

ISSN 1881-3356

Research Report No. 4

Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics

Research Institute of Electrical Communication

Tohoku University

東北大学電気通信研究所附属

ナノ・スピン実験施設

研究報告書 第4号

2009

施設研究報告書 2009

目次

1.	施設の概要	1
2.	施設の組織	3
3.	平成 20 年度の研究成果のハイライト	4
4.	施設の活動	15
4-1	国際研究拠点形成	15
4-2	国際シンポジウム	16
5.	研究成果（平成 20 年度）	21
●	室田・櫻庭研究室（ナノヘテロプロセス研究部）	23
●	大野・大野・松倉研究室（半導体スピントロニクス研究部）	37
●	庭野研究室（ナノ分子デバイス研究部）	53
●	中島・佐藤研究室（知的ナノ集積システム研究部）	72
●	枝松・小坂研究室（量子光情報工学研究分野）	94
●	長谷川客員教授・池田研究室（ナノスピンメモリ研究部）	109
●	尾辻・末光研究室（超ブロードバンド信号処理研究分野）	123
●	水野客員研究室（ブロードバンド通信基盤技術研究分野）	147
●	坪内研究室（先端ワイヤレス通信技術研究分野）	163
●	石山研究室（生体電磁情報研究分野）	172
●	高橋・角田・斎藤研究室（電子工学専攻電子物理工学分野）	188
●	山口・遠藤研究室（電気・通信工学専攻電磁理論分野）	198
●	佐橋・土井研究室（電子工学専攻超微細電子工学講座）	214
●	伊藤(隆)・小谷研究室（電子工学専攻固体電子工学分野）	215
●	畠山・金子研究室（電子工学専攻プラズマ基礎工学分野）	232
●	山田・大寺研究室（電気・通信工学専攻光波物理工学分野）	249
●	大見研究室（未来科学技術共同研究センター）	250
●	安藤研究室（応用物理学専攻スピンエレクトロニクス分野）	255
●	川崎研究室（金属材料研究所超構造薄膜化学研究部門）	268
●	新田研究室（知能デバイス材料学専攻量子材料物性学分野）	278
●	北上研究室（多元物質科学研究所多元設計研究部門電磁機能設計研究分野）	295
●	石原研究室（理学研究科物理学専攻光物性物理研究室）	300
●	小柳・田中研究室（医工学研究科医用ナノシステム工学研究分野）	310
●	羽生研究室（新概念 VLSI システム研究部）	333
●	岩佐研究室（金属材料研究所低温電子物性学研究部門）	340
●	藤本・青井客員・島津技術開発室（IT21 センター研究開発部ストレージ分野）	341
●	末光研究室（固体電子工学研究分野）	349
●	遠藤研究室（学際科学国際高等研究センター/知能システム研究分野）	356
6.	参考資料	373
6-1	施設のクリーンルームと装置の概要	375
6-2	ナノ・スピン実験施設の利用について	384
6-3	施設の利用状況（平成 20 年度）	385
6-4	ナノ・スピン工学研究会	390
	国際シンポジウムプログラム	391

Annual Research Report 2009

Table of Contents

1.	Outline of LNS	1
2.	Organization	3
3.	Highlights of Research in FY2008	4
4.	Global Activities	15
4 – 1	COE of International Research Collaboration	15
4 – 2	International Symposium	16
5.	Research Abstracts	21
	●J. Murota and M. Sakuraba's Group	23
	●H. Ohno, Y. Ohno, and F. Matsukura's Group	37
	●M. Niwano's Group	53
	●K.Nakajima and S.Sato's Group	72
	●K.Edamatsu and H.Kosaka's Group	94
	●H.Hasegawa and S.Ikeda's Group	109
	●T.Otsuji and T.Suemitsu's Group	123
	●K.Mizuno's Group	147
	●K.Tsubouchi's Group	163
	●K.Ishiyama's Group	172
	●M.Takahashi, M.Tsunoda and S.Saito's Group	188
	●M.Yamaguchi and Y.Endo's Group	198
	●M.Sahashi and M.Doi's Group	214
	●T.Ito and K.Kotani's Group	215
	●R.Hatakeyama and T.Kaneko's Group	232
	●H.Yamada and Y.Otera's Group	249
	●T.Ohmi's Group	250
	●Y.Ando's Group	255
	●M.Kawasaki's Group	268
	●J.Nitta's Group	278
	●O.Kitakami's Group	295
	●T.Ishihara's Group	300
	●M.Koyanagi and T.Tanaka's Group	310
	●T.Hanyu's Group	333
	●Y.Iwasa's Group	340
	●K.Fujimoto ,H.Aoi and T.Shimatsu's Group	341
	●M.Suemitsu's Group	349
	●T.Endo's Group	356
6.	Miscellaneous	373
6 – 1	Facilities and Equipments	375
6 – 2	To Be an LNS User	384
6 – 3	Statistics	385
6 – 4	Nano-Spin Seminar Series	390
	Program of International Symposium	391

1. 施設の概要

Outline of LNS



東北大学電気通信研究所附属
ナノ・スピン実験施設長
教授 **大野 英男**

「ナノ・スピン実験施設」は、本研究所附属研究施設として平成16年4月1日に設置されました。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ります。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」によって整備されましたナノ・スピン総合研究棟とその主要設備を用いて、本研究所および本所と密接な関係にある本学電気・情報系の各研究分野と共にナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピンを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究開発を進め、さらに全国そして世界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します。

現在、ナノ・スピン総合研究棟では、「ナノ・スピン実験施設」の4研究部、すなわちナノヘテロプロセス研究部、半導体スピントロニクス研究部、ナノ分子デバイス研究部、ナノスピンメモリ研究部と、施設共通部、さらに知的ナノ集積システム研究部、量子光情報工学研究分野及び超ブロードバンド信号処理研究分野が入居し連携して研究を進めています。

ナノヘテロプロセス研究部では、Siの物性限界・微細化限界を超えて電荷を究極制御するために、表面・界面が原子精度で制御されたナノヘテロIV族半導体製作技術とナノ立体加工技術の確立と同時に、原子精度ナノヘテロデバイス製作プロセスの構築を目指しています。

半導体スピントロニクス研究部では、スピンをを用いた演算・記憶・伝送機能のデバイス化、スピンをを用いた量子情報処理機能の探索、量子構造における赤外・テラヘルツレーザ光発生、を中心に電荷・スピンの自由度を用いた情報通信機能の実現を目指しています。

ナノ分子デバイス研究部では、超分子、有機半導体やDNAなどの生体分子など、電子や光に多様に応答する分子を活用した新たな分子デバイスの開発や、分子認識をベースとした生体情報を物理信号に変換する生体分子情報処理デバイスの開発を行っています。

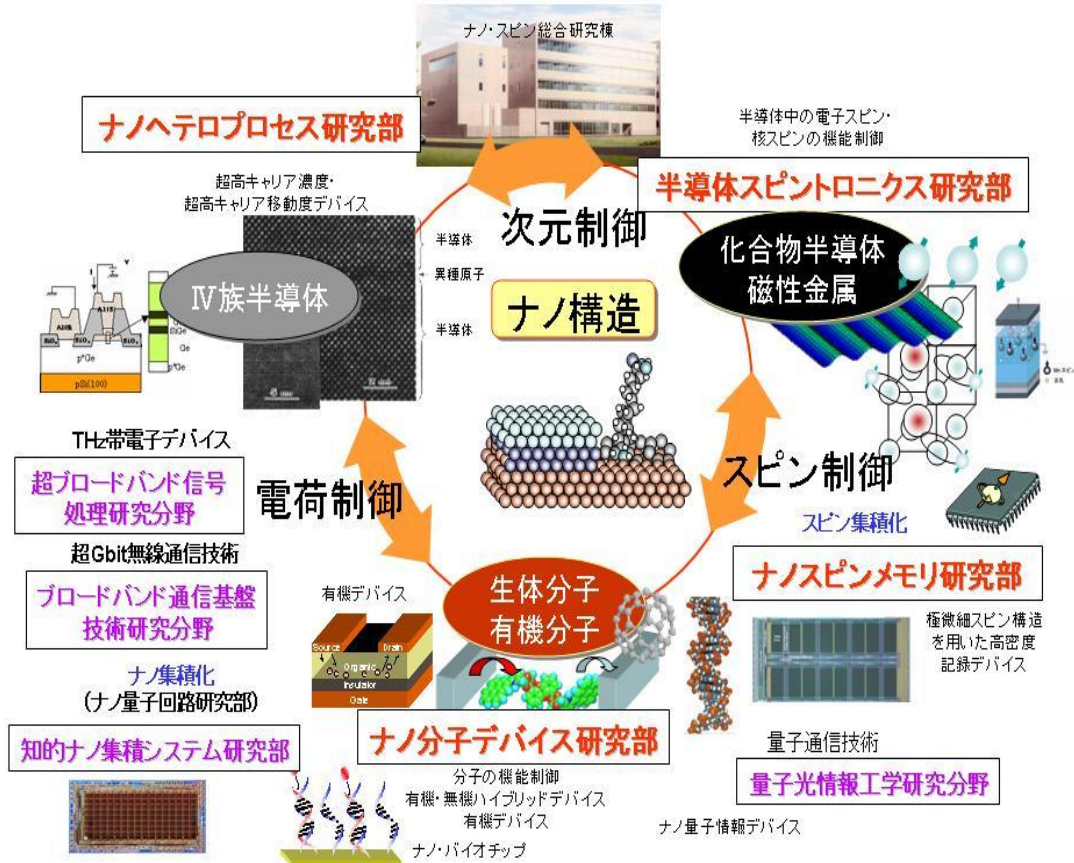
ナノスピンメモリ研究部では、大容量不揮発スピンメモリを実現するために必要な、スピン材料技術、ナノプロセス技術、スピンドバイス技術、ナノスピンメモリ回路構成技術の研究開発を行っています。

