pattern formation and high-precision doping control are being investigated.

4. ヘテロ構造の製作と極微半導体デバイスに関する研究 Heterostructure Formation and Its Application to Ultrasmall Semiconductor Devices

極微半導体デバイスの高性能化のために、ヘテロ構造の製作と極微半導体デバイスについて研究している。

In order to enhance performance of ultrasmall semiconductor devices, heterostructure formation and its application to ultrasmall semiconductor devices are being investigated.

5. ヘテロ界面の物理と化学 Physics and Chemistry of Heterointerface

ナノメータオーダのヘテロ構造を実現するために、ヘテロ界面の物理と化学について研究している。

In order to realize nanometer-order heterostructures, physics and chemistry of heterointerfaces are being studied.

【査読付論文】

1. “Atomically Controlled Processing in Silicon-Based CVD Epitaxial Growth”, J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, Vol.11, pp.8348-8353 (2011).
2. “Atomically controlled CVD processing of group IV semiconductors for ultra-large-scale integrations” (Review Paper), J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, *Adv. Nat. Sci: Nanosci. Nanotechnol.*, Vol.3, p.023002 (4 pages), (2012).
3. “Behavior of N Atoms after Thermal Nitridation of $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ Surface”, T. Kawashima, M. Sakuraba, B. Tillack and J. Murota, *Thin Solid Films*, Vol.520, pp.3392–3396 (2012).

【国際会議発表】

1. "Atomically Controlled CVD Processing for Doping in Future Si-Based Devices" (**Invited Paper**), J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, 2011 Int. Conf. on Semiconductor Technology for Ultra Large Scale Integrated Circuits and Thin Film Transistors (ULSIC vs. TFT), Hong Kong, China, Jun. 26-Jul. 1, 2011: ECS Trans., Vol.37, No.1 (Edited by Y. Kuo and G. Bersuker, The Electrochem. Soc., Pennington, NJ, 2011), pp.181-188 (2011).
2. "Behavior of N Atoms after Thermal Nitridation of $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ Surface", T. Kawashima, M. Sakuraba, B. Tillack and J. Murota, 7th Int. Conf. on Si Epitaxy and Heterostructures (ICSI-7), Leuven, Belgium, Aug. 28-Sep. 1, 2011, Abs.No.1171.
3. "Atomically Controlled Processing in Silicon-Based CVD Epitaxial Growth", J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, 18th Euro. Conf. on Chemical Vapor Deposition (EuroCVD 18), County Cork, Ireland, Sep. 4-9, 2011, No.13.2.
4. "Atomically Controlled Formation of Strained $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ Quantum Heterostructure for Room-Temperature Resonant Tunneling Diode", M. Sakuraba and J. Murota, Symp. E9: ULSI Process Integration 7 (220th Meeting of the Electrochem. Soc.), Boston, USA, Oct. 9-14, 2011: ECS Trans., Vol.41, No.7 (Edited by C. Claeys, H. Iwai, M. Tao, S. Deleonibus, J. Murota, The Electrochem. Soc., Pennington, NJ, 2011), pp.309-314 (2011).
5. "Atomically Controlled Plasma Processing for Quantum Heterointegration of Group IV Semiconductors", M. Sakuraba and J. Murota, Symp. E9: ULSI Process Integration 7 (220th Meeting of the Electrochem. Soc.), Boston, USA, Oct. 9-14, 2011: ECS Trans., Vol.41, No.7 (Edited by C. Claeys, H. Iwai, M. Tao, S. Deleonibus, J. Murota, The Electrochem. Soc., Pennington, NJ, 2011), pp.337-343 (2011).
6. "Atomically Controlled Processing for Group IV Semiconductors" (**Invited Paper**), J. Murota and M. Sakuraba, 4th French Research Organizations - Tohoku University Joint Workshop on Frontier Materials (Frontier 2011), Sendai, Japan, Dec. 4-8, 2011, p.33.
7. "Fabrication of Room-Temperature Resonant Tunneling Diode with Atomically Controlled Strained $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ Quantum Heterostructure" (**Invited Paper**), M. Sakuraba and J. Murota, 4th French Research Organizations - Tohoku University Joint Workshop on Frontier Materials (Frontier 2011), Sendai, Japan, Dec. 4-8, 2011, p.35.
8. "Strain Control of Si and $\text{Si}_{1-y}\text{C}_y$ Layers in $\text{Si}/\text{Si}_{1-y}\text{C}_y/\text{Si}(100)$ Heterostructures", T. Kikuchi, M. Sakuraba, I. Costina, B. Tillack and J. Murota, 6th Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM2012), Berkeley, USA, June 4-6, 2012, Abs.No.P1.1, pp.120-121.

A2 知的ナノ集積システム（中島康治・佐藤茂雄）

Intelligent Nano-Integration System (K.Nakajima and S.Sato)

1. 集積化ニューラルネットワークの基本構成と学習性能に関する研究
Research for basic architectures of LSI neural networks and their learning efficiency
集積化ニューラルネットワークを用いた知的情報処理システムの構成法を追究し、その学習性能を評価・解析して性能向上を図る。
This research is concerned with the design of intelligent information processing systems constructed of LSI neural networks. The fabricated LSI neural networks are analyzed and evaluated to improve the learning efficiency.
2. 逆関数遅延ネットワークモデルに関する研究
Research for inverse function delayed network models
アクティビティブニューロンモデルである ID モデルを用いて、知的情報処理システムを目指す。

す。

This research is concerned with the development of the intelligent processing system by using ID models which are active neuron models.

3. ニューロ的手法を利用した量子計算機に関する研究

Research for neuromorphic quantum computer

ニューロ的手法を利用した量子計算アルゴリズムの開発と、その固体素子への実装を図る。

This research is concerned both with the development of a new neuromorphic quantum computation algorithm and its implementation with solid state devices.

4. 超伝導位相モード集積回路に関する研究

Research for superconducting phase-mode LSI

磁束量子を情報担体とする超伝導集積回路で構成した新しい計算機システムを開発する。

This research is concerned with the development of new computer systems constructed of superconducting LSI circuits where single flux quanta are used as information bit carriers.

【査読付論文】

1. T. Onomi, Y. Maenami, and K. Nakajima, Superconducting Neural Network for Solving a Combinatorial Optimization Problem, IEEE Trans. Applied Superconductivity, vol.21, no.3, pp.701-704, June 2011.
2. R. Nakamoto, S. Sakuraba, T. Onomi, S. Sato, and K. Nakajima, 4-bit SFQ Multiplier Based on Booth Encoder, IEEE Trans. Applied Superconductivity, vol.21, no.3, pp.852-855, June 2011.
3. K. Kurose, Y. Hayakawa, S. Sato, and K. Nakajima, Analysis of burst dynamics bound by potential with active areas, Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, vol. 2, no. 4, pp. 417-431, Oct. 2011.

【会議議事録、アブストラクト】

1. H. Katayama, R. Nakamoto, K. Inomata, T. Onomi, S. Sato, and K. Nakajima, Collective Switching Characteristics of Josephson Junctions, Proceedings of Superconducting SFQ VLSI Workshop SSV 2011, pp.56-57, Kyoto Japan, Nov. 2011.
2. T. Sota, Y. Hayakawa, S. Sato, and K. Nakajima, Method of Solving Combinatorial Optimization Problems with Stochastic Effects, 2011 International Conference on Neural Information Processing, Part III, LNCS 7064, pp.389-394, Shanghai China, Nov. 2011.
3. K. Nakajima, K. Kurose, S. Sato, Y. Hayakawa, Dynamic Characteristics of Neuron Models and Active Areas in Potential Functions, IUTAM Symposium on 50 Years of Chaos: Applied and Theoretical, Book of Abstracts, pp. 30-3, Kyoto Japan, Nov. 2011.

5 B 半導体スピントロニクス基盤技術関連

Semiconductor Spintronics and information technology

B1 半導体スピントロニクス、ナノスピンメモリ

(大野英男・大野裕三・松倉文礼・池田正二)

Semiconductor Spintronics and Nano-Spin Memory

(H.Ohno, Y.Ohno, F. Matsukura, and S.Ikeda)

B2 超プロードバンド信号処理 (尾辻泰一・末光哲也)

Ultra-Broadband Signal Processing

(T.Otsuji and T.Suemitsu)

B3 量子光情報工学 (枝松圭一・小坂英男・三森康義)

Quantum-Optical Information Technology

(K.Edamatsu, H.Kosaka and Y.Mitsumori)

B1 半導体スピントロニクス、ナノスピニメモリ
(大野英男・大野裕三・松倉文礼・池田正二)
Semiconductor Spintronics and Nano-Spin Memory
(H. Ohno, Y. Ohno, F. Matsukura, and S. Ikeda)

半導体の量子状態を制御し工学的に応用するための研究を進めている。特に、スピニと電荷の自由度を使う半導体スピントロニクス、今後の情報通信に必要な THz コヒーレント光源の研究を行っている。また、スピントロニクスを応用したスピニデバイス・ストレージ基盤技術の研究を行っている。

We are working on the nanoscience and nanotechnology to control the quantum states in semiconductors, especially the spin-states and optical transitions in the mid-infrared to THz. We are also developing technologies to realize advanced spin memory and logic devices using magnetic tunnel junctions (MTJs) consisting of ferromagnetic metal electrodes and insulating barriers.

1. 半導体スピントロニクスに関する研究

Semiconductor Spintronics

半導体において電子の持つ電荷のみならず、スピニの自由度を利用する新しいエレクトロニクス、半導体スピントロニクスに関する研究を行っている。

A new form of semiconductor electronics, semiconductor spintronics, where both charge and spin degrees of freedom are used, is being studied.

1) 強磁性半導体およびその量子構造の物性と応用

Properties and Application of III-V Based Ferromagnetic Semiconductors

新しい III-V 族ベースの希薄磁性半導体の分子線エピタキシ(MBE)による結晶成長と、物質中の電子スピニに関連した新たな自由度を加えることによる半導体量子構造の研究を行っている。

Study of a new class of semiconductor, III-V based diluted magnetic semiconductors (DMS), is being carried out to expand the horizon of application of quantum structures by the addition of a new degree of freedom associated with electron spin in the materials.

2) 半導体スピニデバイスの研究

Semiconductor Spin Devices

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

3) 半導体量子構造中のスピニコヒーレンスの研究と量子情報技術への応用

Properties and Application to Quantum Information Technology of Spin Coherence in III-V Semiconductor Nanostructures

III-V 族化合物半導体超構造中におけるキャリアや原子核のスピニに注目し、フェムト秒オーダーの磁化分解測定を行ってそのコヒーレンスを理解するとともに、量子情報処理等への応用を研究している。

Study of ultrafast processes, especially spin dynamics of carriers in III-V semiconductor nanostructures is being carried out by femto-second time resolved measurements to the application for such as ultrafast optical switches and quantum information processing.

2. 量子構造による THz～遠赤外光発生の研究

Population Inversion of Subbands Using Resonant Tunneling Structures and Its Application to THz Optical Devices

ブローケンギャップヘテロ構造(InAs/(Ga,Al)Sb)超格子や共鳴トンネル構造(GaAs/(Ga,Al)As)におけるサブバンド間光学遷移を用いた新しい光デバイスの設計・試作

を行っている。

We design and develop novel optical devices for THz~far-infrared operation based on the optical intersubband transition in InAs/(Ga,Al)Sb broken-gap systems and in the GaAs/(Ga,Al)As resonant tunneling structures.

3. 量子構造における量子輸送現象の研究

Quantum Transport Properties of Double Quantum Well Heterostructures

低温・強磁場における2次元電子間の量子輸送現象を明らかにするため、MBEによる高品質 GaAs/(Ga,Al)As 2重量子井戸構造の形成と、2層2次元電子間のトンネルデバイスの試作、評価を行っている。

Quantum transport phenomena of interacting two-dimensional (2D) electron systems under high magnetic field at low temperature are being studied. A new 2D-2D tunnel-device structure has been developed to investigate the quantum transport properties.

4. 半導体量子構造に関する研究

Growth and Characterization of Semiconductor Quantum Nano Structures

MBEによる半導体量子細線(1次元)・量子箱(0次元)構造の作製とそれらの構造特有の電子物性とその応用について研究している。

Formation and properties of one-dimensional (1D) and zero-dimensional (0D) systems and their application to novel electronic devices are being studied. Development of fabrication techniques for achieving 1D quantum wire or 0D quantum dot structures using molecular-beam epitaxy and e-beam lithography is also being investigated.

5. ナノスピンドバイス・メモリの研究

Nano-spin device and memory

スピニメモリ・ロジック実現に向けた基盤技術を開発する。

Technologies to realize advanced spin memory and logic devices using magnetic tunnel junctions (MTJs) consisting of ferromagnetic metal electrodes and insulating barriers are developing.

6. 省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発

Research and Development of Ultra-low Power Spintronics-based VLSIs

日本学術振興会「最先端研究開発支援プログラム」「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」において、参画研究室と連携してスピントロニクス論理集積回路基盤技術に関する研究が行われた。

Technologies based on spintronics that makes VLSIs high performance and ultra low power were studied under "Research and Development of Ultra-low Power Spintronics-based VLSIs" program granted by JSPS through the FIRST program.

1) スピントロニクス材料に関する研究

Spintronics materials

スピントロニクス論理集積回路試作用の世界最高水準のデバイス材料に関する研究が行われた。

Advanced spintronics device materials for VLSI were studied.

2) スピントロニクスデバイスに関する研究

Spintronics devices

論理集積回路用スピントロニクスデバイスの高性能化に関する研究が行われた。

Spintronics devices with low write current, high thermal stability, high TMR and high reliability were studied.

3) 革新的スピントロニクス材料・デバイスに関する研究

New Spintronics materials and devices

電界効果型磁化制御・デバイス、半導体スピントロニクス材料・デバイス技術に関する研究が行われた。

Magnetic materials and devices for electric-field control, and semiconductor spintronic materials and devices were studied.

4) スピントロニクス論理集積回路に関する研究

Spintronics based logic circuits

専用ならびに汎用スピントロニクス論理集積回路向けアプリケーションの設計・原理検証に関する研究が行われた。

Design and verification of spintronics logic integrated circuits, and design for high-speed and stable operation of spintronics VLSI were studied.