今後、ナノ量子回路研究部を整備する予定です。

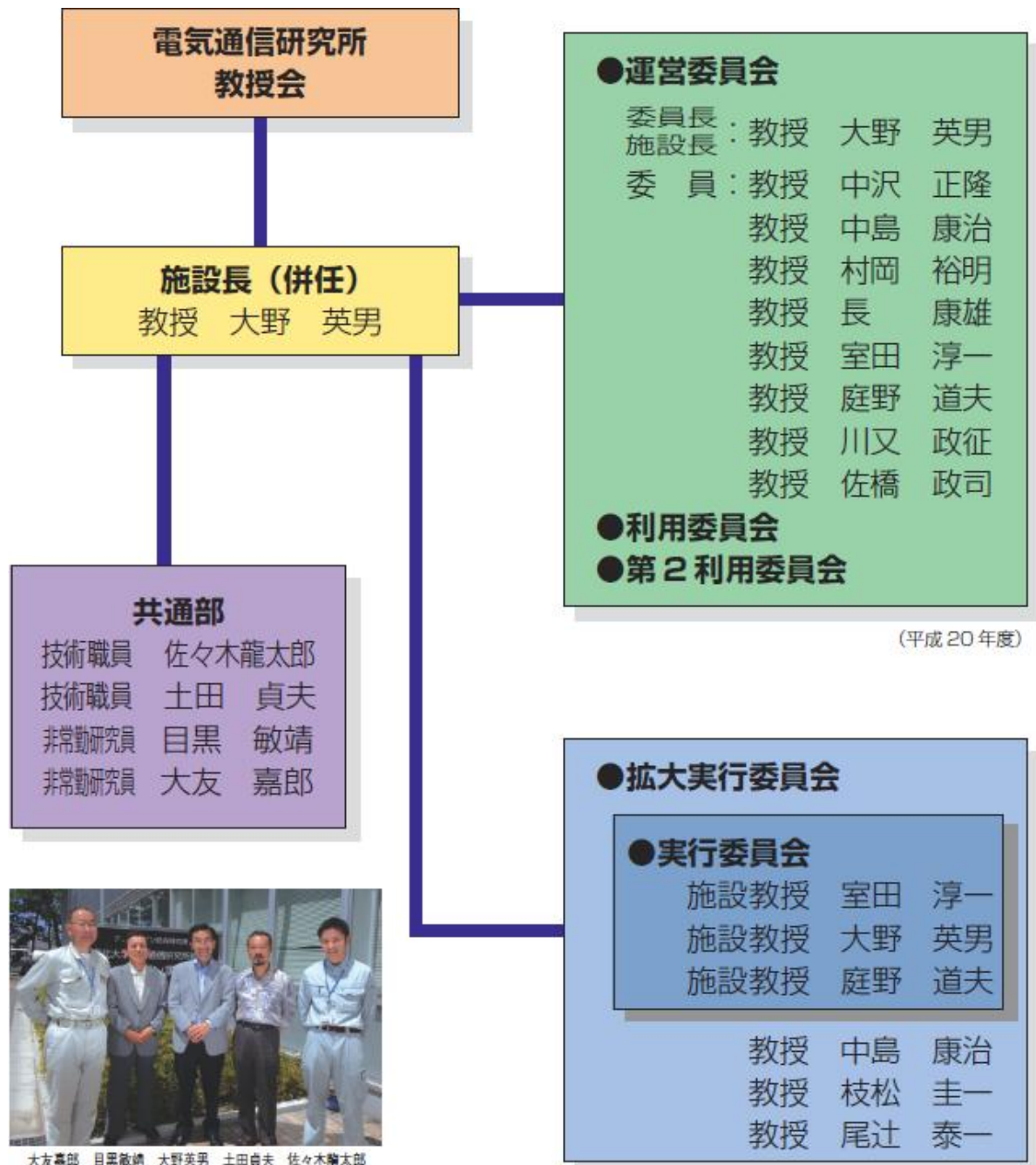
これらの陣容で、上記基盤技術を創生し、ナノエレクトロニクス・スピントロニクスにおける世界のCOE となることを目標に活動しています。全国の関連研究者の方々の更なるご支援・ご協力を心からお願い申し上げます。

ナノ・スピン実験施設

～情報通信を支えるナノ・スピン基盤技術の創成～



2. 施設の組織 Organization



3. 平成 20 年度の研究成果のハイライト

Highlights of Research in FY2008

施設研究部と利用研究室の平成 20 年度の研究成果のハイライトを記します。

● 室田・櫻庭研究室 (ナノヘテロプロセス研究部)

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標として研究を進め、以下の成果を得た。(1) 高キャリア濃度原子層ドーピングの研究において、熱 CVD における B クラスタ形成抑制のための低温 SiH_4 処理が、B の電氣的活性化率の向上と Si 格子歪の抑制に有効であることを明らかにした。(2) 基板非加熱プラズマ CVD による表面反応プロセス低温化の追求により、Si エピタキシャル薄膜への B 原子層ドーピングに成功した。(3) 局所歪導入 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ ナノヘテロ構造形成の研究において、低温熱 CVD による表面熱窒化制御とその上への $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 薄膜形成制御を行い、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ エピタキシャル薄膜への N 原子層ドーピングを可能とした。(4) プラズマイオンエネルギー制御によって歪緩和促進を図った Ge 薄膜基板を用いることにより、高度歪 Si エピタキシャルナノ薄膜形成が可能であることを示した。

In order to create atomically controlled processing for nanometer-order artificial heterostructures of group IV semiconductors, following experimental results have been obtained: (1) In the research on atomic-layer doping with high carrier concentration, low-temperature SiH_4 exposure to suppress B clustering in thermal CVD is effective to improve electrical activity and to suppress lattice strain in Si. (2) By lowering process temperature utilizing plasma CVD without substrate heating, B atomic-layer doping in Si epitaxial growth. (3) In the research on formation of local-strain introduced $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}$ nanometer-order heterostructure, by control of thermal nitridation and $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ film formation using low-temperature thermal CVD, N atomic-layer doping in $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ epitaxial growth can be realized. (4) Using the Ge thin film substrate with strain relaxation enhancement by ion-energy control in plasma CVD, formed by plasma CVD, nanometer-order thick highly strained Si can be epitaxially grown.

● 大野・大野・松倉研究室 (半導体スピントロニクス研究部)

Semiconductor Spintronics (H. Ohno, Y. Ohno, and F. Matsukura)

電子の電荷とスピンを使う半導体スピントロニクス基盤技術の確立とその展開を目指して研究を進め、以下の成果を得た。(1) 強磁性半導体 (Ga, Mn)As 薄膜において電界印加による純粋的に電氣的手法での磁気異方性の変調とそれに伴う磁化回転の観測に世界で初めて成功した。(2) GaAs/AlGaAs 量子井戸構造中のスピン 3/2 の ^{75}As を対象に、量子ゲート操作に用いられる多重 NMR パルス列を印加し、NMR スペクトルの光検出を行って多準位核スピン系の位相制御を検証した。(3) GaAs テラヘルツ量子カスケードレーザの発振に成功した。また、温度特性などの面で高性能化が期待できる ZnO 量子井戸構造において世界に先駆けてサブバンド間光学遷移を観測した。

Our research activities focus on the establishment of the fundamental technologies for future spintronic devices. The outcomes in the last fiscal year are following. (1) We demonstrated the modulation of magnetic anisotropy in a (Ga,Mn)As thin film by purely electrical means, e.g., by the application of electric-fields. (2) We demonstrated phase coherence control of spin-3/2 ^{75}As nuclei with multipulse NMR sequences in a GaAs/AlGaAs quantum well by optically-detected nuclear magnetic resonance (NMR). (3) We demonstrated the operation of terahertz (THz) GaAs quantum cascade lasers emitting at 3.8 THz. We also observed intersubband optical transitions in ZnO-based quantum wells for the first time.

● 庭野研究室 (ナノ分子デバイス研究部)

Nano-Molecular Devices (M. Niwano)

①アルミニウム細線の陽極酸化過程に及ぼす細線の断面構造の影響を調べた。その結果、アルミニウム細線のアスペクト比が陽極酸化過程に大きな影響を与えており、そのアスペクト比によって陽極酸化過程を制御することが可能であることがわかった。また、その制御された陽極酸化過程を利用して単電子トランジスタを作製し、それが室温で動作することを確認した。②半導体微細加工技術を用いて作製した微細孔を用いることにより、機械的耐久性に優れた人工細胞膜を作製することに成功した。また、その膜中にチャネルペプチドを埋め込み、シングルイオンチャ

ネル電流を観測することに成功した。③赤外吸収分光法を用いてミトコンドリアでの ATP の生成や分解を非標識かつリアルタイムにて観察することに成功した。

① We investigated the dependence of anodization process of an aluminum microwire on its cross-sectional structure. The anodization process of an aluminum microwire depended strongly on the aspect ratio of the cross-sectional profile of the aluminum microwire. ② Single electron transistors (SETs) were fabricated by controlling anodization process of the aluminum microwire and we demonstrated that the SET fabricated by anodization process can operate at room temperature. ② Planar bilayer lipid membranes (BLMs) were formed in microfabricated apertures in Si chips. We have succeeded in preparing BLMs which are stable enough for repetitive solution exchanges and allow current recordings at the single-channel level. ③ We have applied our surface infrared spectroscopic method for *in situ* real-time monitoring of ATP synthesis and hydrolysis in mitochondria extracted for rat livers.

●中島・佐藤研究室（知的ナノ集積システム研究部）

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

(1) 高次シナプス結合を持つ逆関数遅延ニューロンモデルにより、N-Queen 問題と同様に巡回セールスマン問題の正解を静止状態にできることを明らかにした。またポテンシャルとアクティブ領域の新概念を用いた非線形ダイナミクスの解析法も提案した。(2) 高温超伝導体 Bi2212 固有ジョセフソン接合において、共鳴励起特性における Q 値を評価しラビ振動観測に必要な条件を見出した。ニューロ的手法を用いた量子計算アルゴリズムでは、デコヒーレンスと計算能力の関係について数値シミュレーションで評価した。デコヒーレンスに比例して計算能力は劣化するものの、他の量子アルゴリズムに比べ劣化が顕著でないことを確認し、本手法の新たな優位性を示した。(3) 磁束量子高速フーリエ変換用の演算回路高速化を目的とした、桁上げ先見加算器を利用した 4 ビット並列乗算器ユニットの Nb 集積回路による動作実証に成功した。ストカスティック論理ニューロ演算では、4 ビットの高速アップダウンカウンタの集積化とその動作実証に成功した。

(1) By using high-order synapses for an inverse function delayed neural network, we demonstrated that an optimal solution for the traveling salesman problem is obtained as a stationary state similar to the N-Queen problems. Furthermore, we have also proposed a new analysis for nonlinear dynamics, in which a new concept based on the relationship between a potential and an active region is introduced. (2) We evaluated the quality factor of a Bi-2212 intrinsic Josephson junction from its resonant activation property, and found the required condition for observing Rabi oscillation. We studied numerically the computational power of our neuromorphic quantum computation algorithm as a function of the magnitude of decoherence. The result shows that the computational power decreases in proportion to decoherence, but the degradation is smaller than other quantum algorithms. (3) A 4-bit parallel multiplier using a carry look-ahead adder was demonstrated successfully with Nb integrated circuits to improve the performance of high-speed operation for the single flux-quantum fast Fourier transform. A 4-bit high-speed up/down counter for the neural computation using stochastic logic was fabricated and successfully demonstrated.

●枝松・小坂研究室（量子光情報工学研究分野）

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

1. 光ファイバにおける単一光子レベルでの光学非線形性の測定
光子間の量子状態制御は、量子情報通信において本質的に重要な要素である。本研究分野では、フォトニック結晶ファイバを用いて、単一光子レベルの光によって誘起される光カー効果の測定に世界で初めて成功した（Nature Photonics 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、単一光子がもつ偏光の量子情報を電子スピンへと転写する量子メディア変換素子の開発を進めている。本年度は、g 因子を制御した半導体量子井戸を用い、光によって書き込んだ電子スピンのコヒーレンス状態を再度光によってトモグラフィ的に読み出すことに世界で初めて成功した（Nature 誌に発表）。

1. Investigation of optical nonlinearities at a single-photon level is essential in realizing quantum info-communication technology. We have succeeded in measuring the optical Kerr nonlinearity at the single-photon level in a photonic crystal fiber.

2. We are developing a quantum media converter from a single photon to a single electron spin to realize a quantum repeater, which is expected to extend the transmission distance of quantum info-communication. We have achieved optical spin state tomography of optically injected electrons in a semiconductor.

●長谷川客員教授・池田研究室（ナノスピメモリ研究部）
Nanospin Memory (H.Hasegawa and S.Ikeda)

トンネル磁気抵抗（TMR）素子の高出力化、スピン注入磁化反転書込み技術、スピメモリ・ロジックの開発を進め、以下の成果を得た。(1) CoFeB(001)/MgO(001)/CoFeB(001) 高結晶配向 TMR 素子において室温 604% (低温 1144%) の世界最高の TMR 比が観測された。(2) この高出力 TMR 素子技術を応用した積層フェリ自由層 TMR 素子の CoFeB 組成を Fe-rich にすることで書込み電流が低減できた。(3) 0.14 μ m-CMOS 回路上への TMR 素子の形成プロセスを開発した。(4) これによりスピン注入磁化反転書込み TMR 素子を用いたロジックインメモリ・リコンフィギャラブルロジック等の基本回路の世界初の動作実証がなされた。

We are developing technologies to realize advanced spin memory and logic devices using magnetic tunnel junctions (MTJs) consisting of ferromagnetic metal electrodes and insulating barriers. In our group, the following results were obtained: 1) The TMR ratios of 604% at RT and 1144% at 5K (world record) were realized in MgO-based MTJs. 2) The use of SyF free layer consisting of Fe-rich CoFeB ferromagnetic layers resulted in low intrinsic critical current density (J_{c0}) without degrading the thermal-stability factor $E/k_B T$. 3) We developed fabrication process of magnetic tunnel junction (MTJ) on circuits based on 0.14 μ m node CMOS technology. 4) Operations of the world's first nonvolatile full adder based on logic-in-memory architecture, standby-power-free compact ternary content-addressable memory, and reconfigurable logic block employing the spin-transfer torque writing method were verified.

●尾辻・末光研究室（超ブロードバンド信号処理研究分野）
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、シリコン基板にエピタキシャル成長したグラフェン（末光眞希教授提供）を用いてバックゲート型 FET をナノ・スピン実験施設で試作し、トランジスタ動作の観測に初めて成功した。第二に、半導体 2 次元プラズモン共鳴を利用した独自構造によるテラヘルツ帯エミッターの自励発振原理を解明するとともに、本素子を用いて水蒸気や糖類のテラヘルツ帯分光計測を初めて実現した。

The goal of our research is to explore the terahertz frequency range by means of novel electron devices and systems. Graphene has mass-less carriers and their peculiar characteristics are expected to be useful as a candidate to realize such systems. Using an epitaxial graphene formed on silicon substrates provided by Prof. Suemitsu's group, we have fabricated a backgate transistor and confirm the drain current modulation by a gate bias voltage. We have also developed a terahertz spectroscopy system using 2D-plasmon-resonant terahertz-wave emitters based on compound semiconductor heterostructures.

●水野客員研究室（ブロードバンド通信基盤技術研究分野）
Basic Technology for Broadband Communication (K.Mizuno)

本研究室では、ミリ波帯パッシブイメージングシステムの開発を行っている。当該年度には、35 GHz 帯のシステムについて、先ずミリ波光学系に関して考察を加え、システム実用化に必要な被写界深度に対して必要な知見を得た。また、7 X 7 のイメージングアレイを組み上げ、ミリ波像の動画取得に成功した。

In this section the development of passive millimeter wave imaging systems is being carried on. In 2008, millimeter-wave optics for 35 GHz-band imaging system have successfully been studied to obtain useful data including depth of field for practical systems. A 35 GHz-band 7 x7 imaging array for getting millimeter wave movie with 2 frames/sec has also been developed.

●坪内研究室（先端ワイヤレス通信技術研究分野）

Wireless Info Tech (K.Tsubouchi)

5GHz 帯広帯域無線通信移動端末用 RF (radio frequency) フィルタと、低位相雑音発振器の実現を目指し、BAW (bulk acoustic wave) デバイスの研究開発を行った。MO-CVD (metalorganic chemical vapor deposition) 法で成膜した高品質 AlN 膜を用いて、FBAR (film bulk acoustic resonator) の試作・評価を行った。また、FBAR 単体の共振器特性解析をシミュレーションにより行った。

For realizing radio frequency (RF) filter and oscillator of 5-GHz-band broadband wireless terminal, we have developed bulk acoustic wave (BAW) device. Film AlN was manufactured using metalorganic chemical vapor deposition (MO-CVD) method. Using the manufactured AlN, film bulk acoustic resonator (FBAR) was developed. We have evaluated characteristics of FBAR with computer simulation.

●石山研究室（生体電磁情報研究分野）

Electromagnetic Bioinformation Engineering (K.Ishiyama)

生体情報を取得するために必要な超高感度歪みセンサの開発を遂行している。平成 20 年度はこのセンサの高感度化のために必要な磁歪薄膜の内部残留応力制御に関する検討を行い、その結果、感度が高いことで知られている半導体ひずみゲージに比べて一桁以上高い感度が得られることを実験的に確認した。このセンサに対してこれまで磁界センサ開発研究においてすでに明らかにした異方性制御技術を適用することによりさらなる高感度化が期待できる。

We study about a high accuracy strain sensor for detecting the bio-information. In the year 2008, the research work about the internal residual stress of the magnetic materials for this sensor was carried out to obtain the high accuracy. As the result, the experimentally obtained accuracy was one-order higher than the high accuracy semi-conductor strain gage. By using the technique for controlling the magnetic anisotropy as we already established in the magnetic field sensor, the accuracy of this sensor will be improved.

●高橋・角田・斎藤研究室（電子工学専攻電子物理工学分野）

**Electronic Physics Engineering, Department of Electronic Engineering
(M.Takahashi, M.Tsunoda and S.Saito)**

次世代ハードディスク装置(HDD)の面記録密度を 1Tbit/inch²以上にまで高めるために磁気抵抗薄膜へ要求される技術要素は、強磁性トンネル接合の更なる低抵抗化と高出力化、ならびに磁化固定層安定化である。前者に関して、MgO トンネルバリア層の結晶化促進プロセスを新しく導入することで $RA : 2.1 \Omega \mu m^2$, TMR 変化率 : 210 % という世界最高の特性を確認した。さらに(001)面配向制御下地層材料の工夫により、インバース TMR 変化率の向上(絶対値増大)を確認した。後者に関しては交換磁気異方性エネルギーの増大指針を見出すための初期検討として、反強磁性薄膜と交換結合した強磁性薄膜の強磁性成分を、光電子顕微鏡 (PEEM) を用いて観察し、強磁性薄膜の磁区構造と交換磁気結合との相関を明らかとした。

For high areal density HDD (Hard Disk Drive) over 1 Tbit/inch², achievement of further low RA product, high magnetoresistance ratio and stable magnetization of pinned layer in tunnel magnetoresistance devices are required. Regarding the former requirement, RA product of $2.1 \Omega \mu m^2$ and TMR ratio of 210 % were successfully obtained by employing a novel fabrication process to promote a MgO tunnel barrier crystallization. And inverse TMR effect could be enhanced using epitaxial Cu under layer. Regarding the latter requirement, ferromagnetic component which has exchange coupling with antiferromagnet was observed using PEEM technique as a preliminary study on the design for enhancement of exchange anisotropy. As a result, correlation between exchange filed and domain structure of ferromagnetic layer in Mn-Ir / Co-Fe bilayers are experimentally clarified.

●山口・遠藤研究室（電気・通信工学専攻電磁理論分野）

**Electromagnetic Theory, Department of Electrical and Communication Engineering
(M.Yamaguchi and Y.Endo)**

複合構造を有する Fe 微粒子と、Ni-Fe 薄膜の高周波数帯 (GHz 帯) デバイスへの応用を検討し、以下の知見を得た。複合構造を有する Fe 微粒子に関しては、複合構造では初透磁率の領域におい

て反磁界が著しく低減され、微粒子本来の初透磁率を実現できることを Fe の微粒子で検証した。この複合効果をより高い初透磁率を有する $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ とアモルファス Fe-Si-B-Cr で確認した。これらの結果と球体の渦電流の計算から、GHz 帯で利用する微粒子材料には、サブ μm サイズの微粒子が必要であることを明らかにした。一方、Ni-Fe 薄膜に関して、コプレーナ線路を利用した強磁性共鳴測定により Ni-Fe のダンピング定数を検討した。その結果、ダンピング定数が膜厚に依存せず一定であり、その値がバルクに比べて高くなることを示した。

Ni-Fe thin films and Fe particle assembly have been investigated as seeds of new materials with high performance in the RF(GHz range) applications. The initial permeability measurements of Fe composite particles suggests that, with the help of Fe_3O_4 nanoparticle (10 nm), Fe particles (1 μm) is almost free from the demagnetizing field, resulting in enhancement of Fe permeability up to its intrinsic values. This effect was exemplified more significantly with the particle composites that include $\text{Ni}_{50}\text{Fe}_{50}$ or Fe-Si-B-Cr particles. According to a calculation of the eddy current in spheres with high permeability, reduction of the particle size to less than 1 μm is essential for further improvement of the high-frequency performance of particle composites.

As for Ni-Fe films, the damping constant(α) of various thick Ni-Fe films was estimated using a coplanar waveguide (CPW)-FMR system. It was found that α is almost maintained constant for film thickness in the range of 10 - 1000 nm. The value of α was 0.012-0.014, which is larger than that of bulk-Ni-Fe.