7. 高機能・超低消費電力スピンドバイス・ストレージ基盤技術に関する研究

High-performance low-power consumption spin devices and super high-speed mass storage HDD systems

文部科学省「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」の委託研究である「高機能・超低消費電力スピンドバイス・ストレージ基盤技術の開発」プロジェクトにおいて、プロジェクト参画研究室と連携して超高速大容量ストレージシステムの開発が行われた。

Super high-speed mass storage HDD systems were studied in "High-Performance Low-Power Consumption Spin Devices and Storage Systems" program under Research and Development for Next-Generation Information Technology of MEXT.

1) テラビット級次世代ナノパターン媒体ならびに超高感度リーダ技術の研究

Developments of high density patterned media and high sensitivity sensor

微細なドットアレイやスピンド蓄積素子を作製し、これらの基礎特性の解析が行われた。

Fine dot arrays of Co based alloy films and spin accumulation devices were fabricated and their fundamental properties were studied.

【査読付論文】

1. T. Suzuki, S. Fukami, N. Ishiwata, M. Yamanouchi, S. Ikeda, N. Kasai, and H. Ohno, "Current-induced effective field in perpendicularly magnetized Ta/CoFeB/MgO wire," Applied Physics Letters, Vol. 98, 142502 (3 pages), April 2011.
2. J. Ishihara, M. Ono, G. Sato, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Magnetic Field Dependence of Quadrupolar Splitting and Nuclear Spin Coherence Time in a Strained (110) GaAs Quantum Well," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 50, 04DM03 (3 pages), April 2011.
3. T. Devolder, L. Bianchini, K. Miura, K. Ito, Joo-Von Kim, P. Crozat, V. Morin, A. Helmer, C. Chappert, S. Ikeda, and H. Ohno, "Spin-torque switching window, thermal stability, and material parameters of MgO tunnel junctions," Applied Physics Letters, Vol. 98, 162502 (3 pages), April 2011.
4. H. D. Gan, S. Ikeda, M. Yamanouchi, K. Miura, K. Mizunuma, J. Hayakawa, F. Matsukura, and H. Ohno, "Tunnel Magnetoresistance Properties of Double MgO-Barrier Magnetic Tunnel Junctions With Different Free-Layer Alloy Compositions and Structures," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 47, 1567 (4 pages), June 2011.
5. H. Sato, M. Yamanouchi, K. Miura, S. Ikeda, H. D. Gan, K. Mizunuma, R. Koizumi, F. Matsukura, and H. Ohno, "Junction size effect on switching current and thermal stability in CoFeB/MgO perpendicular magnetic tunnel junctions," Applied Physics Letters, Vol. 99, 042501 (3 pages), July 2011.
6. P. Das, F. Porroati, S. Wirth, A. Bajpai, Y. Ohno, H. Ohno, M. Huth and J. Muller, "Domain wall dynamics in a single CrO₂ grain," Journal of Physics: Conference Series, Vol. 303, 012056 (6 pages), 2011.
7. M. Yamanouchi, A. Jander, P. Dhagat, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Domain Structure in CoFeB Thin Films With Perpendicular Magnetic Anisotropy," IEEE Magnetics Letters, Vol. 2, 3000304 (4 pages), July 2011.

8. S. Kanai, M. Endo, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Magnetic Anisotropy Modulation in Ta/CoFeB/MgO Structure by Electric Fields," Journal of Physics: Conference Series, Vol. 266, 012092 (5 pages), 2011.
9. K. Miura, R. Sugano, M. Ichimura, J. Hayakawa, S. Ikeda, H. Ohno, and S. Maekawa, "Reduction of intrinsic critical current density under a magnetic field along the hard axis of a free layer in a magnetic tunnel junction," Physical Review B, Vol. 84, 174434 (5 pages), November 2011.
10. H. D. Gan, H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, K. Miura, R. Koizumi, F. Matsukura, and H. Ohno, "Origin of the collapse of tunnel magnetoresistance at high annealing temperature in CoFeB/MgO perpendicular magnetic tunnel junctions," Appl. Phys. Lett., Vol. 99, 252507 (4 pages), December 2011.
11. M. Hayashi, Y. Nakatani, S. Fukami, M. Yamanouchi, S. Mitani and H. Ohno, "Domain wall dynamics driven by spin transfer torque and the spin-orbit field," J. Phys. Condens. Matter, Vol. 24, 024221 (9 pages), January 2012.
12. M. Ghali, K. Ohtani, Y. Ohno and H. Ohno, "Generation and control of polarization-entangled photons from GaAs island quantum dots by an electric field," Nature Communications, Vol. 3, 661 (6 pages), February 2012.
13. M. Kodzuka, T. Ohkubo, K. Hono, S. Ikeda, H. D. Gan and H. Ohno, "Effects of boron composition on tunneling magnetoresistance ratio and microstructure of CoFeB/MgO/CoFeB pseudo-spin-valve magnetic tunnel junctions," Journal of Applied Physics, Vol. 111, 043913 (4 pages), February 2012.
14. H. Honjo, S. Fukami, T. Suzuki, R. Nebashi, N. Ishiwata, S. Miura, N. Sakimura, T. Sugibayashi, N. Kasai and H. Ohno, "Domain-wall-motion cell with perpendicular anisotropy wire and in-plane magnetic tunneling junctions," Journal of Applied Physics, Vol. 111, 07C903 (4 pages), February 2012.
15. H. Honjo, S. Fukami, R. Nebashi, N. Ishiwata, S. Miura, N. Sakimura, T. Sugibayashi, N. Kasai and H. Ohno, "Magnetic tunneling junction with Fe/NiFeB free layer for magnetic logic circuits," Journal of Applied Physics, Vol. 111, 07C709 (4 pages), March 2012.

【査読付論文】(連携研究)

1. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Design of a 270ps-access 7-transistor/2-magnetic-tunnel-junction cell circuit for a high-speed-search nonvolatile ternary content-addressable memory", Journal of Applied Physics, Vol. 111, 07E336 (3 pages), 2012.
2. D. Suzuki, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Six-input lookup table circuit with 62% fewer transistors using nonvolatile logic-in-memory architecture with series/parallel-connected magnetic tunnel junctions", Journal of Applied Physics, Vol. 111, 07E318 (3 pages), 2012.
3. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Design of a Nine-Transistor/Two-Magnetic-Tunnel-Junction-Cell-Based Low-Energy Nonvolatile Ternary Content-Addressable Memory", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 51, 02BM06 (5 pages), 2012.
4. M. Arikawa, M. Muraguchi, Y. Hatsugai, K. Shiraishi, and T. Endoh, "Role of Synthetic Ferrimagnets in Magnetic Tunnel Junctions from Wave Packet Dynamics", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 51, 02BM03 (4 pages), 2012.
5. F. Iga, Y. Yoshida, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "Time-Resolved Switching Characteristic in Magnetic Tunnel Junction with Spin Transfer Torque Write Scheme", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 51, 02BM02 (5 pages), 2012.

6. S. Togashi, T. Ohsawa, and T. Endoh, "Nonvolatile Low Power 16-Bit/32-Bit Magnetic Tunnel Junction Based Binary Counter and Its Scaling", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 51, 02BE07 (5 pages), 2012.
7. T. Ohsawa, F. Iga, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, and T. Endoh, "High-Density and Low-Power Nonvolatile Static Random Access Memory Using Spin-Transfer-Torque Magnetic Tunnel Junction", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 51, 02BD01 (6 pages), 2012.
8. M. Arikawa, Y. Hatsugai, T. Endoh, K. Shiraishi, "Wave packet dynamics in the spin torque transfer", Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 81, 044706 (4 pages), 2012.
9. M. asaki Hosoda, M. ikihiko Oogane, M. iho Kubota, T. takahide Kubota, H. aruaki Saruyama, S. atoshi Iihama, H. iroshi Naganuma, and Y. asuo Ando, "Fabrication of L1₀-MnAl perpendicularly magnetized thin films for perpendicular magnetic tunnel junctions", Journal of Applied Physics, Vol. 111, 07A324 (3 pages), 2012.
10. M. N. I. Khan, N. Inami, H. Naganuma, Y. Ohdaira, M. Oogane and Y. Ando, "Promotion of L10 ordering of FePd films with amorphous CoFeB thin interlayer", Journal of Applied Physics, Vol. 111, 07C112 (3 pages), 2012.
11. M. asayuki Nishimura, M. ikihiko Oogane, H. iroshi Naganuma, N. obuhito Inami, T. adashi Morita, and Y. asuo Ando, "Dependence of spin-transfer switching characteristics in magnetic tunnel junctions with synthetic free layers on coupling strength", Journal of Applied Physics, Vol. 111 07C905 (3 pages), 2012.
12. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Design of a Nine-Transistor/Two-Magnetic-Tunnel-Junction-Cell-Based Low-Energy Nonvolatile Ternary Content-Addressable Memory", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 51, 02BM06 (5 pages), 2012.
13. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Design of a 270ps-Access 7T-2MTJ Cell Circuit for a High-Speed-Search Nonvolatile Ternary Content-Addressable Memory", Journal of Applied Physics , Vol. 111, 07E336 (3 pages) 2012.
14. F. Iga, Y. Yoshida, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "Time-Resolved Switching Characteristic in Magnetic Tunnel Junction with Spin Transfer Torque Write Scheme", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 51, 02BM02 (5 pages), 2012
15. T. Ohsawa, F. Iga, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "High-Density and Low-Power Nonvolatile Static Random Access Memory Using Spin-Transfer-Torque Magnetic Tunnel Junction", Japanese Journal of Applied Physics, vVol. 51, 02BD01 (6 pages), 2012.
16. J. Sinha, M. Hayashi, Y. K. Takahashi, T. Taniguchi, M. Drapeko, S. Mitani and K. Hono, "Large amplitude microwave emission and reduced nonlinear phase noise in Co₂Fe(Ge_{0.5}Ga_{0.5}) Heusler alloy based pseudo spin valve nanopillars", Applied Physics Letters. Vol. 99, 162508(3 pages), 2011.
17. T. Endoh, "Restructuring of Memory Layer in Electrical System and Its Novel Evolution with Nonvolatile Logic", ECS Transactions, Vol. 41, Issue 7: ULSI Process Integration 7, Chapter 2: Memory Technologies, pp. 59-71, 2011.
18. W. X. Wang, Y. Yang, H. Naganuma, Y. Ando, R. C. Yu, and X. F. Han, "The perpendicular anisotropy of Co₄₀Fe₄₀B₂₀ sandwiched between Ta and MgO layers and its application in CoFeB/MgO/CoFeB tunnel junction", Applied Physics Letters, Vol. 99, 012502 (3 pages), 2011.
19. S. Matsunaga, M. Natsui, S. Ikeda, K. Miura, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Design and Fabrication of a One-Transistor/One-Resistor Nonvolatile Binary Content-Addressable Memory Using Perpendicular Magnetic Tunnel Junction Devices with a Fine-Grained Power-Gating Scheme", Japanese Journal of Applied Physics , Vol. 50, 063004(7 pages), 2011.
20. Y. Miura, K. Abe, and M. Shirai, "Effects of interfacial noncollinear magnetic structures on spin-dependent conductance in Co₂MnSi/MgO/Co₂MnSi magnetic tunnel junctions: A first-principles study", Physical Review B, Vol. 83, 214411(6 pages), 2011.

21. H. Saga, K. Shirahata, K. Mitsuzuka, T. Shimatsu, H. Aoi, and H. Muraoka, "Impact of Multidomain Dots on Write Margin in Bit Patterned Media Recording", IEEE Transaction of Magnetics, Vol. 47, pp.2528-2531, 2011.
22. T. Shimatsu, H. Kataoka, K. Mitsuzuka, H. Aoi, N. Kikuchi, and O. Kitakami, "Dry-etching damage to magnetic anisotropy of Co-Pt dot arrays characterized using anomalous Hall effect", Journal of Applied Physics, Vol. 111, 07B908 (3 pages), 2011.

【国際会議発表】

1. H. Ohno, "Spintronics Device for Stand-by Power Free Nonvolatile CMOS VLSI (*Invited*)", American Physical Society, March Meeting, Mar. 2 2012.
2. H. Ohno, "Ferromagnetism in Semiconductors (*Invited*)", 19th Korean Conference on Semiconductors, Feb. 16, 2012.
3. H. Ohno, "Perpendicular CoFeB-MgO for Spintronics Applications (*Invited*)", Magnetic Single Nano-Object Workshop and School (M-SNOWS), Feb. 9, 2012.
4. M. Hayashi, J. Kim, J. Shiha, S. Mitani, Y. Nakatani, S. Fukami, M. Yamanouchi, and H. Ohno, "Current induced magnetization dynamics in CoFeB/MgO nanostructures (*Invited*)", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
5. H. Sato, M. Yamanouchi, K. Miura, S. Ikeda, R. Koizumi, F. Matsukura, and H. Ohno, "Thermal stability factor of CoFeB/MgO perpendicular magnetic tunnel junctions (*Invited*)", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
6. S. Ikeda, "Recent progress of magnetic tunnel junctions for spintronics-based VLSIs (*Invited*)", SEMI Technology Symposium (STS) 2011, Dec. 8, 2011.
7. M. Yamanouchi, H. Sato, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "CoFeB-MgO system for spintronic devices (*Invited*)", The 7th Taiwan International Conference on Spintronics, Dec. 2-5, 2011.
8. H. Ohno, "Spintronic-based Nonvolatile CMOS VLSI (*Invited*)", Joint Polish-Japanese Workshop, Spintronics from new materials to applications, Nov. 18, 2011.
9. F. Matsukura, "Electric-field effects on Thin Ferromagnetic Layers (*Invited*)", Joint Polish-Japanese Workshop Spintronics – from new materials to applications, Nov. 16, 2011.
10. N. Kasai, S. Ikeda, T. Hanyu, T. Endo, H. Ohno, "Embedded MRAM Technology for Logic VLSI Application", The 11th Non-Volatile Memory Technology Symposium (NVMTS2011), Nov. 7, 2011.
11. H. Ohno, "Nonvolatile CMOS Circuits using Magnetic Tunnel Junction (*Invited*)", 2nd Berkeley Symposium on Energy Efficient Electronic Systems, Nov. 4, 2011.
12. H. Ohno, "Spintronics-based LSI: A Route to Stand-by Power Free Society (*Invited*)", Tohoku University 4th International Symposium, Oct. 27, 2011.
13. S. Ikeda, "Advanced magnetic tunnel junctions based on CoFeB/MgO interfacial perpendicular anisotropy (*Invited*)", SEMATECH 8th International Symposium on Advanced Gate Stack, Oct. 20, 2011.
14. H. Ohno, "Magnetoresistive Random Access Memory with Spin Transfer Torque Write (Spin RAM) –Present and Future- (*Invited*)", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 28, 2011.
15. H. Ohno, "Nonvolatile Spintronic-based CMOS VLSI (*Invited*)", Nanoscience and Nanotechnology Conference (n&n11), Sep. 22, 2011.
16. H. Ohno, "MgO-CoFeB Perpendicular Magnetic Tunnel Junction (*Invited*)", Seminar of Center for Materials for Information and Technology, University of Alabama, Sep. 9, 2011.