●佐橋・土井研究室（電子工学専攻超微細電子工学講座）

Microelectronics, Department of Electronic Engineering(M.Sahashi and M.Doi)

スピントランスファートルク (STT) に起因するマイクロ波域の発振に関する研究を行った。われわれの研究室で得られているナノ狭帯磁壁構造において直流電流を印加することで面内磁化膜における磁化反転が容易になることを足がかりに、スピン偏極電流によるスピントルクによって生じるマイクロ波により垂直磁化膜の磁化反転が容易になることを検証するために、まずはコプレーナ線路を用いた微小磁性体へのマイクロ波の投入による磁化反転について解析し、マイクロ波投入によるスピンドYNAMIKSのモードと磁化反転について考察することを目的としている。本年度はコプレーナ線路のマスクパターン設計と試作を行い、ネットワークアナライザを用いて S11 パラメータの測定を行った。垂直磁化膜の STT マイクロ波発振およびネットワークアナライザを用いた FMR の計測に適した電極パターンのマスク作製とその計測を合わせて今後継続して研究を行う。

It is important to understand the mechanism of microwave generated by spin transfer torque which relates to the damping parameter (α) of ferromagnetic material. Experimentally, in this study, appropriate electrode structures for the measurement of α were investigated. For the measurement of spin dynamics generated by spin transfer torque, we designed several masks of coplanar wave guide (CPW) electrode structure which the high frequency can transmit. The CPW transmission line and attenuation characteristics are evaluated by S11 parameter of network analyzer. The CPW transmission line is found to show good noise attenuation characteristics. The signal reflection is relatively small, being below -5 dB. The magnitude of the reflected signal increases progressively with increasing cross section area. The study on spin torque oscillation and measurement of α for perpendicular magnetized thin films will be continued by using the most suitable pattern of electrode for microwave transmission.

●伊藤(隆)・小谷研究室（電子工学専攻固体電子工学分野）

Solid State Electronics, Department of Electronic Engineering (T.Ito and K.Kotani)

擬似単結晶 Si 薄膜を用いた低温 Poly-Si 薄膜トランジスタの高性能化の研究を行っている。レーザー結晶化時のキャップ SiO_2 膜の効果を調べ、キャップ膜により Si 薄膜中のボイド発生を抑制し、またラテラル結晶化条件範囲を拡大することを示した。またキャップ膜導入後結晶化では Si 薄膜は比較的平坦な面をもっている。レーザー結晶化 Si 薄膜は表面に大きな凹凸をもつため、これを平坦化するための化学的機械的平坦化法 (CMP) の研究を進めた。通常のコロイダルスラリーでは、結晶粒界への炭素偏析のため、CMP により凹凸は増加した。エタノールをスラリーに加えることで平坦化が可能となった。高い電流駆動能力をもつ新構造デバイスとしてナノグレーティング MOSFET を提案している。nMOSFET と pMOSFET の移動度差が小さくなることから、CMOS 回路での面積バランスを高くできることなどを示した。

High-performance TFTs with pseudo-single-crystal silicon has been investigated. The effects of a cap SiO₂ at the laser crystallization were investigated. The cap SiO₂ suppressed the generation of void in silicon thin film, and the available condition of the lateral crystallization was expanded. By using the cap SiO₂ thin film, the surface of the laser-crystallized poly-Si thin film became smooth. The chemical mechanical polishing (CMP) on laser-crystallized poly-Si thin films was carried out. After CMP with conventional colloidal silica slurry, the surface of laser-crystallized poly-Si thin films became rougher than that of before CMP. Carbon segregation in the grain boundary was occurred by the laser crystallization. For the improvement of this problem, a hydrophilic organic solution was added to conventional slurry. As a hydrophilic organic solution ethyl alcohol was used, and planarized surface was obtained. The nanograting MOSFET has been investigated to achieve higher current drivability. The mobility difference between the nanograting nMOSFET and pMOSFET became slighter, and the area balance of the CMOS circuit could be improved.

● 畠山・金子研究室（電子工学専攻プラズマ基礎工学分野）

**Basic Plasma Engineering, Department of Electronic Engineering
(R.Hatakeyama and T.Kaneko)**

プラズマ CVD により成長した孤立垂直配向単層カーボンナノチューブ (SWNTs) に関する光学特性を測定した結果、完全孤立状態から小規模束状構造へと変化するに従い、蛍光強度が増大することを明らかとした。またフラーレン (C₆₀) 及び窒素置換フラーレン (C₅₉N) を SWNTs に内包した際の電気特性の光学応答を測定した結果、光照射により SWNTs デバイスが動作する際のゲートバイアスの閾値がシフトすることが明らかとなった。一方、アルカリ金属、フラーレン、ハロゲン等の電子ドナーとアクセプターを接合内包した SWNTs に関しては、接合構造の組み合わせにより p-n 接合特性が大きく異なることを見出した。SWNTs の軸方向に対して対称的な空乏層構造が形成された場合のみ、山状ゲート電圧特性が得られることが明らかとなった。

Unique optical properties of free-standing single-walled carbon nanotubes (SWNTs) grown by plasma chemical vapor deposition have been investigated. It was found that the photoluminescence intensity of SWNTs drastically increases through the morphology transition from completely-isolated to thin-bundled structure. Optoelectrical measurements have been realized for fullerene (C₆₀) and azafullerene (C₅₉N) encapsulated SWNTs. The threshold gate voltage to turn on the SWNTs device shifted after the light irradiation. Based on the investigation of electron donor and acceptor encapsulated SWNTs, the dopant combination was found to be a critical factor to decide p-n junction features. The hump current feature can be observed only when a symmetrical depletion layer is formed between a p-n junction area.

● 山田・大寺研究室（電気・通信工学専攻光波物理工学分野）

**Optical Physics Engineering, Department of Electrical and Communication Engineering
(H.Yamada and Y.Otera)**

Si をコア SiO₂ をクラッドに用いた Si 細線光導波路は、光を非常に微細な領域に閉じ込めることができたため、現行のシリカ系導波路デバイスと比べて大幅なサイズ、消費電力の低減が期待されている。本年度の研究では、EB 露光用ネガ型レジストによりパターンニングした SOI 基板に ICP-Dry エッチングを施すことで微細な Si 細線光導波路デバイスの作製を試みた。300 nm × 300 nm の断面構造を持つ Si 細線導波路をベースとして格子周期 400 nm、空気ギャップ 75 nm のインラインブラッグフィルター構造、導波路間ギャップ 120 nm の方向性結合器などの作製に成功した。

The silicon photonic-wire waveguides, with silicon (Si) core and silica (SiO₂) cladding, have achieved light confinement in nanometer size small cross-section waveguides. Therefore, compared with all-silica devices, a huge reduction in size and power consumption is expected. We attempt to fabricate ultra-small Si photonic-wire waveguide devices using electron beam lithography and inductively coupled plasma dry etching techniques. We achieved the fabrication of in-line Bragg gratings with 400 nm cycle and 75 nm air gap, and the directional couplers with 120 nm gap between waveguides based on 300 × 300 nm cross-section Si wire waveguides.

●大見研究室（未来科学技術共同研究センター）

New Industry Creation Hatchery Center (T.Ohmi)

現状の CMOS 集積回路において、トランジスタに入る直列抵抗が、性能向上の阻害要因となっている。また、n 型 MOS トランジスタに対して 1/3 程度の電流駆動能力しか持たない p 型 MOS トランジスタの性能向上が望まれる。しかし、p 型 MOS トランジスタの作製プロセスにおいて、p⁺領域のボロンは、プロセス中のプラズマダメージにより不活性化しやすい。この不活性化による高濃度層やコンタクト領域での直列抵抗増大が、トランジスタの性能向上の妨げとなる。本研究では、p⁺領域に対してまったくダメージを与えずに、400°C以下の低温で、高温にて形成した絶縁膜と同等の電氣的・物理的特性を持つ絶縁膜形成プロセスを 2 段ガス導入構造マイクロ波励起 PECVD により実現した。また、 $10^{-9}\Omega\text{cm}^2$ 以下の低抵抗コンタクト形成プロセスを、p⁺領域に対して適した金属を選択し、ダメージを与えないプロセスを提案する事により実現した。

Current drivability improvement of the p-channel MOS transistor is necessary for the performance enhancement of the CMOS circuit. However, the p⁺ region of the p-channel MOS transistor has a problem that the boron is easy to be inactivated by plasma damages. Therefore, the increase of the resistance in the p⁺ region becomes limit the current drivability of the p-channel MOS transistor. We realize that the formation of the high-quality silicon dielectric films at low temperature (<400°C). Those films have approached the electrical characteristics of high temperature thermal silicon dielectric films. The low resistivity (< $10^{-9}\Omega\text{cm}^2$) silicon/silicide contact processes are indispensable to the CMOS circuit fabrications without plasma damages for the p⁺ region.

●安藤研究室（応用物理学専攻スピントロニクス分野）

Spin Electronics, Department of Applied Physics (Y.Ando)

スピントロニクス分野において、ハーフメタル材料として非常に大きな期待が持たれている Co₂MnSi ホイスラー合金薄膜を電極とし、高品位な MgO 薄膜を絶縁層とした強磁性トンネル接合の開発を行った。その結果、室温で 217%、低温 2K で 753%の巨大なトンネル磁気抵抗 (TMR) 比を観測することに成功した。観測した巨大な TMR 比は、ホイスラー合金のハーフメタル性と MgO 絶縁層を介した電子のコヒーレントなトンネリング現象の共存によるものと考えられる。さらに、Co₂MnSi/MgO 界面に極薄の CoFeB 層を挿入することで、TMR 比の温度および印加電圧依存性を抑えることができた。

Magnetic tunnel junctions (MTJs) with a half-metallic Co₂MnSi Heusler alloy electrode and a high-quality MgO tunneling barrier have been developed. We have succeeded to observe a very large tunnel magneto resistance (TMR) ratio of 217% at RT and 753% at 2K. The observed large TMR ratio results from both half-metallicity of Co₂MnSi and coherent tunneling through the crystalline MgO barrier. In addition, we succeeded to suppress temperature and bias voltage dependence of TMR ratio by inserting a very thin CoFeB layer into the Co₂MnSi/MgO interface.

●川崎研究室（金属材料研究所超構造薄膜化学研究部門）

Superstructured Thin Film Chemistry, Institute for Materials Research (M.Kawasaki)

我々の研究グループでは、酸化物界面における 2 次元電子ガス(2DEG)濃度の電界制御を目的とする研究を進めている。ポリチオフェン系導電性高分子を用いて MgZnO/ZnO ヘテロ接合にショットキー接合を作製することで、ゲート電界による 2DEG の伝導性制御を実現した。さらに、高誘電率材料の一つとして知られる Al₂O₃ を絶縁層としたトランジスタ構造においても良好な伝導性制御に成功した。以上の成果は、今後の酸化物薄膜トランジスタにおける物性研究を一層加速させるものと期待される。

また、スパッタリング法を用いてガラスなどの安価な基板上に室温強磁性半導体 Co ドープ TiO₂ 薄膜を堆積し、磁気光学効果測定を行った。ルチル構造(100)面に弱く配向したガラス上 Ti_{1-x}Co_xO_{2-δ} 薄膜は従来のエピタキシャル薄膜と同様に強磁性の MCD と異常ホール効果を示した。さらに、Ti_{1-x}Co_xO_{2-δ}層を磁性層とする 1 次元磁気光学フォトニック結晶構造をガラス上に作製することで、磁気光学効果の大幅な増大を達成した。

One of oxide heterointerfaces, MgZnO/ZnO, can provide an interesting arena for investigation of quantum transport properties with high-mobility two-dimensional electron gas (2DEG). We have realized to control the 2DEG density by electrostatic field effect with polymer poly(3,4-ethylenedioxythiophene)

poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) Schottky contact or MIS structure. In fact, we observed metal-insulator transition at zero magnetic field and systematic variation of quantum Hall states as a function of the 2DEG density under applied magnetic field. The improved controllability will lead to higher performance of transparent field effect transistor.

Co-doped TiO_2 is one of room temperature ferromagnetic oxide semiconductor. In this study, we fabricated Co-doped TiO_2 films on glass substrates by sputtering method. The films exhibited ferromagnetic MCD and also anomalous Hall effect at room temperature. In addition, we observed the large enhancement of magneto-optical effect in a simple one-dimensional magnetophotonic crystal structure.

●新田研究室（知能デバイス材料学専攻量子材料物性学分野）

Materials Quantum Science, Department of Materials Science (J.Nitta)

半導体ヘテロ接合におけるスピン軌道相互作用(SOI)に関して以下の成果を得た。(1) Al_2O_3 ゲート絶縁膜を用いた InGaAs リング干渉素子において、電氣的スピン回転制御を実現した。ゲート電圧の変化に伴いゼロ磁場における Al'tshuler-Aronov-Spivak 振動ピークが周期的な変化を示したことから、有効磁場による電氣的スピン回転制御を実現した。(2)半導体量子細線構造の磁気輸送測定から、フィッティングを用いることなく Rashba SOI と Dresselhaus SOI の比を求める手法を提案した。SOI が存在しかつ弱局在が観測される量子細線構造では、面内外部磁場を印加した場合弱局在が抑制される。この弱局在抑制効果の面内磁場角度依存性を測定することで、磁気輸送測定から Rashba SOI と Dresselhaus SOI の比が求められることが理論的に明らかとなった。

We have investigated the spin orbit interaction (SOI) in semiconductor heterostructures. (1) We demonstrated gate voltage control of spin precession in InGaAs mesoscopic ring arrays with Al_2O_3 gate insulator. Al'tshuler-Aronov-Spivak oscillations were clearly observed and the oscillation phases at $B = 0$ switched between negative and positive by changing the gate bias voltages. It corresponds to the electrical manifestation of spin rotation due to the Rashba SOI. (2) We proposed a method to determine the relative strength of Rashba and Dresselhaus spin-orbit interaction from transport measurements without the need of fitting parameters. In narrow quantum wires which exhibit weak localization even in the presence of spin-orbit coupling, an in-plane magnetic field can suppress the weak localization effect. We employed the unique angular dependence of this effect to suggest a method for the direct and experimental determination of the ratio between Rashba and Dresselhaus spin-orbit strengths from transport measurements.

●北上研究室（多元物質科学研究所多元設計研究部門電磁機能設計研究分野）

Nanoscale Magnetism and Devices, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (O.Kitakami)

本分野では、磁性体を用いた超高密度不揮発記録デバイスの実現を目的とし、磁性材料開発および磁性体ナノ構造の磁氣的挙動に関する研究を中心に進めている。今年度は、超短パルス磁場下におけるナノスケール高保磁力磁性体の非可逆磁化反転過程について重点的に研究を行った。最大磁場 3kOe のナノ秒大振幅パルス磁場発生器を開発し、単一 Co/Pt ナノドットのナノ秒領域における非可逆磁化反転過程に関する知見を得た。

The current research subjects in the research group are development of high- K_u materials and investigation of magnetization reversal behavior of nanoscale magnets, aiming to development of ultra-high density non-volatile magnetic memory. One of the recent topics is study on magnetization reversal behavior of nanoscale hard magnetic material under a short pulse field. We have developed a nanoseconds pulse generator with the maximum field of 3 kOe and irreversible magnetization behavior of a nanoscale Co/Pt multilayer dot was investigated.

●石原研究室（理学研究科物理学専攻光物性物理研究室）

Solid State Photophysics Group, Department of Physics (T.Ishihara)

当研究室では、可視・近赤外光にたいする人工周期構造体（メタマテリアル、フォトニック結晶）の研究を行っている。本年度は、マイクロ波領域の伝送線メタマテリアルからのアナロジーによって設計した可視光域のメタマテリアルを作製し、その光学特性と負の群速度モードに起因する集光効果について研究を行った。また、多様な単位胞のプラズモニック結晶やプラズモニックレンズの作製を行い、可視光域での光学測定を行った。その結果、固有モードの対消滅とみな

せる新奇な振る舞いや極端な透過光増強、第二高調波の共鳴的発生を見出した。

In our laboratory, artificial periodic structures (metamaterials and photonic crystals) at visible and near-infrared wavelengths have been investigated. Based on the transmission line metamaterials at microwaves, we designed a visible metamaterial, fabricated it, and evaluated the optical characteristics and the focusing effect. Besides plasmonic crystals and plasmonic lens were fabricated and measured at visible wavelengths. We found novel behavior of eigen modes such as pair annihilation, extreme enhancement of transmission, and plasmonic resonant second harmonic generation.

●小柳・田中研究室（医工学研究科医用ナノシステム工学研究分野）

**Medical Nanosystem Engineering, Graduate School of Biomedical Engineering
(M.Koyanagi and T.Tanaka)**

超高速データ書き込み動作と無限回データ書き換えが可能なスピン注入磁気メモリ (SPRAM) を搭載した、3次元積層型リコンフィギュラブルスピンプロセッサを提案し、実現に向けた研究を進めている。今年度は、SPRAM ロジックブロックを含む 3D リコンフィギュラブルスピンプロセッサ用基本リコンフィギュラブル回路を設計した。この回路は SRAM 型 LUT とコンフィギュレーションデータ格納用メモリである SPRAM を同一チップ上に混載している、電源電圧 1.5V でのコンフィギュレーションデータの読み出し動作を評価した結果、SPRAM から SRAM へのデータ転送(クロック周波数 25MHz)と基本回路でのリコンフィギュレーション動作の実現に成功した。

The novel SPRAM-based reconfigurable logic block has been proposed, and fabricated through 140nm CMOS process technology combined with a MTJ process. This logic block included the SRAM for LUT and the SPRAM for configuration data, where both memories were embedded in one chip. The MTJ element with the area size of 50x200nm² and CMOS logic circuit were fully integrated. Experimental results showed that the reconfigurable logic block achieved 25MHz read-out operations with the magnetic resistance of 1.62k Ω (parallel) and the MR ratio of 91.7%.

●羽生研究室（新概念 VLSI システム研究部）

New Paradigm VLSI System (T.Hanyu)

磁気トンネル接合デバイスと MOS トランジスタを組み合わせ、不揮発性記憶機能と演算機能を一体化させた不揮発性ロジックインメモリ集積回路を試作した。本集積回路は、日立製作所において MOS トランジスタ部分の作製を行い、MTJ デバイス部分を東北大学電気通信研究所附属ナノ・スピン実験施設で作製し、世界で初めて集積回路による実証に成功したものである。なお、本研究は大野研究室、池田准教授研究室との共同研究の成果である。

Our research group has fabricated a nonvolatile logic-in-memory integrated circuit, where a nonvolatile storage function is merged into a logic-circuit function, using magnetic tunnel junctions (MTJs) in combination with MOS transistors. It is the first time to succeed the fabrication of this type of integrated circuit, where the MOS-transistor part is fabricated by Hitachi Co., Ltd. and the MTJ-device part is fabricated by Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University. This is the collaboration of Prof. H. Ohno's, Prof. S. Ikeda's and our laboratories

●岩佐研究室（金属材料研究所低温電子物性学研究部門）

Low Temperature Condensed State Group, Institute for Materials Research (Y.Iwasa)

機械的な劈開により作製された薄い単結晶は、そのユニークな電子的性質によりマイクロエレクトロニクス有望な候補として近年注目されている。我々の研究は低いゲート電圧で電子密度を変化させる事が出来る利点を持つ電気化学的なトランジスタと層状物質に基づく。そして層状物質電気二重層トランジスタをSiO₂/Si基板上に作製する事に成功した。層状物質の厚さは、ラマン散乱および原子間力顕微鏡によって判別される。デバイスの作製は、標準的なフォトリソグラフィとナノ・スピン実験施設の電子ビームリソグラフィを用いた。ゲート媒質にイオン液体を用いる事により、グラフェンの両極性特性を1 V以下の低電圧で実現した。これは一般的な手法として、広範囲の物質に適用する事が出来る。

Very thin single crystals fabricated by mechanical micro cleavage are materials received a great interest recently as promising candidates for microelectronics due their unique electronic properties. Our

research is based on the combination of layered materials and electrochemical transistors for the advantages as large tunable electron density at lower gate voltage. Layered-material EDLTs are successfully fabricated on the top of SiO₂/Si substrates. The thickness of the layered material samples, single, double or multi-layers, is characterized by Raman scattering and atomic force microscope. The electronic devices are fabricated by standard photolithography and e-beam lithography method by using the facilities in Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics. By applying ionic liquid as the gating media, we observed ambipolar characteristics by low gate voltage smaller than 1 V on graphene EDLT. As a general method, we can apply it to a broader spectrum of material.

● 藤本・青井客員・島津技術開発室 (IT21 センター 研究開発部ストレージ分野)
Storage Technology Group, IT-21 Center (K.Fujimoto, H.Aoi and T.Shimatsu)

本分野では、平成19年度から「超高速大容量ストレージシステム」の研究開発を行っている (文部科学省受託研究「高機能・超低消費電力コンピューティングのためのデバイス・システム基盤技術の研究開発」のサブテーマ)。

その内、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として、平成20年度は、昨年度に引き続き、ナノ・スピン研究棟の高分解能電子線描画装置を用いて、微細なドットアレイやスピン蓄積素子を作製するためのレジストマスクを作製し、これらの作製とその基礎特性の解析を継続して行った。

A cooperative research project between industry, academia and government; Development of super high-speed mass storage HDD systems started in August 2007 under the collaborations between RIEC including IT21 storage technology group, major Japanese HDD manufacturers and other laboratories researching related technologies within Tohoku University. Developments of high density patterned media and high sensitivity sensor are research subjects in this project, and we fabricated fine dot arrays of Co based alloy films and spin accumulation devices and studied fundamental properties.

● 末光研究室 (固体電子工学研究分野)
Solid State Electronics (M.Suemitsu)

グラフェンは次世代半導体デバイスの鍵を握る材料として期待されている。しかし大面積・安価なグラフェン製造法が無いことが、その実用化をこれまで阻んできた。この困難を解決すべく、本年度、我々はシリコン基板上SiC薄膜へテロ成長を用いてシリコン基板上へのグラフェン成長を試み、世界で初めてこれに成功した。この研究成果は大面積・安価なSi基板上へのグラフェン製造を可能とするもので、将来のグラフェンエレクトロニクスの実現に道を拓くものである。

Graphene is expected to be a key material in the next-generation semiconductor devices. The main challenge for the graphene devices, however, is the lack of cost-effective fabrication method of graphene with large scale. To solve this point, we have been studying formation of graphene on silicon substrates (GOS) by use of heteroepitaxy of SiC on Si. As a result, we have succeeded in realization of a GOS structure for the first time. This achievement allows us to form graphene on low-cost, large-scale silicon wafers, which will lead to graphene-based electronics in the future.