17. F. Matsukura, "1. Fundamentals of spin transport in semiconductors. 2. Spin transport in semiconductors (*Invited*)", ASPIMATT school on "Advanced Spintronics Materials and Transport Phenomena", Aug. 27, 2011.
18. H. Ohno,"Electric-field effects oon magnetic semiconductors and metals (*Invited*)", Workshop on Spin Transport in Solids, Aug. 8, 2011.
19. H. Ohno, "Diluted magnetic semiconductors -An introduction- (*Invited*)", 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6), Aug. 1, 2011.
20. F. Matsukura, "Electric-field effects on magnetic properties of semiconductors and metals (*Invited*)", 5th International Workshop on Spin Currents, July 26, 2011.
21. H. Ohno, "Manipulating Magnetism in Semiconductors (*Invited*)", UK Semiconductors 2011, July 7, 2011.
22. H. Ohno,"Nonvolatile CMOS VLSI with Spintronics (*Invited*)", International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), July 1, 2011.
23. H. Ohno, "MgO-CoFeB interface perpendicular anisotropy for spintronic devices (*Invited*)", The European Conf. on Physics of Magnetism (PM'11), June 29, 2011.
24. H. Ohno,"Spintronics meets semiconductor integrated circuits (*Invited*)", JSPS York-Tohoku Research Symposium on Magnetic Materials and Spintronics, June 27, 2011.
25. H. Ohno, "Electric-field effects on magnetic materials -From ferromagnetic semiconductors to CoFeB- (*Invited*)", Magnetics and Optics Research International Symposium for New Storage Technology (MORIS), June 24, 2011.
26. K. Kinoshita,"Challenges for Non-Volatile Memory & Logic Manufacturing Utilizing Magnetic Tunnel Junction on 300 mm Wafer (*Invited*)", GLSVLSI2011, May 3, 2011.
27. H. Ohno, "Perpendicular Easy-Axis MgO-CoFeB Magnetic Tunnel Junction (*Invited*)", 2011IEEE International Magnetics Conference, Apr. 28, 2011.
28. H. Ohno, "Interaction between Spintronics and Nanoelectronics devices (*Invited*)", 2011 Frontier of Spintronics / Nanoelectronics workshop, Apr. 24, 2011.
29. H. Ohno, "Perpendicular Anistropy at MgO-CoFeB Interface for High Performance Spintronics Devices (*Invited*)", Korean Physical Society, Apr. 14, 2011.
30. K. Mizunuma, H. Goto, S. Ikeda, H. Sato, M. Yamanouchi, R. Koizumi, F. Matsukura, and H.Ohno, "Dependence of Tunnel Magnetoresistance Properties on Sputtering Conditions and Stack Structures in CoFeB/MgO Based Magnetic Tunnel Junctions with Perpendicular Magnetic Anisotropy", The 5th International Symposium and The 4th Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, Feb. 23, 2012.
31. H. Ohno, K. Mizunuma, S. Kanai, R. Koizumi, S. Ikeda, H. Sato, M. Yamanouchi, K. Miura, H. D. Gan, and F. Matsukura, "Recent progress in spintronics technology for nonvolatile VLSIs", The 5th International Symposium and The 4th Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, Feb. 22, 2012.
32. H. Yamamoto, K. Ono, T. Morita, S. Ikeda,, H. Ohno, "Energy-assisted oxidation process of Mg layer for MgO-MTJs", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
33. H. D. Gan, S. Ikeda, M. Yamanouchi, H. Sato, K. Miura, K. Mizunuma, R. Koizumi, F. Matsukura, and H. Ohno, "Annealing temperature dependence of tunnel magnetoresistance in MgO magnetic tunnel junctions with thin CoFeB electrodes", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
34. R. Koizumi, S. Ikeda, H. Sato, M. Yamanouchi, K. Miura, K. Mizunuma, H. D. Gan, F. Matsukura, and H. Ohno, "B concentration dependence of magnetic anisotropy in MgO/CoFeB/Ta stack structure", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based

35. K. Kinoshita, T. Yamamoto, H. Honjo, N. Kasai, S. Ikeda, H. Ohno, "Damage recovery by reductive chemistry after methanol based plasma etch to fabricate magnetic tunnel junction", 33rd International Symposium on Dry Process (DPS2011), Nov. 10, 2011.
36. M. Hayashi, S. Fukami, T. Suzuki, M. Yamanouchi, J. Sinha, N. Ishiwata, Y. Nakatani, S. Mitani and H. Ohno, "Spin orbit field assisted current driven domain wall motion in perpendicularly magnetized ultrathin CoFeB/MgO nanowires", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 3, 2011.
37. J. Sinha, M. Hayashi, M. Drapeko, Y. K. Takahashi, T. Taniguchi, S. Mitani and K. Hono, "Reduced nonlinear phase noise and large amplitude microwave emission from Co₂Fe(Ga0.5Ge0.5) Heusler alloy based pseudo spin valve nanopillars", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 3, 2011.
38. M. Yamanouchi, A. Jander, P. Dhagat, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Domain patterns in demagnetized CoFeB/MgO structures with perpendicular anisotropy", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 2, 2011.
39. H. D. Gan, S. Ikeda, M. Yamanouchi, H. Sato, K. Miura, K. Mizunuma, R. Koizumi, F. Matsukura and H. Ohno, "Annealing stability of perpendicular anisotropy CoFeB/MgO magnetic tunnel junctions with various junction sizes", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 2, 2011.
40. H. Honjo, S. Fukami, T. Suzuki, R. Nebashi, N. Ishiwata, S. Miura, N. Sakimura, T. Sugabayashi, N. Kasai, and H. Ohno, "Domain Wall Motion Cell with Perpendicular Anisotropy Wire and In-plane MTJ", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 1, 2011.
41. H. Honjo, S. Fukami, R. Nebashi, N. Ishiwata, S. Miura, N. Sakimura, T. Sugabayashi, N. Kasai, and H. Ohno, "The MTJ with Fe/NiFeB Free layer for Magnetic Logic", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 1, 2011.
42. K. Miura, R. Sugano, M. Ichimura, J. Hayakawa, S. Ikeda, H. Ohno, and S. Maekawa, "Decrease in intrinsic critical current density under magnetic field along hard in-plane axis of free layer in magnetic tunnel junctions with in-plane anisotropy," The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 1, 2011.
43. E.C. Enobio, K. Ohtani, Y. Ohno, and H. Ohno, "Photocurrent Measurements on a Quantum Cascade Laser Device by Fourier Transform Infrared Microscope", 24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2011), Oct. 24, 2011.
44. M. Ghali, K. Ohtani, Y. Ohno and H. Ohno, "Electrical Control of the Exciton Fine Structure splitting in GaAs Island Quantum Dots for the Generation of Polarization-entangled Photons", 24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2011), Oct. 24, 2011.
45. H. D. Gan, S. Ikeda, M. Yamanouchi, H. Sato, K. Miura, K. Mizunuma, R. Koizumi, F. Matsukura and H. Ohno, "Annealing stability of perpendicular anisotropy CoFeB/MgO magnetic tunnel junctions", 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6), Aug. 5, 2011.
46. H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, K. Miura, H.D. Gan, K. Mizunuma, R. Koizumi, F. Matsukura, and H. Ohno, "Scalability of critical current in perpendicular anisotropy CoFeB/MgO magnetic tunnel junction", 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6), Aug. 5, 2011.
47. S. Kanai, M. Endo, S. Ikeda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Mgnetic anisotropy direction switching in Ta/CoFeB/MgO by electric fields", 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH6), Aug. 5, 2011.
48. J. Ishihara, M. Ono, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Strong spin relaxation anisotropy of electrons in modulation-doped GaAs/AlGaAs wires", International Conference and School on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH VI), Aug. 1, 2011.

49. M. Ono, J. Ishihara, G. Sato, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Dependence of quadrupole interaction on magnetic field direction in a strained 8110) GaAs quantum well", International Conference and School on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH VI), Aug. 1, 2011.
50. Y. Ohno, H. Kobayashi, S. Matsuzaka, Y. Kaneko, S. Ikeda, H. Ohno, "Electrical and Optical Detection of Spin Injection in Ferromagnetic Metal/Semiconductor Junctions", 5th International Workshop on Spin Currents, July 27, 2011.
51. M. Ono, J. Ishihara, G. Sato, S. Matsuzaka, Y. Ohno, H. Ohno, "Magnetic field dependence of quadrupole interaction in a strained (110) GaAs quantum well", 5th International Workshop on Spin Currents, July 27, 2011.
52. K. Miura, S. Ikeda, M. Yamanouchi, H. Yamamoto, K. Mizunuma, H. D. Gan, J. Hayakawa, R. Koizumi, F. Matsukura, and H. Ohno, "CoFeB/MgO based perpendicular magnetic tunnel junctions with stepped structure for symmetrizing different retention times of "0" and "1" information", 2011 Symposia on VLSI Technology, June 16 2011.
53. S. Fukami, T. Suzuki, Y. Nakatani, M. Yamanouchi, S. Ikeda, N. Kasai and H. Ohno, "Domain wall motion induced by electric current in CoFeB/MgO wire with perpendicular magnetic anisotropy", IEEE International Magnetics Conference, Apr. 29, 2011.
54. R. Koizumi, H. Sato, M. Yamanouchi, S. Ikeda, K. Mizunuma, K. Miura, H. Gan, F. Matsukura, and H. Ohno, "Post-annealing effect on perpendicular magnetic anisotropy in CoFeB/MgO structure", IEEE International Magnetics Conference, Apr. 29, 2011.
55. H. Yamamoto, K. Ono, T. Morita, S. Ikeda, and H. Ohno, "A perpendicular-anisotropy CoFeB-MgO magnetic tunnel junction with natural oxidation process", IEEE International Magnetics Conference, Apr. 28, 2011.
56. K. Mizunuma, H. Goto, S. Ikeda, H. Sato, M. Yamanouchi, R. Koizumi, K. Miura, H. Gan, F. Matsukura and H. Ohno, "Dependence of tunnel magnetoresistance in CoFeB-MgO based perpendicular anisotropy magnetic tunnel junctions on sputtering conditions and stack structures", IEEE International Magnetics Conference, Apr. 28, 2011.
57. H. Sato, M. Yamanouchi, K. Miura, S. Ikeda, R. Koizumi, K. Mizunuma, H. Gan, F. Matsukura and H. Ohno, "Size Dependence of CoFeB/MgO Perpendicular Anisotropy Magnetic Tunnel Junctions on Critical Current and Thermal Stability", IEEE International Magnetics Conference, Apr. 27, 2011.

【国際会議発表】(連携研究)

1. T. Ohsawa, H. Koike, T. Hanyu, S. Ikeda, H. Ohno, and T. Endoh, "Proposal of New MTJ-Based Nonvolatile Memories (**Invited**)", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 3, 2012.
2. T. Hanyu, "Panel Discussion: Spintronics-based VLSIs, What remains to be done? (**Invited**)", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 3, 2012.
3. T. Hanyu, "High-Density Ternary Content-Addressable Memory Using MTJ-Based Nonvolatile Logic-in-Memory Architecture (**Invited**)", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 3, 2012.
4. T. Endoh, "Restructuring of Memory Hierarchy in Electrical System and No-Standby-Power Nonvolatile Logic with STT-RAM Technology (**Invited**)", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 3, 2012.
5. M. Oogane, M. Hosoda, H. Saruyama, N. I. Khan, G. Kim, N. Inami, H. Naganuma and Y. Ando, "Magnetic properties and tunnel magneto-resistance effect of perpendicularly magnetized L10-ordered alloys (**Invited**)", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based

VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.

6. T. Hanyu, "MTJ-based Nonvolatile Logic-in-Memory Architecture and Its Application (*Invited*)", The 11th Non-Volatile Memory Technology Symposium (NVMTS 2011), Nov. 9 2011.
7. T. Endoh, A. Nitayama, G. Jeong, L. Tran, J. Zahurak, J. Roh, M.-J. Tsai, "Impact of Vertical Structured devices for Future Nano LSI (*Invited*)", AVS 58th International Symposium and Exhibition, Oct. 31, 2011.
8. T. Endoh, "3D Vertical Structured Memory and Spintorronics Memory Technology (*Invited*)", 1st Annual World Congress of Nano-S&T, Oct. 23, 2011.
9. T. Endoh, "Vertical Structured Cells and Vertical Stacked Cells for Nano-Generation High Density Memory (*Invited*)", 220th ECS Meeting, Oct. 10, 2011.
10. T. Endoh, "Impact of Vertical Structured Devices and Spintronic Devices for Future Nano LSI (*Invited*)", International Workshop on Quantum Nanostructures and Nanoelectronics (QNN2011) , Oct. 4, 2011.
11. T. Endoh, "Session F-4: e-Flash (*Invited*)", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 29, 2011.
12. T. Endoh, "Poster Session: Short Presentation Advanced Memory Technology (*Invited*) ", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 29, 2011.
13. T. Endoh, "Panel Discussion: Sub-20nm STT-MRAM as a replacement for DRAM : Its Challenges and Opportunities (*Invited*)", Samsung Semiconductor, Sep. 23, 2011.
14. T. Endoh, "Main Forum: Recent Advances in Perpendicular STT-MRAM with High Scalability for Future Non-volatile Memory (*Invited*)", Samsung Semiconductor, Sep. 23, 2011.
15. Y. Miura, K. Abe, and M. Shirai, "Role of spin-flip scattering at interfaces of MgO-based magnetic tunnel junctions with Heusler alloys (*Invited*)", 5th International Workshop on Spin Currents, July 27, 2011.
16. M. Shirai, Y. Miura, and K. Abe, "Non-collinear magnetic structures at Heusler alloy/MgO interfaces: A possible origin for the temperature dependence of tunneling magnetoresistance (*Invited*)", JSPS York-Tohoku Research Symposium on Magnetic Materials and Spintronics, June 28, 2011.
17. T. Endoh, "Impact of Spintronics Devices with Vertical MOSFET Technology for Future Nano-VLSI (*Invited*)", CMOS Emerging Technologies Meeting 2011, June 17, 2011.
18. T. Endoh, A. Nitayama, G. Jeong, L. Tran, J. Zahurak, J. Roh, M.-J. Tsai, "Will Emerging Non-Volatile Memories Finally Emerge? (Panel Discussion) (*Invited*)", 2011 Symposium on VLSI Technology, June 14, 2011.
19. T. Hanyu, "MTJ-Based Nonvolatile Logic-in-Memory Architecture (*Invited*)", 2011 Spintronics Workshop on LSI, June 13, 2011.
20. T. Endoh, "Research and Development of Ultra-low Power Spintronics-based VLSIs (*Invited*)", The Seventh International Nanotechnology Conference on Communication and Cooperation (INC7), May 18, 2011.
21. T. Hanyu, "Instant Power-On Nonvolatile FPGA Based on MOS/MTJ-Hybrid Circuitry (*Invited*)", GLSVLSI2011, May 3, 2011.
22. T. Endoh, "Panel Discussion "Spintronics-based VLSIs, What remains to be done?", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 3, 2012.
23. N. Inami, H. Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, S. Ikeda, H. Ohno, "Spin Torque Diode Effect of Perpendicularly Magnetized CoFeB/MgO/CoFeB Magnetic Tunnel Junctions",
24. The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.