● 遠藤研究室 (学際科学国際高等研究センターナノ知能システム研究分野)
Center for Interdisciplinary Research (T.Endo)

スピンメモリ素子である Magnetic Tunneling Junction (MTJ)素子とシリコンCMOS回路を融合した新しいスピンドバイス技術の確立を目指し、そのデバイス研究、およびその集積化プロセス研究から試作・測定までを一貫して行った。その中で、超高速で動作するTMR素子を駆動するためのシリコン集積回路技術の構築を目指し、低消費電力でかつ高速動作可能である新方式 MOS Current Mode Logic (MCML)回路技術として、Dynamic Feedback MCML、および Current Controlled MCML を提案し、180nmのデザインルールで、世界で初めて試作に成功した。この回路方式は、構成する基本素子であるMOSFETの特性がばらついても、その情報を回路自身にフィードバックさせることで、回路が自律的に安定動作点で超高速に動作することを可能にする新しい

回路方式である。

To develop a novel Spin device technology for the Magnetic Tunneling Junction (MTJ) combined with the Si-CMOS circuit, we have systematically studied the Spin device technology, the integration process technology, the circuit design and the measurement. To realize the ultra high-speed operation of MTJ, we have proposed the new circuit technique of the Dynamic Feedback MOS Current Mode Logic (DF-MCML) and the Current Controlled MCML (CC-MCML), which function low power consumption in the GHz operation. This circuit technique has realized the stable operation even in the presence of threshold voltage fluctuations by using the feedback technology. We have successfully fabricated the DF-MCML and the CC-MCML inverter with the 180nm CMOS process, for the first time.

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は、21 世紀に求められる高度な情報通信を実現するため、「半導体立体ナノ構造の実現と応用」、「半導体中のスピン制御技術の確立と応用」、「分子ナノ構造による情報処理の実現と応用」の 3 本を柱に据え、ナノエレクトロニクス情報デバイスと、これを用いた情報システムの構築を推進するとともに、これらを実現するための国際共同研究体制を構築して、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を創出・確立することを目的としている。



ナノ・スピン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)



3rd Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics

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)



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

International Workshop on Nanostructure & Nanoelectronics

(第1回: 2007年11月21-22日)

4-2 国際シンポジウム開催

平成 20 年度特別教育研究経費「ナノエレクトロニクス国際共同研究拠点創出事業」の活動の一環として、以下の 2 件の国際シンポジウムを主催した。(プログラムは「6. 参考資料」に収録)

4-2-1 第 28 回電気通信研究所国際シンポジウム

第 4 回新 IV 族半導体ナノエレクトロニクス国際ワークショップ 4th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics

室田 淳一

Junichi MUROTA

開催日：2008 年 9 月 25 日 (木) ～27 日 (土) (3 日間)

開催場所・主催：東北大学電気通信研究所 ナノ・スピン実験施設

共催：文部科学省グローバル COE プログラム：「情報エレクトロニクスシステム教育研究拠点」(東北大学電気・情報系)

本国際ワークショップは、新IV族半導体材料のプロセス技術及びナノデバイスへの応用までの幅広い領域についての包括的な議論を目的に、本研究所の共同プロジェクト研究 H20/A04「IV 族半導体高度歪制御ナノ立体構造形成とそのデバイス応用に関する研究」が中心となって企画した国際会議である。本ナノ・スピン実験施設のナノエレクトロニクス国際共同研究拠点創出事業活動の一環として開催され、組織委員長兼プログラム委員長として室田淳一教授が、組織委員として末光眞希教授、櫻庭政夫准教授が参加した。総数 54 名の参加者を迎え、ドイツ、フランス、ベルギー、スペインなどの各国拠点代表者 (7 ヶ国) による特別講義 1 件と招待講演 3 件、一般講演 19 件、ショート&ポスター講演 15 件の総数 38 件の講演が行われ、活発な討論が行われた。世界の半導体産業の活性化のためにも、本国際ワークショップの開催は重要であり、本ワークショップの次年度継続開催とともに、関連メンバーが企画する Si ベースナノエレクトロニクス&フォトニクス国際ワークショップ (スペイン・ビゴ大学、2009 年 9 月 20-23 日、<http://www.sinep.uvigo.es/>) の開催も決定された。今後、世界規模での研究連携のきっかけとなることにより、本学問分野が大きく展開すると期待される。本会議の詳細は

<http://www.murota.riec.tohoku.ac.jp/SiGeC2008/> において公開されている。

特別講義タイトルと講演者：

1. “0.13 μm SiGe BiCMOS Technology for Radio-Frequency Applications”,
B. Tillack (IHP & Tech. Univ. Berlin)

招待講演タイトルと講演者のリスト：

1. “Si passivation in Ge pMOSFETS: further developments and understanding”,
M. Caymax (IMEC)
2. “Epitaxial growth of ferromagnetic Mn_5Ge_3 on Ge(111) and (001) substrates”,
V. Le Thanh (Aix-Marseille Univ.)
3. “Patterned SiGe heterostructures through UV Excimer Laser radiation”,
S. Chiussi (Univ. Vigo)

4-2-2 第29回電気通信研究所国際シンポジウム

第1回 CNSI-RIEC ナノエレクトロニクス・スピントロニクス・ フォトニクスに関する国際ワークショップ（第4回スピントロ ニクス国際ワークショップ）

The 1st CNSI-RIEC Workshop on Nanoelectronics, Spintronics and Photonics
(The 4th RIEC International Workshop on Spintronics)

大野 英男

Hideo OHNO

開催日：平成20年10月9日（木曜日）～10日（金曜日）（2日間）

開催場所：カリフォルニア大学サンタバーバラ校カリフォルニアナノシステムインスティテュー
ト

平成20年10月9、10日の2日間にわたり、カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)カリ
フォルニアナノシステムインスティテュート(CNSI)において、第1回 CNSI-RIEC ナノエレクト
ロニクス・スピントロニクス・フォトニクスに関する国際ワークショップ（第29回電気通信研
究所（通研、RIEC）国際シンポジウム、第4回スピントロニクス国際ワークショップ）が開催
された（組織委員長：大野英男教授（通研）、David Awschalom 教授（UCSB））。東北大学と UCSB
の協定に基づき、通研附属ナノ・スピン実験施設のナノエレクトロニクス国際共同研究拠点創
出事業の一環として、通研と CNSI が主催し、本学電気情報系 GCOE プログラム「情報エレクト
ロニクスシステム教育研究拠点」が共催した本ワークショップは、両大学が世界最先端の研究
成果を誇るナノエレクトロニクス、スピントロニクス、フォトニクスの3分野において研究
連携をさらに深める目的で企画された。2日間にわたり本学から口頭8件、ポスター11件、UCSB
から口頭7件、ポスター8件の発表があり、3分野における最新の研究成果が紹介され、活発な
討論及び情報交換が行われた。第2回のワークショップの開催（平成21年10月1、2日、通研）
も決定しており、今後両大学の連携によって一層の研究の進展が期待される。

口頭講演タイトルと講演者

1. “Electric-field Manipulation of Magnetization Vector –Toward Electric-field Reversal”, Hideo Ohno (Tohoku University)
2. “Manipulating Single Spins and Coherence in Semiconductors”, David Awschalom (UC Santa Barbara)
3. “Spin Coherent Transport in InGaAs Narrow Wires and Ring Structures”, Junsaku Nitta (Tohoku University)
4. “MTJ-based Nonvolatile Logic-in-Memory Circuit”, Takahiro Hanyu (Tohoku University)
5. “Conservation Laws and Spin Motive Force in Magnetic Nanostructures”, Sadamichi Maekawa (Tohoku University)
6. “Ferromagnetic Metal Spin Wave-guides and Spin-wave devices”, S. James Allen (UC Santa Barbara)
7. “Computational Design of Highly Spin-polarized Ferromagnet/semiconductor Interfaces”, Masafumi Shirai (Tohoku University)
8. “Metallic Nanoparticles in Semiconductors”, Arthur Gossard (UC Santa Barbara)
9. “Gallium Nitride Electronics Research at UCSB”, Umesh Mishra (UC Santa Barbara)
10. “Quantum Transport at MgZnO/ZnO Interfaces”, Atsushi Tsukazaki (Tohoku University)
11. “Structure and Properties of Complex Oxide Thin Films and Interfaces” Susanne Stemmer (UC Santa Barbara)
12. “Oxides as Semiconductors”, Chris Van de Walle (UC Santa Barbara)
13. “Nuclear Magnetic and Electric Resonances Based on $\nu=2/3$ domain”, Yoshiro Hirayama (Tohoku University)
14. “Manipulating Single Photons Using Superconducting Quantum Circuits”, Andrew Cleland (UC Santa Barbara)
15. “Nanoelectronic Functionalization of Nanocarbons by Controlling Their Inner Nanospaces”, Rikizo Hatakeyama (Tohoku University)
16. “Energy Efficient Nanophotonics and Thermoelectrics”, John Bowers (UC Santa Barbara)

5. 研究成果（平成 20 年度）

● **室田・櫻庭研究室（ナノヘテロプロセス研究部）**
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、エッチング、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. “High-performance pMOSFETs with high Ge fraction strained SiGe-heterostructure channel and ultrashallow source/drain formed by selective B-doped SiGe CVD”, S. Takehiro, M. Sakuraba, J. Murota and T. Tsuchiya, *Electr. Eng. Jpn.*, Vol.165, No.3, pp.46-50, (2008).
2. “Very Low-Temperature Epitaxial Growth of Silicon and Germanium Using Plasma-Assisted CVD”, M. Sakuraba, D. Muto, M. Mori, K. Sugawara and J. Murota, *Thin Solid Films*, Vol.517, pp.10-13, (2008).
3. “Impact of Ge Fraction Modulation upon Electrical Characteristics of Hole Resonant Tunneling Diodes with Si/Strained Si_{1-x}Ge_x/Si(100) Heterostructure”, T. Seo, M. Sakuraba and J. Murota, *Thin Solid Films*, Vol.517, pp.110-112, (2008).

4. “Structural Change of Atomic-Order Nitride Formed on $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x(100)$ and $\text{Ge}(100)$ by Heat Treatment”, N. Akiyama, M. Sakuraba, B. Tillack and J. Murota, *Thin Solid Films*, Vol.517, pp.219-221, (2008).
5. “Si Epitaxial Growth on Self-Limitedly B Adsorbed $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x(100)$ by Ultraclean Low-Pressure CVD System”, K. Ishibashi, M. Sakuraba, J. Murota, Y. Inokuchi, Y. Kunii and H. Kurokawa, *Thin Solid Films*, Vol.517, pp.229-231, (2008).
6. “Local Strain in $\text{Si}/\text{Si}_{0.6}\text{Ge}_{0.4}/\text{Si}(100)$ Heterostructures by Stripe-Shape Patterning”, J. Uhm, M. Sakuraba and J. Murota, *Thin Solid Films*, Vol.517, pp.300-302, (2008).
7. “High Ge Fraction Intrinsic SiGe-Heterochannel MOSFETs with Embedded SiGe Source/Drain Electrode Formed by In-Situ Doped Selective CVD Epitaxial Growth”, S. Takehiro, M. Sakuraba, T. Tsuchiya and J. Murota, *Thin Solid Films*, Vol.517, pp.346-349, (2008).

【国際会議発表】

1. “Transient Charge-Pumping Characteristics Related to Heterointerface Traps in SiGe/Si-Hetero-Channel pMOSFETs”, T. Tsuchiya, K. Yoshida, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM2008), Hsinchu, Taiwan, May 11-14, 2008, No.Tue-S5-04, pp.64-65.
2. “Improvement in Negative Differential Conductance Characteristics of Hole Resonant Tunneling Diodes with High Ge Fraction Si/Strained $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}(100)$ Heterostructure”, T. Seo, K. Takahashi, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM2008), Hsinchu, Taiwan, May 11-14, 2008, No.Tue-S5-05, pp.66-67.
3. “Heavy B Atomic-Layer Doping Characteristics in Si Epitaxial Growth on B Adsorbed Si(100) by Ultraclean Low-Pressure CVD System”, H. Tanno, M. Sakuraba, B. Tillack and J. Murota, 4th Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM2008), Hsinchu, Taiwan, May 11-14, 2008, No.Wed-S8-04, pp.100-101.
4. “Change of H-Termination on Wet-Cleaned Si(100) and Ge(100) by Heat-Treatment in H_2 or Ar”, A. Uto, M. Sakuraba, M. Caymax and J. Murota, 4th Int. SiGe Technology and Device Meeting (ISTDM2008), Hsinchu, Taiwan, May 11-14, 2008, No.Mon-P1-51, pp.231-232.
5. “Atomically Controlled Processing for Impurity Doping in Si-Based CVD Epitaxial Growth” (Invited Paper), J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, 8th Int. Conf. on Atomic Layer Deposition (ALD 2008), Bruges, Belgium, Jun. 29-Jul. 2, 2008, No. TueM1-4.
6. “Transition from Epitaxial to Polycrystalline Selective Si Deposition Induced by B-Atomic Layer Doping”, Y. Yamamoto, K. Koepke, O. Fursenko, G. Weidner, J. Murota and B. Tillack, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.P-02, pp.25-26.
7. “Application of Relaxed Ge/Si(100) by ECR Plasma CVD to Highly Strained B Doped Si”, K. Sugawara, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.P-10, pp.41-42.
8. “P Atomic-Layer Doping in Heteroepitaxial Growth of Si on Strained $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}(100)$ by Ultraclean Low-Pressure CVD”, Y. Chiba, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.P-11, pp.43-44.
9. “Formation of Nitrogen Atomic-Layer Doped $\text{Si}/\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}(100)$ Epitaxially Grown by Ultraclean Low-Pressure CVD”, T. Kawashima, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.P-12, pp.45-46.
10. “Epitaxial Growth of B Atomic-Layer Doped Si Film on Si(100) Using Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma”, T. Nosaka, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep.

25-27, 2008, No.P-13, pp.47-48.

11. "Hole Resonant Tunneling Diodes Utilizing High Ge Fraction ($x > 0.5$) Si/Strained $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}(100)$ Heterostructure with Improved Performance at Higher Temperature above 200 K", K. Takahashi, T. Seo, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.P-14, pp.49-50.
12. "Heat-Treatment Effect upon H-Terminated Structure Formed on Wet-Cleaned $\text{Si}(100)$ and $\text{Ge}(100)$ ", A. Uto, M. Sakuraba, M. Caymax and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.P-15, pp.51-52.
13. "Transient Charge-Pumping Characteristics in SiGe/Si -Hetero-Channel MOSFETs", T. Tsuchiya, K. Yoshida, M. Sakuraba and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.Z-02, pp.55-56.
14. "Fabrication of Hole Resonant Tunneling Diodes Utilizing Nanometer-Order Strained $\text{SiGe}/\text{Si}(100)$ Heterostructures with High Ge Fraction", M. Sakuraba, R. Ito, T. Seo, and J. Murota, 4th Int. Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku Univ., Sendai, Japan, Sep. 25-27, 2008, No.Z-12, pp.75-76.
15. "Selective Polycrystalline Si Deposition on Epitaxial Si induced by B-Atomic Layer Doping", Y. Yamamoto, K. Koepke, O. Fursenko, G. Weidner, J. Murota, and B. Tillack, 3rd Int. SiGe, Ge, & Related Compounds Symp. (2008 Joint Int. Meeting (PRiME 2008) of 214th Meeting of The Electrochem. Soc. and The Electrochem. Soc. Japan), Honolulu, Hawaii, Oct. 13-17, 2008, No.8.5.
16. "Atomically Controlled CVD Processing for Future Si-Based Devices" (Invited Paper), J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, 9th Int. Conf. on Solid-State and Integrated-Circuit Technol. (ICSICT 2008), Beijing, China, Oct. 20-23, 2008, No.E6.7.
17. "Atomically Controlled Processing in Si-Based CVD Epitaxial Growth" (Invited Paper), J. Murota, M. Sakuraba and B. Tillack, Symp. Z: "Material Science and Process Technologies for Advanced Nano-Electronic Devices", Int. Union of Materials Research Society - Int. Conf. in Asia 2008 (IUMRS-ICA 2008), Nagoya, Japan, Dec. 9-13, 2008, No.ZI-3.
18. "Nitrogen Atomic-Layer Doping in Nanometer-Order Heterostructure of $\text{Si}/\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x/\text{Si}(100)$ by Ultraclean Low-Pressure CVD", T. Kawashima, M. Sakuraba and J. Murota, Symp. Z: "Material Science and Process Technologies for Advanced Nano-Electronic Devices", Int. Union of Mat. Res. Soc. - Int. Conf. in Asia 2008 (IUMRS-ICA 2008), Nagoya, Japan, Dec. 9-13, 2008, No.ZO-4.
19. "Heavily B Atomic-Layer Doping in Si Epitaxial Growth Using Electron-Cyclotron-Resonance Plasma", T. Nosaka, M. Sakuraba and J. Murota, Symp. Z: "Material Science and Process Technologies for Advanced Nano-Electronic Devices", Int. Union of Mat. Res. Soc. - Int. Conf. in Asia 2008 (IUMRS-ICA 2008), Nagoya, Japan, Dec. 9-13, 2008, No.ZO-5.
20. "Epitaxial Growth of Highly Strained B Doped Si on Relaxed $\text{Ge}/\text{Si}(100)$ ", K. Sugawara, M. Sakuraba and J. Murota, Symp. Z: "Material Science and Process Technologies for Advanced Nano-Electronic Devices", Int. Union of Mat. Res. Soc. - Int. Conf. in Asia 2008 (IUMRS-ICA 2008), Nagoya, Japan, Dec. 9-13, 2008, No.ZP-9.

●大野・大野・松倉研究室（半導体スピントロニクス研究部）
Semiconductor Spintronics (H. Ohno, Y. Ohno, and F. Matsukura)

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、スピン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、物質中の電子スピン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) 半導体スピンデバイスの研究

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ン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ンに注目し、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

ブローク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.

【査読付論文】

1. H. Ohno and T. Dietl, "Spin-transfer physics and the model of ferromagnetism in (Ga,Mn)As," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 320, pp. 1293-1299, April 2008.
2. D. Chiba, K. M. Yu. W. Walukiewicz, Y. Nishitani, F. Matsukura, and H. Ohno, "Properties of $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$ with high x (> 0.1)," *Journal of Applied Physics*, Vol. 103, pp. 07D136, April 2008.
3. Y. Nishitani, D. Chiba, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electrical Curie temperature modulation in (Ga,Mn)As field-effect transistors with Mn composition from 0.027 to 0.2," *Journal of Applied Physics*, Vol. 103, pp. 07D139, April 2008.
4. T. Kita, D. Chiba, Y. Ohno, and H. Ohno, "Fabrication of a few-electron $\text{In}_{0.56}\text{Ga}_{0.44}\text{As}$ vertical quantum dot with an Al_2O_3 gate insulator," *Physica E*, Vol. 40, pp. 1930-1932, April 2008.
5. S. Marcet, T. Kita, K. Ohtani, and H. Ohno "The effect of vertical electric fields on exciton fine structure of GaAs natural quantum dots," *Physica E*, Vol. 40, pp. 1930-1932, April 2008.
6. O. B. Agafonov, T. Kita, H. Ohno, and R. J. Haug, "Fine structure in magnetospectrum of vertical quantum dot," *Physica E*, Vol. 40, pp. 1630-1632, April 2008.
7. M. Czapkiewicz, P. Zagrajek, J. Wróbel, G. Grabecki, F. Fronc, T. Dietl, Y. Ohno, S. Matsuzaka, and H. Ohno, "0.7 anomaly and magnetotransport of disordered quantum wire," *Europhysics Letters*, Vol. 82, pp. 270003, April 2008.
8. G. Ghosh, D. W. Steuerman, B. Maertiz, K. Ohtani, H. Xu, H. Ohno, and D. D. Awschalom, "Electrical control of spin coherence in ZnO," *Applied Physics Letters*, Vol. 92, pp. 162109, April 2008.
9. M. Belmoubarik, K. Ohtani, and H. Ohno, "Intersubband transitions in ZnO multiple quantum wells," *Applied Physics Letters*, Vol. 92, pp. 191906, May 2008.
10. C. Gould, S. Mark, K. Pappert, R. G. Dengel, J. Wenisch, R. P. Champion, A. W. Rushforth, D. Chiba, Z. Li, X. Liu, W. Van Roy, H. Ohno, J. K. Furdyna, B. Gallagher, K. Brunner, G. Schmidt, and L. W. Molenkamp, "An extensive comparison of anisotropies in MBE grown (Ga,Mn)As material," *New Journal of Physics*, Vol. 10, pp. 055007, May 2008.
11. Y. Pu, D. Chiba, F. Matsukura, H. Ohno, and J. Shi, "Mott relation for anomalous Hall and Nernst effects in $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$ ferromagnetic semiconductors," *Physical Review Letters*, Vol. 101, pp. 117208, September 2008.
12. D. Chiba, M. Sawicki, Y. Nishitani, Y. Nakatani, F. Matsukura, and H. Ohno, "Magnetization vector manipulation by electric fields," *Nature*, Vol. 455, pp. 515-518, September 2008.
13. Y. Kondo, M. Ono, S. Matsuzaka, K. Morita, H. Sanada, Y. Ohno, and H. Ohno, "Multipulse operation and optical detection of nuclear spin coherence in a GaAs/AlGaAs quantum well," *Physical Review Letters*, Vol. 101, pp. 207601, November 2008.
14. A. Tsukazaki, A. Ohtomo, D., Chiba, Y. Ohno, H. Ohno, and M. Kawasaki, "Low-temperature field-effect and magnetotransport properties in ZnO based heterostructure with atomic-layer-deposited gate dielectric," *Applied Physics Letters*, Vol. 93, pp. 241905, December 2008.