25. M. Nishimura, M. Oogane, H. Naganuma, N. Inami, and Y. Ando, "Spin-transfer Switching Characteristics in Magnetic Tunnel Junctions with Synthetic Free Layers",
26. The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
27. H. Naganuma, K. Mukaiyama, M. Oogane, and Y. Ando, "Crystal symmetry change from rhombohedral and tetragonal by substrate temperature for BiFeO₃ epitaxial films", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
28. H. Naganuma, G. Kim, M. Oogane, and Y. Ando, "Magnetotransport properties in perpendicular magnetized L1₀-CoPt/CoFeB and L1₀-FePd/CoFeB magnetic tunnel junctions", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
29. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, and T. Hanyu, "7T-2MTJ-Based High-Speed Nonvolatile Fully Parallel TCAM", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
30. D. Suzuki and T. Hanyu, "Design of a Compact MTJ/MOS-Hybrid Logic Element for a Nonvolatile Field-Programmable Gate Array", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
31. S. Togashi, T. Ohsawa, and T. Endoh, "Nonvolatile Low Power 16-bit/32-bit Binary Counter with MTJ and its Scalability", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
32. H. Koike, T. Ohsawa, and T. Endoh, "A Study for Adopting PMOS Memory Cell for 1T1R STT-RAM with Asymmetric Switching Current MTJ", The 2nd CSIS International Symposium on Spintronics-based VLSIs and The 8th RIEC International Workshop on Spintronics, Feb. 2, 2012.
33. S. Matsunaga, M. Natsui, S. Ikeda, K. Miura, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Implementation of a Perpendicular MTJ-Based Read-Disturb-Tolerant 2T-2R Nonvolatile TCAM Based on a Reversed Current Reading Scheme", The 17th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC), University LSI Design Contest, Feb. 2, 2012.
34. S. Matsunaga, M. Natsui, S. Ikeda, K. Miura, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Implementation of a Perpendicular MTJ-Based Read-Disturb-Tolerant 2T-2R Nonvolatile TCAM Based on a Reversed Current Reading Scheme", Asia South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC), University LSI Design Contest, Jan. 2, 2012.
35. T. Endoh, S. Togashi, F. Iga, Y. Yoshida, T. Ohsawa, H. Koike, S. Fukami, S. Ikeda, N. Kasai, N. Sakimura, T. Hanyu, H. Ohno, "A 600MHz MTJ-Based Nonvolatile Latch Making Use of Incubation Time in MTJ Switching", 2011 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM 2011), Dec. 5, 2011.
36. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Design of a 270ps-Access 7T-2MTJ-Cell Nonvolatile Ternary Content-Addressable Memory",
The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, 2011/11/3.
37. D. Suzuki, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "50%-Transistor-Less Standby-Power-Free 6-input LUT Circuit Using Redundant MTJ-Based", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 2, 2011.
38. M.I. Khan, N. Inami, H. Naganuma, M. Oogane and Y. Ando, "Promotion of L10 ordering of FePd films with amorphous CoFeB thin interlayer", The 56th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials, Nov. 1, 2011.
39. F. Iga, Y. Yoshida, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "Time-Resolved Switching Characteristic in Magnetic Tunnel Junction with Spin Transfer Torque Write Scheme",

2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 30, 2011.

40. M. Arikawa, M. Muraguchi, Y. Hatsugai, K. Shiraishi, T. Endoh, "Role of Synthetic Ferrimagnets in MTJs from Wave Packet Dynamics", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 30, 2011.
41. D. Suzuki, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "A Compact Nonvolatile Logic Element Using an MTJ/MOS-Hybrid Structure", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 30, 2011.
42. M. Tsujikawa, Y. Miura, M. Shirai, and T. Oda, "Electric-field modulation of magnetic anisotropy at surfaces and interfaces", International Focus Workshop on Quantum Simulations and Design, Sep. 29, 2011.
43. R. Nakazawa, H. Kino, K. Kiyoyama, M. Koyanagi, T. Tanaka, "Write Speed Evaluation of Reconfigurable Spin Logic Block with SPRAM for 3D-Stacked Reconfigurable Spin Processor", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 29, 2011.
44. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "High-Speed-Search Nonvolatile TCAM Using MTJ Devices", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 29, 2011.
45. S. Togashi, T. Ohsawa, T. Endoh, "Nonvolatile Low Power 16-bit/32-bit MTJ Based Binary Counter and its Scaling", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 29, 2011.
46. T. Ohsawa, F. Iga, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "Studies on Static Noise Margin and Scalability for Low-Power and High-Density Nonvolatile SRAM using Spin-Transfer-Torque (STT)", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 28, 2011.
47. F. Iga, Y. Suzuki, T. Ohsawa, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "Novel 2step Writing Method for STT-RAM to improve Switching Probability and Write Speed", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 28, 2011.
48. H. Koike, T. Endoh, "A Study for Adopting PMOS Memory Cell for 1T1R STT-RAM with Asymmetric Switching Current MTJ", 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), Sep. 28, 2011.
49. D. Mori, M. Tsujikawa, Y. Miura, K. Abe, and M. Shirai, "Ab initio study on magnetic anisotropy at Co₂FeAl/MgO and Fe/MgO interfaces", Aug. 22, 2011.
50. D. Mori, M. Tsujikawa, Y. Miura, K. Abe, and M. Shirai, "A first-principles study on magnetic anisotropy of Fe/MgO(001) interface", 5th International Workshop on Spin Currents, June 27, 2011.
51. M. Tsujikawa, Y. Miura, M. Shirai, and T. Oda, "Electric field modulation of magnetic anisotropy in MgO/Fe-Pt thin films", 5th International Workshop on Spin Currents, June 27, 2011.
52. S. Togashi, T. Ohsawa, T. Endoh, "Low Power Nonvolatile Counter Circuit with Fine-Grained Power Gating", 2011 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), June 30, 2011.
53. F. Iga, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "Study of the Resistive Switching in CoFeB/MgO/CoFeB Magnetic Tunnel Junction Integrated on Back-End Line of CMOS Circuit", 2011 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), June 30, 2011.
54. Y. Yoshida, F. Iga, S. Ikeda, T. Hanyu, H. Ohno, T. Endoh, "Time-Dependent Switching Characteristics of Magnetic Tunnel Junction (MTJ)", 2011 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), June 29, 2011.
55. M. Arikawa, Y. Hatsugai, K. Shiraishi, T. Endoh, "Electron Dynamics in the Ferromagnetic Tunnel Junction", 2011 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), June 29, 2011.

56. R. Nebashi, N. Sakimura, Y. Tsuji, S. Fukami, H. Honjo, S. Saito, S. Miura, N. Ishiwata, K. Kinoshita, T. Hanyu, T. Endoh, N. Kasai, H. Ohno and T. Sugibayashi, "A Content Addressable Memory Using Magnetic Domain Wall Motion Cells", 2011 Symposium on VLSI Circuits, June 17, 2011.
57. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, S. Fukami, T. Endoh, H. Ohno, T. Hanyu, "Fully Parallel 6T-2MTJ Nonvolatile TCAM with Single-Transistor-Based Self Match-Line Discharge Control", 2011 Symposium on VLSI Circuits, June 17, 2011.
58. S. Matsunaga, A. Katsumata, M. Natsui, and T. Hanyu, "Design of a Low-Energy Nonvolatile Fully-Parallel Ternary CAM Using a Two-Level Segmented Match-Line Scheme", 41st IEEE International Symposium on Multiple-Valued Logic, May 23, 2011.
59. L. Montesi, Z. Zilic, T. Hanyu, D. Suzuki, "Considerations of Incorporating MTJ-based Blocks into Existing FPGA Architecture Families", 20th International Workshop on Post Binary ULSI Systems, May 22, 2011.
60. H. Koike and T. Endoh, "A New Sensing Scheme with High Signal Margin Suitable for Spin-Transfer Torque RAM", International Symposium on VLSI Technology, Systems and Application (VLSI-TSA), Apr. 26, 2011.
61. H. Saga, K. Shirahata, K. Mitsuzuka, T. Shimatsu, H. Aoi and H. Muraoka, "Analysis of Write Margin Loss Factors in Bit Patterned Media Recording", 2011 IEEE International Magnetic Conference, Apr. 25-29, 2011.
62. T. Shimatsu, H. Kataoka, K. Mitsuzuka, H. Aoi, N. Kikuchi and O. Kitakami, "Dry-etching damage to magnetic anisotropy of Co-Pt dot arrays characterized using anomalous Hall effect", 56th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Oct. 30, 2011

B2 超プロードバンド信号処理（尾辻泰一・末光哲也） Ultra-Broadband Signal Processing (T.Otsuji and T.Suemitsu)

1. 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プ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. V. Ryzhii, N. Ryabova, M. Ryzhii, N. V. Baryshnikov, V. E. Karasik, V. Mitin and T. Otsuji, "Terahertz and infrared photodetectors based on multiple graphene layer and nanoribbon structures," *Opto-electronics Review*, Vol. 20, No. 1, pp. 15-25, March 2012. doi: 10.2478/s11772-012-0009-y (*invited*)
2. S. Boubanga-Tombet, S. Chan, T. Watanabe, A. Satou, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Ultrafast carrier dynamics and terahertz emission in optically pumped graphene at room temperature," *Physical Review B*, Vol. 85, Iss. 3, pp. 035443-1-6, 2012. doi: 10.1103/PhysRevB.85.035443
3. T. Yoshida, K. Akagawa, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "InGaAs HEMTs with T-gate electrodes fabricated using HMDS SiN mold," *Phys. Status Solidi C*, Vol. 9, No. 2, pp. 354-356, Jan. 2012. doi: 10.1002/pssc.201100272
4. S. Takabayashi, S. Ogawa, Y. Takakuwa, H.-C. Kang, R. Takahashi, H. Fukidome, M. Suemitsu, T. Suemitsu, T. Otsuji, "Carbonaceous field effect transistor with graphene and diamondlike carbon," *Diamond and Related Materials*, Vol. 22, pp. 118-123, Feb. 2012. doi: 10.1016/j.diamond.2011.12.037
5. V.V. Popov, D.V. Fateev, T. Otsuji, Y.M. Meziani, D. Coquillat, W. Knap, "Plasmonic terahertz detection by a double-grating-gate field-effect transistor structure with an asymmetric unit cell," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 99, Iss. 24, pp. 243504-1-4, 2011. doi: 10.1063/1.3670321
6. J. Torres, L. Varani, F. Teppe, W. Knap, S. Boubanga-Tombet, T. Otsuji, P. Shiktorov, E. Starikov, and V. Gružinskis, "Investigation of 2D plasma resonances in HEMTs by using electro-optical sampling technique," *Lithuanian Journal of Physics*, Vol. 51, No. 4, pp. 324-329, Dec. 2011. doi: 10.3952/lithjphys.51405
7. V. Ryzhii, M. Ryzhii, V. Mitin, and T. Otsuji, "Toward the creation of terahertz graphene injection lasers," *J. Appl. Phys.*, Vol. 110, iss. 9, pp. 094503-1-9, 2011. doi: 10.1063/1.3657853
8. V. Ryzhii, M. Ryzhii and T. Otsuji, "Tunneling recombination in optically pumped graphene with electron-hole puddles," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 99, iss. 17, pp. 173504-1-3, 2011. doi: 10.1063/1.3656712
9. T. Suemitsu, M. Kubo, H. Handa, R. Takahashi, H. Fukidome, M. Suemitsu, and T. Otsuji, "Graphene/SiC/Si FETs with SiCN Gate Stack," *ECS Transactions*, Vol. 41, No. 6, pp. 249-254, 2011. doi: 10.1149/1.3629973
10. H. Fukidome, R. Takahashi, S. Abe, K. Imaizumi, H. Handa, H.-C. Kang, H. Karasawa, T. Suemitsu, T. Otsuji, Y. Enta, A. Yoshigoe, Y. Teraoka, M. Kotsugi, T. Ohkouchi, T. Kinoshita and M. Suemitsu, "Control of epitaxy of graphene by crystallographic orientation of a Si substrate toward device applications," *J. Mater. Chem.: Journal of Materials Chemistry*, Vol. 21, Iss. 43, pp. 17242-17248, 2011. doi: 10.1039/C1JM12921J
11. V. Ryzhii, M. Ryzhii, V. Mitin, A. Satou, and T. Otsuji, "Effect of heating and cooling of photogenerated electron-hole plasma in optically pumped graphene on population inversion," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 50, No. 9, pp. 094001-1-9, 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.094001
12. Y.M. Meziani, E. Garcia, E. Velazquez, E. Diez, A. El Moutaouakil, T. Otsuji, and K. Fobelets, "Strained silicon modulation FET as a new sensor for terahertz radiation," *Semicond. Sci. Technol.*, Vol. 26, No. 10, pp. 105006-1-4, 2011. doi: 10.1088/0268-1242/26/10/105006
13. A. El Moutaouakil, H.-C. Kang, H. Handa, F. Fukidome, T. Suemitsu, E. Sano, M. Suemitsu, and T. Otsuji, "Room temperature logic Inverter on epitaxial graphene-on-silicon device," *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. 50, No. 7, pp. 070113-1-4, July 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.070113
14. M.-H. Jung, H. Handa, R. Takahashi, H. Fukidome, T. Suemitsu, T. Otsuji, and M. Suemitsu, "Investigation of graphene field effect transistors with Al₂O₃ gate dielectrics formed by metal oxidation," *Jpn. J. Appl. Phys.* Vol. 50, No. 7, pp. 070111-1-5, July 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.070111
15. M.-H. Jung, H. Handa, R. Takahashi, H. Fukidome, T. Suemitsu, T. Otsuji, and M. Suemitsu,

- "Polymer material as a gate dielectric for graphene field-effect-transistor applications," Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 50, No. 7, pp. 070107-1-5, July 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.070107
16. M. Ryzhii, T. Otsuji, V. Mitin, and V. Ryzhii, "Characteristics of p-i-n terahertz and infrared photodiodes based on multiple graphene layer structures," Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 50, No. 7, pp. 070117-1-6, July 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.070117
 17. Y. Takatsuka, E. Sano, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Terahertz amplifiers based on multiple graphene layer with field-enhancement effect," Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 50, No. 7, pp. 070118-1-4, 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.070118
 18. D. Sintsov, V. Vyurkov, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Effect of "Mexican hat" on graphene bilayer field-effect transistor characteristics," Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 50, No. 7, pp. 070112-1-6, July 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.070112
 19. A. Satou, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Theoretical study of population inversion in graphene under pulse excitation," Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 50, No. 7, pp. 070116-1-4, July 2011. doi: 10.1143/JJAP.50.070116
 20. H. Karasawa, T. Komori, T. Watanabe, A. Satou, H. Fukidome, M. Suemitsu, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Observation of amplified stimulated terahertz emission from optically pumped heteroepitaxial graphene-on-silicon materials," J. Infrared Milli. Terahertz. Waves, Vol. 32, No. 5, pp. 655-665, 2011. doi: 10.1007/s10762-010-9677-1
 21. T. Otsuji, T. Watanabe, A. El Moutaouakil, H. Karasawa, T. Komori, A. Satou, T. Suemitsu, M. Suemitsu, E. Sano, W. Knap, and V. Ryzhii, "Emission of terahertz radiation from two-dimensional electron systems in semiconductor nano- and hetero-structures," J. Infrared Milli. Terhz. Waves, Vol. 32, No. 5, pp. 629-645, 2011. doi: 10.1007/s10762-010-9714-0
 22. W. Knap, S. Nadar, H. Videlier, S. Boubanga-Tombet, D. Coquillat, N. Dyakonova, F. Teppe, K. Karpierz, J. Łusakowski, M. Sakowicz, I. Kasalynas, D. Seliuta, G. Valusis, T. Otsuji, Y. Meziani, A. El Fatimy, S. Vandenbrouk, K. Madjour, D. Théron, C. Gaquière, "Field Effect Transistors for Terahertz Detection and Emission," J. Infrared Milli. Terhz, Vol. 32, No. 5, pp. 618-628, 2011. doi: 10.1007/s10762-010-9647-7

【国際会議発表】

1. A. Satou, T. Otsuji, V. Ryzhii, and F.T. Vasko, "Terahertz negative dynamic conductivity in optically pumped graphene," The 31st PIERS in Kuala Lumpur, 2A1-3, Malaysia, 27-30 March, 2012. (*invited*)
2. M. Ryzhii, V. Ryzhii, N. V. Baryshnikov, V. E. Karasik, and T. Otsuji, "Interband detectors of terahertz and infrared radiation based on graphene p-i-n structures," The 31st PIERS in Kuala Lumpur, Malaysia, 27-30 March, 2012.
3. T. Otsuji, S. Boubanga-Tombet, S. Chan, T. Watanabe, A. Satou, V. Ryzhii, "Ultrafast carrier dynamics and terahertz amplified stimulated emission in optically pumped graphene at room temperature," Gordon Research Conference, Ultrafast Phenomena in Cooperative Systems, Hotel Galvez, Galveston, TX, Feb. 19-24, 2012.
4. T. Watanabe, T. Fukushima, S. Chan, S. Boubanga-Tombet, A. Satou, V.V. Popov, V. Ryzhii, T. Otsuji, "Observation of Terahertz 2D-Plasmon Modes in a Graphene Ribbon Array,"Gordon Research Conference, Ultrafast Phenomena in Cooperative Systems, Hotel Galvez, Galveston, TX, Feb. 19-24, 2012.
5. T. Watanabe, S. Boubanga Tombet, Y. Tanimoto, Yuy.e Wang, H. Minamide, H. Ito, D. Fateev, V. Popov, D. Coquillat, W. Knap, and T. Otsuji, "Ultrahigh sensitive plasmonic terahertz detector based on an asymmetric dual-grating gate HEMT structure," ISDRS 2011: International Semiconductor Device Research Symposium, FP3-06, Univ. Maryland, MD, USA, Dec. 7-9, 2011.

6. T. Otsuji, "Emission and detection of terahertz dadiation using two-dimensional electrons in III-V semiconductors and graphene," International TeraNano &GDRI Workshop Extended Abstract, 28I-11, Osaka, Nov. 24-29, 2011. (*invited*)
7. Y. Tanimoto, T. Watanabe, A. Satou, T. Otsuji, "Terahertz Injection-Locked Oscillation in Plasmon-Resonant Transistors," International TeraNano &GDRI Workshop Extended Abstract, 28P-15, Osaka, Nov. 28, 2011.
8. T. Watanabe, T. Fukushima, S. Boubanga Tombet, A. Satou, T. Otsuji, S. Chan, V. Ryzhii, V. Popov, "Observation of Terahertz 2D-Plasmon Modes in a Graphene Ribbon Array," International TeraNano &GDRI Workshop Extended Abstract, 28P-04, Osaka, Nov. 24-29, 2011.
9. T. Fukushima, T. Watanabe, S. B. Tombet, A. Satou and T. Otsuji, "Observation of Stimulated Emission from Optically Pumped Graphene by Using Terahertz Photon Echoes," International TeraNano &GDRI Workshop Extended Abstract, 28P-03, Osaka, Nov. 24-29, 2011.
10. V. V. Popov, D. V. Fateev, T. Otsuji, Y. M. Meziani, D. Coquillat, W. Knap, "Plasmonic Terahertz Ratchet Effect in a Periodically Gated 2D Electron System," International TeraNano &GDRI Workshop Extended Abstract, 28P-16, Osaka, Nov. 24-29, 2011.
11. A. Satou, T. Otsuji, V. Ryzhii, and F. T. Vasko, "Population Inversion in Optically Pumped Graphene: Effect of Carrier-Carrier Scattering," International TeraNano &GDRI Workshop Extended Abstract, 24P-18, Osaka, Nov. 24-29, 2011.
12. T. Otsuji, T. Watanabe, K. Akagawa, Y. Tanimoto, T. Suemitsu, V. Ryzhii, D. Coquillat, W. Knap, "New semiconductor materials and devices for terahertz imaging and sensing," IEEE SENSORS Conference Proceedings, A1L-C-1196, pp. 44-47, Limerick, Ireland, Oct. 28-31, 2011. (*invited*)
13. M.-H. Jung, C. Quan, H. Fukidome, T. Suemitsu, T. Otsuji, and M. Suemitsu, "Impacts of the access resistance on the channel conduction characteristics in graphene FETs," MNC 2011: 24th International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 27P-11-144L, ANA Hotel Kyoto, Kyoto, Japan, October 24-27, 2011.
14. T. Suemitsu, M. Kubo, H. Handa, R. Takahashi, H. Fukidome, M. Suemitsu, and T. Otsuji, "Graphene/SiC/Si FETs with SiCN Gate Stack," 220th ECS Meeting, #2110, Boston, Oct. 9-14, 2011.
15. S.A. Boubanga Tombet, A. Satou, T. Otsuji, V. Ryzhii, "Stimulated terahertz emission from optically pumped graphene," IRMMW-THz: International Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, W4B.3, Oct. 3-7, Houston, TX, USA, 2011.
16. V. Ryzhii, M. Ryzhii, A. A. Dubinov, V. Ya. Aleshkin, V. Mitin, M. S. Shur, A. Satou, and T. Otsuji, "Concepts of terahertz and infrared devices based on graphene structures," IRMMW-THz: International Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, Tu3C.1, Oct. 3-7, Houston, TX, USA, 2011. (*invited*)
17. A. Satou, S. A. Boubanga Tombet, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Threshold of terahertz wave amplificaion from optically pumped graphene," ACSIN 2011: 11th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures Dig., p. 117, St. Petersburg, Russia, Oct. 4, 2011. (*invited*)
18. T. Fukushima, S. Chan, S. Boubanga Tombet, V. Ryzhii, V. Popov, T. Otsuji, "Observation of terahertz 2D-plasmon modes in a graphene ribbon array," QNN: International Workshop on Quantum Nanostructure&Nanoelectronics, P-24, Tokyo, Oct. 3-4, 2011.
19. V. Ryzhii, M. Ryzhii, and T. Otsuji, "Mechanisms of Recombination in optically pumped graphene with electron-hole puddles," QNN: International Workshop on Quantum Nanostructure&Nanoelectronics, Mo-3, Tokyo, Oct. 3-4, 2011.
20. T. Otsuji, "Trends and future of ultrafast transistors and terahertz light amplification by stimulated emission of radiation using graphene," SSDM: Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, K-8-1, WINC AICHI, Nagoya, Japan, Sept. 28-30, 2011. (*invited*)

21. M.Ryzhii, V.Mitin, A.Satou, T.Otsuji, and V.Ryzhii, "Modeling of short-gate and drain-induced barrier lowering effects in graphene bilayer field-effect transistors: weak nonlocality approximation," SISPAD: 2011 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices, P22, Tokyo, September 8-10, 2011.
22. V. Ryzhii, M. Ryzhii, A. Satou, T. Otsuji, and V. Mitin, "Nonequilibrium carriers and phonons in optically excited graphene: heating and cooling," EDISON17: 17th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, P2.8, Santa Barbara, Aug. 7-12, 2011.
23. S. Boubanga-Tombet, S. Chan, A. Satou, T. Watanabe, V. Ryzhii, and T. Otsuji, "Amplified stimulated terahertz emission at room temperature from optically pumped graphene," EDISON17: 17th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, Th2.3, Santa Barbara, Aug. 7-12, 2011.
24. J. Torres, F. Teppe, P. Nouvel, S. Boubanga-Tombet, A. El Moutaouaki, D. Coquillat, N. Dyakonova, C. Palermo, W. Knap, L. Varani, T. Ostuji, E. Starikov, P. Shiktorov, V. Gružinskis, Y. Roelens, A. Shchepetov, S. Bollaert, "Terahertz emission from optically excited plasma oscillation in HEMTs," EDISON17: 17th International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics and Nanostructures, M2.4, Santa Barbara, Aug. 7-12, 2011.
25. V. Ryzhii, M Ryzhii, A. Satou, T. Otsuji, and V. Mitin, "Optical excitation of graphene, population inversion, and terahertz lasing," Proceeding of 15th International Conference on Narrow Gap Systems (NGS15), Virginia Polytechnic Inst. Tech., VA, USA, August 1-5, 2011. (AIP Conf. Proc. Vol. 1416, pp. 26-30, 2011) (doi: 10.1063/1.3671689) (*invited*)
26. A. Satou, T. Otsuji, V. Ryzhii, F.T. Vasko, "The effect of carrier-carrier scattering on population inversion in optically pumped graphene," EP2DS-19: the 19th international conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Electron Systems, We-P-3, Florida, USA, July 25-29, 2011.
27. A. Satou, S. Boubanga-Tombet, V. Ryzhii, T. Otsuji, "Threshold Behavior of Stimulated Terahertz Emission from Optically Pumped Graphene," 12th Int. Conf. Science & Application of Nanotubes, Satellite Symp. on Graphene Technology: Production, Assembly and Applications Abstract, #173, Babbage Lecture Theatre, New Museum site, Cambridge UK, 15-16, July, 2011.
28. V. Ryzhii, N. Ryabova, T.Otsuji, V.Ya.Aleshkin, and A.A.Dubinov, "Novel concepts of optoelectronic devices based on multiple-graphene structures," DMR: Collaborative Conference on 3D & Materials Research, Jeju, South Korea, June 27 - July 1, 2011. (*invited*)
29. T. Yoshida, K. Akagawa, T. Otsuji, and T. Suemitsu, "InGaAs HEMTs with T-gate electrodes fabricated using HMDS-SiN mold," 38th International Symposium on Compound Semiconductors, Berlin, Germany, May 22-26, 2011.
30. T. Suemitsu, M. Kubo, R. Takahashi, H. Fukidome, M. Suemitsu, T. Otsuji, "Graphene FETs with SiCN gate stack deposited by PECVD using HMDS vapor," WOCSDICE: 35th Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits,Catania, Italy, May 29-June 1, 2011.
31. S.A. Boubanga Tombet, T. Otsuji, and W. Knap, "Coherent and tunable terahertz emission from nano-metric field effect transistor at room temperature," CLEO: Conference on Lasers and Electro-Optics, CMW4, Baltimore, ML, USA, May 1-7, 2011.
32. T. Otsuji; S. Boubanga Tombet; A. Satou; V. Ryzhii, "Amplified stimulated terahertz emission from optically pumped graphene," CLEO: Conference on Lasers and Electro-Optics, CMM3, Baltimore, ML, USA, May 1-7, 2011. (*invited*)
33. T. Watanabe, K. Akagawa, Y. Tanimoto, D. Coquillat, W. M. Knap, and T. Otsuji, "Terahertz imaging with InP high-electron-mobility transistors," SPIE Defense, Security & Sensing, Proc. SPIE, Vol. 8023, iss. 8023-25, Orlando, FL, USA, April 24-27, 2011. DOI: 10.1117/12.887952

34. T. Otsuji, S. A. Boubanga Tombet, A. Satou, and V. Ryzhii, "Terahertz light amplification by stimulated emission of radiation from optically pumped graphene," SPIE Defense, Security & Sensing, Proc. SPIE, Vol. 8023, iss. 802304 (7 pages), Orlando, FL, USA, April 24-27, 2011. [Proc. SPIE, Vol. 8023, iss. 802304 (7 pages), 2011.] (*invited*)
35. T. Otsuji, "Terahertz light amplification by stimulated emission of radiation in optically pumped graphene," VCIAN: Villa Conference on Interactions Among Nanostructures, Las Vegas, Nevada, USA, April 21-25, 2011. (*invited*)
36. A. Satou, S. Boubanga-Tombet, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Stimulated terahertz emission from optically pumped graphene and its threshold behavior," Graphene 2011Conference, Bilbao, Spain, April 11-14, 2011.
37. S. Takabayashi, S. Ogawa, Y. Takakuwa, H.-C. Kang, R. Takahashi, H. Fukidome, M. Suemitsu, T. Suemitsu, T. Otsuji, "Carbonaceous field effect transistor with graphene and diamondlike carbon," Graphene 2011Conference, Bilbao, Spain, April 11-14, 2011.

B3 量子光情報工学（枝松圭一・小坂英男・三森康義）

Quantum-Optical Information Technology
(K.Edamatsu, H.Kosaka and Y. Mitsumori)

1. 光子を用いた量子情報通信技術の開発

Quantum info-communication technology using photons

半導体や擬似位相整合非線形光学結晶を用いた量子もつれ光子の発生・検出方法を開発している。また、光子間の量子ゲート動作を目指し、導波路媒質における単一光子レベルでの光学非線形性について研究している。

We investigate the generation and detection technique of entangled photon pairs using semiconductor and quasi-phase-matched (QPM) nonlinear optical materials. Also investigated are the optical nonlinearities of waveguide media at a single-photon level, aiming at photonic quantum gate operation.

2. 量子中継のための量子メディア変換

Quantum state transfer for quantum repeaters

量子情報通信における通信距離を飛躍的に増大するための量子中継器の実現を目指した光子・電子スピン間の量子メディア変換を行う基礎デバイスの開発を行っている。

We investigate quantum media conversion from a photon to an electron spin for quantum repeaters to extend the transmission distance of quantum info-communication.

3. 半導体量子ドットを用いた量子情報通信

Semiconductor quantum dots for quantum info-communication

量子情報通信への応用を目指した、半導体量子ドットの光物性および量子光学的な性質を研究している。

We investigate the spectroscopic and quantum optical properties of semiconductor quantum dots in view of quantum info-communication technology.

【査読付論文】

1. H. Kosaka, "Photon-to-Electron Quantum Information Transfer", J. Appl. Phys. 109, 102414 (2011).
2. Y. Mitsumori, Y. Miyahara, K. Uedaira, H. Kosaka, S. Shimomura, S. Hiyamizu, and K. Edamatsu, "Micro-pump-probe spectroscopy of an exciton in a single semiconductor quantum dot using a heterodyne technique", Jpn. J. Appl. Phys. 50, 095004/1-4 (2011).

3. T. Inagaki, H. Kosaka, Y. Mitsumori, and K. Edamatsu, "Electron spin state tomography with coherent Kerr effect", *Appl. Phys. Lett.* 99, 173108/1-3 (2011).
4. H. Kosaka, H. Shigyou, T. Inagaki, Y. Mitsumori, K. Edamatsu, T. Kutsuwa, M. Kuwahara, K. Ono, Y. Rikitake, N. Yokoshi, and H. Imamura, "Spin coherent read, write, manipulation of electrons with light in solids", *AIP Conf. Proc.* 1363, 165-168 (2011).
5. R.-B. Jin, J. Zhang, R. Shimizu, N. Matsuda, Y. Mitsumori, H. Kosaka, and K. Edamatsu, "Intrinsic pure single-photon source and its nonclassical interference with weak coherent photons", *AIP Conf. Proc.* 1363, 327-330 (2011).
6. K. Asakura, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu, K. Akahane, N. Yamamoto, M. Sasaki, and N. Ohtani, "Excitonic Rabi oscillations in semiconductor quantum dot observed by photon echo spectroscopy", *AIP Conf. Proc.* 1399, 529-530 (2011).
7. W. Ueno, F. Kaneda, H. Suzuki, S. Nagano, A. Syouji, R. Shimizu, K. Suizu, and K. Edamatsu, "Entangled photon generation in two-period quasi-phase-matched parametric down-conversion", *Optics Express* 20, 5508-5517 (2012).

【国際会議発表】

1. Fumihiro Kaneda, Ryosuke Shimizu, Satoshi Ishizaka, Yasuyoshi Mitsumori, Hideo Kosaka, Keiichi Edamatsu, "Generation and Superactivation of Bound Entanglement", The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the XIIth European Quantum Electronics Conference 2011 (EQEC 2011), ED4.6, Munich, Germany, May 22-26, 2011.
2. Masahiro Yabuno, Ryosuke Shimizu, Yasuyoshi Mitsumori, Hideo Kosaka and Keiichi Edamatsu, "Measurement of Reduced Four-Photon de Broglie Wavelength at Telecom Wavelength", The European Conference on Lasers and Electro-Optics and the XIIth European Quantum Electronics Conference 2011 (EQEC 2011), EA.P.12, Munich, Germany, May 22-26, 2011.
3. S. Matsuura, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu, K. Miyazaki, D. Kim, M. Nakayama, G. Ohata, H. Oka, H. Ajiki, H. Ishihara, "Biexciton in CuCl microcavity observed by spectrally-resolved four wave mixing", The 19th International Conference on Electronic Properties of Two-Dimensional Systems (EP2DS-19) and the 15th International Conference on Modulated Semiconductor structures (MSS-15), MO-P-70, Tallahassee, Florida, USA, July 25-29, 2011.
4. Hideo Kosaka, Takahiro Inagaki, Ryuta Hitomi, Fumishige Izawa, Yoshiaki Rikitake, Hiroshi Imamura, Yasuyoshi Mitsumori, Keiichi Edamatsu, "Electron spin coherence generated by light time-bin coherence in a semiconductor nanostructure", 6th International School and Conference on Spintronics and Quantum Information Technology (SPINTECH-VI), Matsue, Japan, Aug. 1-5, 2011.
5. Fumihiro Kaneda, Ryosuke Shimizu, Satoshi Ishizaka, Yasuyoshi Mitsumori, Hideo Kosaka, Keiichi Edamatsu, "Efficient Generation and Activation of Bound Entanglement in Optical Qubits", The joint 2011 International Quantum Electronics Conference / Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, 979.00, Sydney, Australia, August 28-September 1, 2011.
6. W. Ueno F. Kaneda, H. Suzuki, S. Nagano, A.Syouji, R. Shimizu, K. Suizu, K. Edamatsu , "Generation of Polarization-entangled Photon Pairs using Two-period Quasi-phase Matched LiNbO₃", The joint 2011 International Quantum Electronics Conference / Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, 3700-PO-93, Sydney, Australia, August 28-September 1, 2011.
7. Hideo Kosaka, Takahiro Inagaki, Ryuta Hitomi, Fumishige Izawa, Yoshiaki Rikitake, Hiroshi Imamura, Yasuyoshi Mitsumori, Keiichi Edamatsu, "Time-bin photonic state transfer to electron spins in a semiconductor", Quantum Information Processing and Communication (QIPC) 2011, ETH Zurich, Sep. 5-9, 2011.
8. Hideo Kosaka, Takahiro Inagaki, Ryuta Hitomi, Fumishige Izawa, Yoshiaki Rikitake, Hiroshi Imamura, Yasuyoshi Mitsumori, Keiichi Edamatsu, "Coherent Transfer from Time-bin State of

Light to Electron Spins in a Semiconductor”, The international conference on Optics of Excitons in Confined Systems (OECS12), Paris, France, Sep. 12-16, 2011.

9. Keiichi Edamatsu, “Multi-photon Quantum Interference and Quantum Information (Invited talk)”, NII Shonan Meeting "Hybrid Quantum Devices", Hayama, Japan, Nov. 5-9, 2011.
10. K. Asakura, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu, K. Akahane, N. Yamamoto, M. Sasaki and N. Ohtani, “Rabi Oscillations in Self-assembled Semiconductor Quantum Dot Utilizing Photon Echo Spectroscopy”, The 5th International Symposium and The 4th Student-Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, PR-06, Sendai, Japan, Feb. 22-24, 2012.
11. S. Matsuura, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu, K. Miyazaki, D. Kim, M. Nakayama, G. Ohata, H. Oka, H. Ajiki, H. Ishihara, “Bipolaritonic Effect in CuCl Microcavities”, The 5th International Symposium and The 4th Student-Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, PR-07, Sendai, Japan, Feb. 22-24, 2012.
12. W. Ueno F. Kaneda, H. Suzuki, S. Nagano, A. Syouji, R. Shimizu, K. Suizu, K. Edamatsu, “Generation and characterization of polarization entangled photon pairs using two-period quasi-phase matched LiNbO₃”, The 5th International Symposium and The 4th Student-Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, PR-08, Sendai, Japan, Feb. 22-24, 2012.
13. Fumihiro Kaneda, Ryosuke Shimizu, Satoshi Ishizaka, Yasuyoshi Mitsumori, Hideo Kosaka, Keiichi Edamatsu, “Activation of Bound Entanglement in a Four-Qubit Smolin State”, The 5th International Symposium and The 4th Student-Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, PR-09, Sendai, Japan, Feb. 22-24, 2012.
14. Ruibo Jin, Ryosuke Shimizu, Yasuyoshi Mitsumori, Hideo Kosaka and Keiichi Edamatsu, “Pure single-photon source for quantum information processing”, The 5th International Symposium and The 4th Student-Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, RF-05, Sendai, Japan, Feb. 22-24, 2012.
15. Keiichi Edamatsu, “Multi-Photon Quantum Optics and Quantum Information”, The 5th International Symposium and The 4th Student-Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, 4A-3, Sendai, Japan, Feb. 22-24, 2012.

5.C ナノ分子デバイス基盤技術関連 Nano-Molecular Devices

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

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

1. 有機分子デバイスの表面・界面のナノスケール解析・制御

Nanometer-scale analysis and control of surfaces and interfaces of organic molecular devices

有機デバイスの表面・界面での現象をナノスケールで解析し、その動作原理を解明することにより、それらを制御し、有機デバイスの特性を向上させるための研究を行っている。

We have analyzed phenomena on surface and interface of organic devices and have elucidated the principle of their operation on a nanometer scale to improve their performance.

2. 半導体表面用いた生体機能解析

Biodynamic analysis on a semiconductor surface

Si や GaAs 半導体表面上において、細胞やたんぱく質、DNA などの生体物質を赤外吸収法を用いて高感度に検出し、生体機能の解析を行っている。

We have sensitively detected biological materials such as cells, proteins, and DNA molecules on a semiconductor surface such as Si or GaAs and we have analyzed biodynamics

3. 高感度バイオセンシング・システムの研究開発

Research and development of a high-sensitive bio-sensing system

赤外分光法を用いて溶液中で標識を用いずに生体物質を高感度に観測するためのバイオセンシング・システムの開発を行っている。

We have investigated development of a label-free bio-sensing system for high-sensitive detection of biological materials in a solution using infrared absorption spectroscopy.

4. 陽極酸化過程を用いたナノデバイスの開発研究

Research and development of fabricating nanodevices using anodization processes

トップダウンプロセスと陽極酸化過程を組み合わせることによるナノデバイスの作製に関する研究を行っている。

We have investigated fabrication of nanodevices by using both top-down processes and anodization processes.

5. 色素増感太陽電池の開発研究

Research and development of dye-sensitized solar cells

陽極酸化等の電気化学的手法による作製したナノ構造の作製およびその応用を行っている。特に、陽極酸化により作製した TiO₂ ナノチューブの色素増感太陽電池(DSSC)への応用について研究している。

We have investigated fabrication and application of nanostructures using electrochemical processes such as anodization. Especially, we have applied TiO₂ nanotubes fabricated by anodization to dye-sensitized solar cells (DSSC).

【査読付論文】

1. Mohammad Maksudur Rahman, Ryota Kojima, Mehdi El Fassy Fihry, Daisuke Tadaki, Teng Ma, Yasuo Kimura, and Michio Niwano, "Effect of Porous Counter Electrode with Highly Conductive Layer on Dye-Sensitized Solar Cells", Jpn. J. Appl. Phys. **50**(8) (2011) 082303.
2. Yuuki Takanashi, Naoki Oyama, Katsuaki Momiyama, Yasuo Kimura, Michio Niwano and Fumihiko Hirose, "Alpha-sexithiophene/n⁻ Si heterojunction diodes and solar cells investigated by I-V and C-V measurements", Synthetic Materials, **161**(23-24) (2011) 2792-2797.

3. Keiichiro Nozawa, Azusa Oshima, Tomohiro Nasu, Atsushi Shoji, Ayumi Hirano-Iwata, Michio Niwano and Masao Sugawara, "In situ modification of lipid-loaded MCM-41 channels with bovine serum albumin at a planar lipid bilayer for biosensing", Sensors and Actuators B: Chemical, **160**, (2011) 139-144
4. 桜井伊知郎, 佐藤憲一, 庭野道夫, "基底核の脳神経回路における薬理作用のシミュレーション(I)-眼球運動の遅れと神経細胞活動度の振動現象-", 日本神経回路学会誌, **18**(4) (2011) 182-193.
5. Azusa Oshima, Ayumi Hirano-Iwata, Tomohiro Nasu, Yasuo Kimura and Michio Niwano," Mechanically Stable Lipid Bilayers in Teflon-Coated Silicon Chips for Single-Channel Recordings", Micro and Nanosystems, **4**(1) (2012) 2-7.
6. 平野愛弓, 大嶋梓, 木村康男, 庭野道夫, "ナノ・マイクロ加工に基づく人工細胞膜センサの研究", 応用物理, **81**(2) (2012) 143-146

【国際会議発表】

1. Ayumi Hirano-Iwata, Azusa Oshima, Tomohiro Nasu, Yasuo Kimura and Michio Niwano, "Improved Stability of Lipid Bilayers Based on Nano-Fabrication", International Congress of Analytical Sciences 2011, Kyoto, May 22-26, 2011.
2. Ichiro Sakurai, Ken-ichi Sato and Michio Niwano, "MPTP injection yields oscillating pattern of neuronal activity through the loop circuit formation in the basal ganglia", 30th JSST Annual Conference, Tokyo, Oct. 22-23, 2011.
3. Ayumi Hirano-Iwata, Azusa Oshima, Tomohiro Nasu, Yasuo Kimura and Michio Niwano, "Stable and Solvent-Less Lipid Bilayers Based on Nano- and Micro-Fabrication", 2011 Materials Research Society Fall Meetings, Boston, Nov. 28-Dec. 2, 2011
4. Azusa Oshima, Ayumi Hirano-Iwata, Tomohiro Nasu, Yasuo Kimura and Michio Niwano, "Solvent-less planar lipid bilayers formed in microfabricated silicon chips", 2011 Materials Research Society Fall Meetings, Boston, Nov. 28-Dec. 2, 2011
5. Mohammad Maksudur Rahman, Ryota Kojima, Mehdi El Fassy Fihry, Yasuo Kimura and Michio Niwano, "Formation of a porous composite counter electrode with high-conductive film for dye-sensitized solar cells", The Sixth International Symposium on Surface Science, Tokyo, Dec. 11-15, 2011.
6. Ryota Kojima, Mohammad Maksudur Rahman, Yasuo Kimura and Michio Niwano, "Direct formation of an anodic titanium oxide nanotube film on a transparent conductive", The Sixth International Symposium on Surface Science, Tokyo, Dec. 11-15, 2011.
7. Azusa Oshima, Ayumi Hirano-Iwata, Tomohiro Nasu, Yasuo Kimura and Michio Niwano, "Planar lipid bilayers formed in Teflon-coated silicon chips for single-channel recordings", The Sixth International Symposium on Surface Science, Tokyo, Dec. 11-15, 2011.
8. Yuki Aonuma, Yasuhiko Kondo, Ayumi Hirano-Iwata, Yasuo Kimura, Yasuo Shinohara and Michio Niwano, "Long-term Monitoring of Cell Differentiation Using Surface Infrared Spectroscopy" The Sixth International Symposium on Surface Science, Tokyo, Dec. 11-15, 2011.

6. 参考資料

- 6-1 施設のクリーンルームと装置の概要
- 6-2 施設の利用状況（平成23年度）
- 6-3 ナノ・スピニ工学研究会
国際シンポジウムプログラム

6-1 施設の代表的装置の概要

a-1) ナノ・スピニ電子ビーム・リソグラフィ関連

■ ナノ・スピニ電子描画システム

日本電子 JBX-9300SA

- 用途 ナノスケールのパターン描画
- 性能 加速電圧: 100 kV
最小線幅: 20 nm
ウェハサイズ: 5mm 角～300mm ϕ

■ ナノ・スピニ縮小投影露光システム

ニコン NSR-2005i10C

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

■ マスクアライナー

カールズス MJB4

- 用途 集積回路試作用フォトレジストパターンの形成
- 性能 基板サイズ 5mm 角から最大 4 インチ角
マスクサイズ 2 インチ角から 5 インチ角
紫外線露光照度 25mW/cm²
露光分解能 0.8 μ m ライン／スペース(バキュームコンタクト時)

■ 走査型電子顕微鏡(SEM)

日本電子 JSM7401-FT

- 用途 薄膜表面極微細構造解析
- 性能
 - ・2次電子像分解能
 - 加速電圧 15kV : 1.0 nm 保証
 - 1kV GB モード : 1.5 nm 保証
 - ・像種 二次電子像、反射電子像、二次電子+反射電子像、エネルギーfiltration像
 - ・倍率 LM モード : ×25～19,000、SEM モード : ×100～1,000,000
自動倍率補正機能、倍率瞬時切替機能、像回転補正機能付き
 - ・加速電圧 LM、SEM モード : 0.5～30kV、GB モード : 0.1～4kV
 - ・プローブ電流 10^{-13} ～ 2×10^{-9} A

■ マスク電子ビーム描画装置システム

日本電子 JBX-9000ZB(A)

- 用途 電子ビームを用いたマスク作製及びウェハへの直接描画
- 性能 最大加速電圧: 50 kV
ビーム電流密度: 10 A/cm²
图形精度: 0.02 μ m
最小寸法: 0.1 μ m
マスクサイズ: 2.5, 6 インチ ϕ
ウェハ径: 2, 3 インチ ϕ , 33 m ϕ

■ プラズマアッシャー

ヤマト科学

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

a-2) 化合物半導体プロセス装置関連

■ 化合物 MBE (VG)

VG V80H

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

■ SiO₂堆積用プラズマCVD装置

日本真空

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

■ Si₃N₄堆積用プラズマCVD装置

日本真空

- 用途 化合物半導体基板への絶縁膜(シリコン窒化膜)の形成
- 性能 ・処理能力
 - Φ 2インチ基板 1枚/パッチ
 - Φ 33 基板 1枚/パッチ
- 不定形試料には、基板用ホルダを変えることで対応
- ・基板加熱温度 反応室 最高 400°C
- 準備室 最高 300°C
- ・RF電力 発振周波数 13.56MHz
- 最高 200W
- ・導入ガス SiH₄, NH₃, Ar, N₂, O₂

■ 絶縁膜用ドライエッティング装置(RIE)

日本真空

- 用途 化合物半導体ウェハー上のシリコン窒化膜、シリコン酸化膜のエッティング
- 性能 ガス種 CF₄, O₂, H₂
到達圧力 1.3×10^{-5} Pa 以下
プロセス圧力 0.67~13.3Pa 以下
基板冷却機構 -30°C~25°C
基板処理枚数 Φ 2インチ基板 × 1枚/パッチ

■ 多目的電子ビーム蒸着装置 (n型蒸着器)

日本真空

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

■ イオン発生システム(ECR-RIE)

日本真空

- 用途 Cl₂ガスを用いた化合物半導体等の異方性エッチャリング
- 性能
 - チャンバ構成 エッチャリング室、ロードロック室
 - 到達真空度 10⁻⁸Torr 台
 - 動作圧力 10⁻³~10⁻⁵Torr
 - 基板サイズ 2インチ、及び不定形
 - エッチャリング速度 ~2000Å/min(GaAs)
 - エッチャリング分布 2インチ基板内±10%以下
 - 基板冷却 基板ホルダー水冷式
 - イオン源 ECRパケット型
 - イオンエネルギー 200~1000V
 - プロセスガス Cl₂、Ar、O₂

■ 半導体パラメータアナライザ

ソニーテクトロニクス

- 用途 半導体電子デバイス等の電気的特性の評価
- 性能
 - ソースモニタユニット数 6
 - 分解能 8mV 4fA
 - 最大電圧・電流 200V 100 mA
 - カーブトレーサモード可

■ 高機能マイクロカ一測定装置

ネオアーク

- 用途 約 2 μmφ 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 μmφ
 - 最大印加磁場: 1.0 T
 - 温度: 1.5K~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 試料表面に形成された段差、表面形状、表面粗さなどの評価
- 性能 試料サイズ: 150 mm ϕ 以下
高さ方向分解能: 0.1 nm (@6.55 μ m range)

■ マイクロプローブ式低温ホール効果測定装置 理工貿易

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

a-3) シリコンプロセス装置関係

■ ナノヘテロ界面処理加工システム

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

■ ナノヘテロ分析システム

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

■ 半導体電気磁気複合特性測定システム

HP 他組上システム

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

■ 減圧 CVD 装置

日立国際電気

- 用途 Si、Ge、 Si_3N_4 等の成膜用
- 性能 拡散炉タイプの減圧 CVD 装置 2 チューブタイプ。
550°C での Si-Ge 系の選択エピタキシャル成長可能。

■ 常圧 CVD 装置

- 用途 热 CVD 法により SiO_2 、PSG、BSG の薄膜形成を行う。
- 性能 200~400°C での热 CVD 法 により、 SiO_2 、PSG、BSG を形成可能 (2チャンバー)。
バッチ内膜厚分布士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ティング装置(アネルバ EMR510 特)

Si 基板上の Si 系半導体のエッティングを行う。

SiO₂ 加工用ドライエッティング装置(アネルバ DEM-451 特)

Si 基板上の Si および SiO₂ のエッティングを行う。

メタル加工用ドライエッティング装置(アネルバ L-451DA-L)

Si 基板上の金属のエッティングを行う。

●性能

シリコン加工用ドライエッティング装置

Si 基板上の Si 系半導体のエッティングが可能(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 加工用ドライエッティング装置

Si および Si 基板上の SiO₂ のエッティングが可能 (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ティング装置

Si 基板上の金属のエッティングが可能 (RF 励起平行平板型)。

エッティング室用ガス: N₂、Ar、H₂、BCl₃、SiCl₄、Cl₂、CF₄、SF₆、O₂

アシング室用ガス: 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 (Al K α)

最小分析領域 150 μ m

最小パスエネルギー 25eV

最高エネルギー分解能 0.58eV (Ag 3d 5/2)

Kratos AXIS-NOVA

単色化X線源 (Al K α)

スペクトルモード: 最小分析領域 15 μ m

最小パスエネルギー 5eV

最高エネルギー分解能 0.48eV (Ag 3d 5/2)

イメージングモード: 最高空間分解能 3 μ m

■ 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

レーザ顕微鏡部

408nm 紫外半導体レーザスキャン方式

最大光学ズーム倍率 6 倍

観察視野 21~560m、最高ピクセル分解能 21nm

プローブ顕微鏡部

AFM(コンタクト、ダイナミック、位相)モード

表面電位モード

電流モード

磁気力モード

最大走査範囲(水平) 30 μ m × 30 μ m × (高さ) 4 μ m

最高制御分解能(水平) 0.45nm × (高さ) 0.06nm

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 3×10⁻⁶Pa(スパッタ室)
- アナライザー アジレント HP-4156C
 - 用途 トランジスタの電圧-電流特性等各種電子デバイスの電気特性の測定
 - 性能 高分解能電圧電流ソース・モニタ・ユニット(1fA/2 μV-100mA/100V) × 4
電圧測定ユニット × 2
電圧源ユニット × 2
- ボンダー ウェストボンド 7476D
 - 用途 集積化チップとパッケージ間の信号線配線
 - 性能 ワイヤー Al、Au
最大倍率 60倍の可変ズーム顕微鏡
始点・終点の超音波出力／発生時間の独立設定が可能
パッケージの加熱可能
- マスクアライナー カールズス MJB4
 - 用途 集積回路試作用フォトレジストパターンの形成
 - 性能 基板サイズ 5mm 角から最大4インチ角
マスクサイズ 2インチ角から5インチ角
紫外線露光照度 25mW/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: 3×10⁻⁶Pa 以下
- 热処理炉 東京エレクトロン
 - 用途 ゲート酸化膜、フィールド酸化膜の形成、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雰囲気中での熱処理が可能。
ヒータ加熱方式
600°C～1050°C: 4体
200°C～800°C: 2体

■ 金属蒸着装置

日本シード研究所 M95-0019

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

■ LSI テスター

HP9494

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

■ CAD システム

セイコー電子 SX-9000

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

■ 表面ナノ加工装置

日本ビーコ

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

■ 非接触段差・粗さ計測装置

レーザーテック

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

■ イオンビーム加工解析装置(FIB-SEM)

SII-NT NVision40(A)

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

■レーザー直接描画装置

ネオアーク

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

■ナノ立体加工装置(AFM)

エスアイアイ・ナノテクノロジー(株) SPA400

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

6－2 施設の利用状況(平成23年度)

平成23年度 ナノ・スピニ実験施設 利用登録状況

(平成24年3月31日まで)

ナノ・スピニ実験施設

	研究室名	利用責任者		人数
施設常駐 研究室	室田研	櫻庭政夫	室田教授 櫻庭准教授 (研究支援者) 千葉 (研究員) 村上 (研究生) 佐藤 (D3) 川島 (M2) 金澤 菊地 田丸 (M1) 阿部 (B4) 上野 中野 吉岡 林 張	15
	大野研	大野裕三	大野教授 松倉准教授 大野(裕)准教授 池田准教授 山ノ内助教 佐藤助教 (研究支援者) 岩沼 平田 森田 (研究員) 三浦 甘 山本 (PD) モーセンガーリ (D3) 小野 (D2) イノビオエライ (D1) 水沼 (M2) 石原 佐藤(啓) 小泉 鈴木 金井 (M1) 秋田 金子 (B4) 張 吉越 石川 木下教授 深見助教 (研究員) 陳	29
	庭野研	木村康男 平野愛弓	庭野教授 木村准教授 青沼助教 (研究支援者) モハト・M・ラフマン (D2) 馬 (D1) 小島 桜井 今津 岡田 木村 但木 西川 (M1) 張 小山内 官 (B4) 遠藤 モハト・ハワイズイ 飯野 陸 Chen Jiamin (研究員) 樋口 平野准教授 (PD) 野澤 (D2) 大嶋 (M2) 那須 (M1) 松本 手塚 (B4) 茂住 山田	29
	中島研	佐藤茂雄	中島教授 佐藤(茂)准教授 小野美助教 (M2) 片山 (B4) 高橋	5
	尾辻研	末光哲也	尾辻教授 末光准教授 (研究員) 鷹林 (D3) エル・ムヨーキル・アミン (M2) 吉田 鹿野 (M1) 福嶋 (B4) 小林 栗田	9
	枝松研	小坂英男	枝松教授 小坂准教授 三森准教授 (D6) 上野 (D3) 稲垣 (M1) 阿部 麼	7
	共通部	佐々木龍太郎	佐々木技術職員 目黒教育支援者 (研究補助員) 伊藤	3
連携 研究室	固体電子研	黒木伸一郎	鶴尾教授 黒木助教 (M2) 川崎 (M1) 松尾 (B4) 山口 矢部	6
	畠山研	金子俊郎	金子准教授 加藤助教 李助教 (D2) 趙 (M2) 永井 安久津 児玉 佐藤 (M1) 村越	9
	(多元研) 北上研	菊池伸明	菊地助教	1
	(理) 石原研	大野誠吾	(D2) 黒澤	1
	新田研	好田 誠	好田准教授 (D3) 国橋 (D1) 大杉 塩貝 野中 (M1) 長澤	6
	寒川研	久保田智広	(研究員) 林 (D2) 五十嵐	2
	安藤研	大兼幹彦	大兼准教授 永沼助教 (研究員) 井波 (技術職員) 佐藤 (D2) カーンモハマト (M1) イケティアル (B4) 猿山 イ・ソヨン 森廣	9
	藤本研	島津武仁	島津准教授 (研究員) 嶋峨 山田 片岡 三浦 畑山 稲葉 中田 井上 (研究員) 工藤 青野 石橋 小野 森谷	14
	田中研	田中 徹	(研究員) 佐藤 (D3) 木野 (M2) 中澤	3
	羽生研	夏井雅典	羽入教授 夏井助教 松本助教 (研究員) 鈴木 高子 (研究支援者) 松永 玉越	7
	遠藤研	大澤 隆	(研究支援者) 東 (技術専門職員) 村畠	2
	末光研	吹留博一	(D3) 鄭 (D1) 朴	2
	(多元研) 高桑研	小川修一	小川助教 (M1) 尾白 唐 楊 (B4) 西本	5
	石山研	桝 修一郎	桝准教授	1

合計 165

プロジェクト対応装置・研究室持込装置利用時間

プロジェクト対応装置・研究室持込み装置保守時間

平成23年3月1日から平成24年2月29日まで

6-3 ナノ・スピニ工学研究会

21世紀に求められる高度な情報通信の実現には、ナノテクノロジーに基づく材料デバイス技術からシステム構築までの総合科学が必要である。「ナノ・スピニ実験施設」は、この情報通信を支える総合科学技術の中の、ナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピニを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究を総合的・集中的に推進することを目的に、本研究所附属研究施設として平成16年4月1日に設置された。本研究会は、この施設を中心に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論議することを目的としている。平成23年度は、以下の講演会を実施した。

第52回 平成23年5月30日 13:00 - 14:00

「LSIの耐放射線強化技術（ソフトエラーとハードエラー）

—SOI-SoCの開発事例—」

廣瀬和之准教授（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所）

第53回 平成23年8月2日 13:30 - 14:30

「21世紀とシリコン結晶」

阿部孝夫（信越半導体）

第54回 平成23年11月30日 14:00 - 17:00

「Trends in terahertz plasma wave devices」

Assoc. Prof. Yahya Moubarak Meziani (Dept. Fisica Aplicada, Salamanca University, Spain)

第55回 平成23年12月14日

13:00 - 13:40

〔招待講演〕「InGaAs MOSFETの高電流密度化」

○宮本恭幸、米内義晴、金澤徹（東工大）

13:40 - 14:05

「InGaAs/InAs/InGaAsコンポジットチャネルHEMTに関するモンテカルロ計算～歪みInAsのバンド構造と2次元電子ガスのセルフコンシスティント解析の導入～」

○遠藤聰（NICT/富士通研）、渡邊一世（NICT）、三村高志（富士通研/NICT）

14:05 - 14:30

「薄層AlGaN障壁層を有するAlGaN/GaNヘテロ構造電界効果トランジスタの小信号および30GHzパワー特性～AlGaN障壁層薄層化の影響～」

○東脇正高（NICT/JST）、Yi Pei、Rongming Chu、Umesh K. Mishra（カリフォルニア大学サンタバーバラ校）

14:30 - 14:55

「ミリ波センサ用低雑音増幅器および検波器」

○佐藤優、高橋剛、鈴木俊秀、中舎安宏、原直紀（富士通研）

15:10 - 15:50

〔招待講演〕「RoF技術によるW帯超高速無線伝送」

○菅野敦史、久利敏明、寶迫巖、川西哲也（NICT）、吉田悠来、康村吉広、北山研一（阪大）

15:50 - 16:15

「140GHz帯パッシブイメージング用受信ICとアンテナ一体型サブアッセンブリ～小型パッシブイメージングシステムへ向けて～」

○小杉敏彦、杉山弘樹、松崎秀昭、村田浩一（NTT）

16:15 - 16:40

「広帯域アンテナ集積一体型三重障壁共鳴トンネルダイオードを用いたゼロバイアス

検波特性の非線形解析」

○高萩智、齊藤光史、須原理彦（首都大東京）

16:40 - 17:05

「アンテナ集積一体型共鳴トンネルダイオードの超高速変調動作の時間領域解析」

○板垣陽介、齊藤光史、須原理彦（首都大東京）

平成 23 年 12 月 15 日

09:00 - 09:40

【招待講演】「テラヘルツ撮像センサと可搬型カメラの開発」

○佐々木得人（NEC）

09:40 - 10:05

「位相シフト干渉法を用いたテラヘルツ 3 次元イメージング」

○佐々木芳彰（理研）、須賀真之、湯浅哲也（山形大）、春日博、大森整、大谷知行（理研）

10:05 - 10:30

「非対称二重回折格子状ゲート電極を有する InAlAs/InGaAs/InP HEMT を用いた超高感度プラズモンニックテラヘルツ波検出器」

○谷本雄大、Stephane Boubanga-Tombet、渡辺隆之（東北大）、Yuye Wang、南出泰亜、伊藤弘昌（理研）、Denis Fateev、Vyacheslav Popov（露科学アカデミー）、Dominique Coquillat、Wojciech Knap（モンペリエ第 2 大）、尾辻泰一（東北大）

10:45 - 11:10

「テラヘルツ及び赤外-紫外分光を用いた有機導電性高分子 PEDOT:PSS のキャリア輸送特性評価」

○山下将嗣、大谷知行（理研）、奥崎秀典（山梨大）

11:10 - 11:35

「グラフェンリボン格子における二次元プラズモンモードの観測」

○福嶋哲也（東北大）、シリビア チャン（ペンシルバニア大）、ステファン ボウバンガ トムベット（東北大）、ビクトール リズィー（会津大）、ヴィチェスラフ ポポフ（ロシア科学アカデミー）、尾辻泰一（東北大）

13:00 - 13:40

【招待講演】「テラヘルツ量子カスケードレーザの進展と今後の展望」

○平山秀樹、寺嶋亘、林宗澤（理研）

13:40 - 14:05

「光学励起グラフェンのテラヘルツ誘導增幅放出」

○渡辺隆之、ステファン ボウバンガ トムベット、福嶋哲也、佐藤昭、尾辻泰一（東北大）、ヴィクトール リズィー（会津大）

14:05 - 14:30

「高強度サブ 10fs パルスによる 200THz におよぶ超ブロードバンド赤外光発生」

○松原英一、永井正也、芦田昌明（阪大）

14:30 - 14:55

「注入同期 KTP-OPG 励起光源を用いた広帯域波長可変テラヘルツ波光源」

○繩田耕二、野竹孝志、川俣大志、松川健、チー フェン、南出泰亜（理研）

15:10 - 15:50

【招待講演】「テラヘルツ波帯無線システムの動向と将来像について」

○矢板信、ソン ホジン、味戸克裕、久々津直哉、相原公久（NTT）

15:50 - 16:15

「IEEE 802.15 Terahertz Interest Group (IGthz) におけるテラヘルツ波通信機器の標準化動向について」

○味戸克裕、ソン ホジン、矢板信、久々津直哉（NTT）、笠松章史、寶迫巖（NICT）

第 56 回 平成 24 年 2 月 29 日

13:35 - 14:25

【通研講演会】「アノード酸化にもとづく規則ナノ構造の形成と機能的応用」

- 益田秀樹教授（首都大学東京都市環境学部/KAST）
14:25 - 15:15
「金属酸化物の光触媒への応用」
- 立間 徹教授（東京大学生産技術研究所）
15:15 - 15:40
「酸化物単結晶表面の構造制御とバイオ応用」
- 荻野俊郎教授（横浜国立大学電子情報工学科）
16:00 - 16:25
「陽極酸化 TiO₂ ナノチューブ膜のガスセンサへの応用」
- 木村康男准教授（東北大学電気通信研究所）
16:25 - 16:50
「原料ガス励起原子層堆積法を用いたゲート酸化膜の室温形成」
- 廣瀬文彦教授（山形大学大学院理学研究科）
16:50 - 17:15
「有機太陽電池の光伝搬解析と反射防止構造の設計」
- 久保田繁、廣瀬文彦（山形大学大学院理学研究科）

The 9th RIEC International Workshop on Spintronics

May 31 – June 2, 2012

Research Institute of Electrical Communication (RIEC)
Tohoku University, Sendai, Japan



Venue

Conference Room, Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics,
Research Institute of Electrical Communication (RIEC), Tohoku University
2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai 980-8577, Japan ([Access](#))

Invited Speakers (confirmed)

David D. Awschalom (UCSB)	Daichi Chiba (Kyoto Univ.)
Tomasz Dietl (IFPAN)	Andrew J. Ferguson (Univ. Cambridge)
Kohei M. Itoh (Keio Univ.)	Vincent Jeudy (Univ. Paris Sud)
Paul J. Kelly (Univ. Twente)	Makoto Kohda (Tohoku Univ.)
Sang Ho Lim (Korea Univ.)	Yoshio Miura (Tohoku Univ.)
Yuzo Ohno (Univ. Tsukuba)	Yoshichika Otani (Univ. Tokyo)
Hideo Sato (Tohoku Univ.)	Yoshishige Suzuki (Osaka Univ.)
Seigo Tarucha (Univ. Tokyo)	Evgeny Tsymbal (Univ. Nebraska)
Dieter Weiss (Univ. Regensburg)	Jianhua Zhao (Chinese Acad. Sci.)

Abstract Submission for Poster Presentations

A poster session will be held in the afternoon on **June 1 (Friday), 2012**.

Prospective authors are required to prepare their abstracts according to the following guidelines:

Abstract guidelines

(PDF file: 54kB)

Abstract sample

(Word file: 61kB)

The abstract must be submitted via e-mail to: spin_2012@riec.tohoku.ac.jp

by **May 11, 2012**.

Registration:

Those who are willing to attend the Workshop must be registered.

The registration fee for attending the Workshop is **free**.

Please send the filled registration form to: spin_2012@riec.tohoku.ac.jp

by **May 25, 2012**

[Registration form](#)

[Registration form](#)

(PDF file: 8kB)

(Word file: 37kB)

Banquet:

The banquet will be held in the evening on **June 1 (Friday), 2012**.
 The banquet fee (5,000 JPY) must be paid by cash (only JPY is available)
 at the registration desk.

Organizing Committee

Kohei M. Itoh (Keio Univ.), Hiroshi Katayama-Yoshida (Osaka Univ.),
 Yasuo Ando, Gerrit E. W. Bauer, Fumihiro Matsukura, Junsaku Nitta,
 Hideo Ohno, Masafumi Shirai (Tohoku Univ.)

Local Committee

Makoto Kohda, Fumihiro Matsukura, Yoshio Miura, Masafumi Shirai,
 Michihiko Yamanouchi (Tohoku Univ.)

Secretariat

Noriko Sato

Research Institute of Electrical Communication (RIEC), Tohoku University
 2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai 980-8577, Japan

Sponsored by

Research Institute of Electrical Communication (RIEC), Tohoku University

In corporation with

Center for Spintronics Integrated Systems (CSIS), Tohoku University

The workshop is organized in close collaboration with
 "4th International Workshop on Spin Caloritronics",

which will be held on June 2 - 5, 2012 at the Institute of Materials Research (IMR), Tohoku University.

For more details, please refer the following web site:

URL: <http://www-lab.imr.tohoku.ac.jp/~spincaloritronics4/>

(Updated on April 11, 2012)



RIEC
Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University

3rd International Workshop on Nanostructures & Nanoelectronics

Organized by

**Research Institute of Electrical Communication
Tohoku University**

March 21-22, 2012

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

3rd International Workshop on Nanostructure & Nanoelectronics

Date: March 21-22, 2012

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

Organizer:

Michio Niwano

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

Yasuo Kimura

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

Program

March 21 (Wednesday)

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

13:30~13:35 Opening

M. Niwano (Tohoku University, Japan)

(Chair: Y.Kimura)

13:35~14:25 Self-organized Oxide Structures (Nanotubes, Channels, Sponges): Formation and Applications

Patrik Schmuki (University of Erlangen Nuremberg, Germany)

14:25~15:15 Functional Device Applications of Nanosilicon

Nobuyoshi Koshida (Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan)

15:15~15:30 Coffee break

15:30~16:20 Superconductivity of heavily boron-doped diamond and its application to SNS Josephson device

H. Kawarada, R. Nomura, S. Kurihara, R. Kanomata (Waseda University, Japan)

16:20~17:10 Quantum Nano Memory using Nano Carbon Material

Kazuhiko Matsumoto (Osaka University, Japan)

17:10~17:30 Room-temperature SiO₂ ALD with TDMAS and plasma-excited water vapor

F. Hirose, M. Degai, K. Kanomata, K. Momiyama (Yamagata University, Japan)

PROGRAM CHANGE

March 22 (Thursday)

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

(Chair: T. Ogino)

9:30~10:20 Novel Devices Structures Using Carbon Based Micro and Nano Electromechanical Systems

SangWook Lee (Konkuk University, Korea)

10:20~10:40 Graphene growth and functionalization based on diffusion plasma reactions

R. Hatakeyama and T. Kato (Tohoku University, Japan)

10:40~11:30 Understanding the structure, dynamics and reactions in semiconductor nanostructures using x-ray excited optical luminescence

Richard A Rosenberg (Argonne National Laboratory, USA)

11:30~13:00 Lunch

(Chair: T. Tanii)

(Cancelled) Nanowire based photonics

S. Blaize, A. Bruyant, R. Salas Montiel, C. Couteau, A. Vial and G. Lerondel (University of Technology of Troyes, France)

13:00~13:40 Chemical Assembly of Molecular and Nanoparticle Interfaces to Semiconductor Surfaces

Rose E. Ruther, Allison C. Cardiel, Michelle C. Benson, Lee M. Bishop, Kacie M. Louis, Joseph C. Yeager, Yizheng Tan, Matthew L. Rigsby, James B. Gerken, Adam Powell, and Robert J. Hamers (University of Wisconsin, USA)

13:40~14:00 Structural control of single-crystalline metal oxide surfaces toward bioapplications

Toshio Ogino (Yokohama National University, Japan)

14:00~14:20 Collective plasmon mode excited on multi-dimensionally assembled metallic nanoparticles

Kaoru Tamada (Kyushu University, Japan)

14:20~14:40 Fabrication of a micro gas sensor using an anodic titanium oxide nanotube film

Yasuo Kimura (Tohoku University, Japan)

14:40~14:55 Coffee break

(Chair: K. Tamada)

- 14:55~15:15 Effect of the porous titanium/aluminum composite counter on dye-sensitized solar cells
Mohammad M. Rahman, R. Kojima, M. El Fassy Fihry, Y. Kimura, and M. Niwano
(Tohoku University, Japan)
- 15:15~16:05 On-chip devices for functional cell-chip coupling
Enno Kätelhön, Philipp Rinklin, Alexey Yakushenko, Boris Hofmann, Manuel Schottdorf, Martin Hüске, and Bernhard Wolfrum (Forschungszentrum Jülich GmbH, Germany, JARA – FIT, Germany)
- 16:05~16:25 Fabrication of Artificial Neuronal Circuit by In-Situ Guidance of Individual Neurites Using Photocatalytic Decomposition of Organosilane Monolayer
Takashi Tanii¹, Takanori Demura¹, Mayu Morita¹, Hideaki Yamamoto², and Shun Nakamura² (¹Waseda University, Japan, ²Tokyo Univ. of Agriculture and Technology)