15. Tsung-Tse Lin, Keita Ohtani, and Hideo Ohno, "Thermally activated longitudinal optical phonon scattering of a 3.8 THz GaAs quantum cascade Laser", Applied Physics Express, Vol. 2, pp. 022102, January 2009.

【国際会議発表】

1. D. Chiba, Y. Nishitani, M. Endo, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electrical manipulation of magnetic properties in (Ga,Mn)As (*invited*)," Workshop on Recent Advances of Low Dimensional Structures and Devices, School of Physics & Astronomy, University of Nottingham, April 7-9, 2008.
2. F. Matsukura, D. Chiba, Y. Nishitani, M. Endo, and H. Ohno, "Electrical Control of Curie Temperature in (Ga,Mn)As," Workshop on Recent Advances of Low Dimensional Structures and Devices, School of Physics & Astronomy, University of Nottingham, April 7-9, 2008.
3. K. Ohtani and H. Ohno, "Development of mid-infrared and THz quantum cascade lasers at Tohoku University," the Japan-Sweden Terahertz Symposium, Tokyo Metropolitan City Hall, May 27-29, 2008.
4. H. Ohno, "Spin manipulation in semiconductors and metals (*invited*)," International Magnetism Conference 2008 (INTERMAG), Palacio Municipal de Congresos, Madrid, Spain, May 4-8, 2008.
5. H. Ohno, "Domain wall in (Ga,Mn)As (*invited*)," Workshop on Spin and Charge Transport in Nanostructures (Spinor2008), Oslo, Norway, May 14-16, 2008.
6. H. Ohno, "Ferromagnetic III-V semiconductors (*invited*)," CNSI/FENA Seminar, Los Angeles, U.S.A., May 27, 2008.
7. H. Ohno, "Spintronics: nanoscience and nanoelectronics (*invited*)," UCSB Seminar, Santa Barbara, U. S. A., May 29, 2008.
8. H. Ohno, "Domain wall dynamics in (Ga,Mn)As (*invited*)," 7th International Workshop on Surface, Interface and Thin Film Physics, Shanghai, China, June 17-20, 2008.
9. H. Ohno, "Ferromagnetic semiconductors –physics and material science – (*invited*)," The Summer School of Advanced Functional Materials 2008, Shenyang, China, July 9-10, 2008.
10. Y. Nishitani, D. Chiba, M. Endo, F. Matsukura, and H. Ohno, "Electric-field modulation of Curie temperature in (Ga,Mn)As field-effect transistor structures with varying channel thickness and Mn compositions", 29th The International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS), Rio de Janeiro, Brazil, July 27-August 1, 2008.
11. M. Ono, Y. Kondo, S. Matsuzaka, Y. Ohno and H. Ohno, "Phase control on nuclear spins in GaAs quantum well," 29th The International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS), Rio de Janeiro, Brazil, July 27-August 1, 2008.
12. S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Doping concentration dependence of spin Hall effect in n-doped GaAs," 29th The International Conference on the Physics of Semiconductors (ICPS), Rio de Janeiro, Brazil, July 27-August 1, 2008.
13. H. Ohno, "Ferromagnetic III-V semiconductors – physics and material science (*invited*)," PASPS-V - Fifth International Conference on Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors, Foz do Iguacu, PR, Brazil, August 3-6, 2008.
14. D. Chiba, Y. Nishitani, M. Endo, F. Matsukura, M. Sawicki, Y. Nakatani, and H. Ohno, "Recent advances on electric-field control of ferromagnetic properties in (Ga,Mn)As (*invited*)," PASPS-V - Fifth International Conference on Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors, Foz do Iguacu, PR, Brazil, August 3-6, 2008.
15. Y. Nishitani, D. Chiba, M. Endo, F. Matsukura, and H. Ohno, "Curie temperature versus hole concentration of (Ga,Mn)As," PASPS-V - Fifth International Conference on Physics and

Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors, Foz do Iguacu, PR, Brazil, August 3-6, 2008.

16. M. Endo, D. Chiba, F. Matsukura, and H. Ohno, "The annealing effect on (Ga,Mn)As under the application of electric field," PASPS-V - Fifth International Conference on Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors, Foz do Iguacu, PR, Brazil, August 3-6, 2008.
17. M. Ono, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Gate voltage control of nuclear spin relaxation in GaAs quantum well," PASPS-V - Fifth International Conference on Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors, Foz do Iguacu, PR, Brazil, August 3-6, 2008.
18. S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Scanning Kerr microscopy of the spin Hall effect in n-doped GaAs with various doping concentration," PASPS-V - Fifth International Conference on Physics and Applications of Spin-related Phenomena in Semiconductors, Foz do Iguacu, PR, Brazil, August 3-6, 2008.
19. K. Ohtani, M. Belmoubarik, and H. Ohno, "Intersubband optical transitions in ZnO-based quantum wells grown by plasma-assisted molecular beam epitaxy", The 15th International Conference on Molecular Beam Epitaxy, The University of British Columbia, Canada, August 3-8, 2008.
20. H. Ohno, "Electrically driven domain wall in (Ga,Mn)As (*invited*)," SPIE Optics + Photonics 2008, Nano Science + Engineering, San Diego, U.S.A., August 10-14, 2008.
21. H. Ohno, "Spintronics: Nanoscience and Nanoelectronics (*invited*)," Seminar on Magnetic Semiconductors, Ithaca, U.S.A., August 15, 2008.
22. H. Ohno, "Current induced magnetic domain wall creep in semiconductors (*invited*)," The 9th International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics, In the Light of New Technology (ISQM-TOKYO '08), Hatoyama, Japan, August 25-28, 2008.
23. H. Ohno, "Physics and Materials Science of Ferromagnetic III-V Semiconductors (*invited*)," 14th International Symposium on the Physics of Semiconductors and Applications (ISPSA), Jeju, Korea, August 26-29, 2008.
24. H. Ohno, "Current-induced magnetization switching for next generation integrated circuits," SPIN SWITCH Workshop "Spin Momentum Transfer (*invited*)", Krakow, Poland, September 3-5, 2008.
25. K. Ohtani and H. Ohno, "Thermal property of an InAs/AlSb quantum cascade laser," International Quantum Cascade Lasers School and Workshop, Monte Verita, Switzerland, September 14-19, 2008.
26. Tsung-Tse Lin, Keita Ohtani, and Hideo Ohno, "Temperature dependence of threshold current density of terahertz QCL: comparison with mid-infrared QCL," International Quantum Cascade Lasers School and Workshop, Monte Verita, Switzerland, September 14-19, 2008.
27. Tsung-Tse Lin, Keita Ohtani, and Hideo Ohno, "Temperature dependence of threshold current density of terahertz QCL," 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, Tsukuba International Congress Center, Japan, September 24-26, 2008.
28. F. Matsukura, "Magnetic Domain Wall Dynamics in GaMnAs (*invited*)," 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, Tsukuba International Congress Center, Japan, September 24-26, 2008.
29. Hideo Ohno, "Magnetic Tunnel Junction for Next Generation Integrated Circuits (*tutorial*)," 4th Taiwan International Spintronics Conference on Spintronics (TICSpin), Taipei, Taiwan, October 2-4, 2008.
30. Hideo Ohno and Daichi Chiba, "Electric-field manipulation of magnetization vector toward electric-field reversal (*invited*)," CNSI-RIEC Workshop on Nanoelectronics, Spintronics and Photonics, Santa Barbara, California, USA, October 9-10, 2008.

31. K. Ohtani and H. Ohno, "Quantum well intersubband optical devices based on InAs, GaAs, and ZnO", CNSI-RIEC Workshop on Nanoelectronics, Spintronics and Photonics, Santa Barbara, California, USA, October 9-10, 2008.
32. M. Ono, Y. Kondo, S. Matsuzaka, Y. Ohno and H. Ohno, "Nuclear spin phase control in GaAs quantum well," CNSI-RIEC Workshop on Nanoelectronics, Spintronics and Photonics, Santa Barbara, California, USA, October 9-10, 2008.
33. M. Endo, Y. Nishitani, D. Chiba, F. Matsukura, and H. Ohno, "The annealing effect on (Ga,Mn)As under electric-fields," CNSI-RIEC Workshop on Nanoelectronics, Spintronics and Photonics, Santa Barbara, California, USA, October 9-10, 2008.
34. Y. Nishitani, D. Chiba, M. Endo, F. Matsukura, and H. Ohno, "Curie temperature modulation in ferromagnetic semiconductor (Ga,Mn)As," The 1st Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, Sendai, Japan, October 16-17, 2008.
35. M. Endo, D. Chiba, F. Matsukura, and H. Ohno, "Annealing of (Ga,Mn)As under electric-fields," The 1st Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, Sendai, Japan, October 16-17, 2008.
36. T. Lin, K. Ohtani, and H. Ohno, "Temperature dependence of threshold current density of 3.8 THz quantum cascade lasers," The 1st Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, Sendai, Japan, October 16-17, 2008.
37. M. Ono, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno, "Gate voltage dependence of nuclear spin relaxation time in GaAs quantum well," The 1st Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems, Sendai, Japan, October 16-17, 2008.
38. F. Matsukura and H. Ohno, "Magnetic Domain Wall Dynamics in (Ga,Mn)As," 1st Rennes-Sendai joint workshop on advanced materials and devices, Rennes, France, October 22-24, 2008.
39. H. Ohno, "Exploring Ferromagnetism in III-V Semiconductors (*invited*)", 23rd Nishonomiya-Yukawa Memorial International Workshop, Spin Transport in Condensed Matter (STCM), Kyoto, Japan, October 27-November 28, 2008.
40. H. Ohno, "Electrical Manipulation of Magnetization Vector (*plenary*)," Asian Conference on nanoscience and Nanotechnology (AsiaNano), Singapore, Singapore, November 3-7, 2008.
41. Y. Nishitani, D. Chiba, F. Matsukura, and H. Ohno, "AC susceptibility of (Ga,Mn)As probed by the anomalous Hall effect", 53rd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), Austin, Texas, USA, November 10-14, 2008.
42. H. Ohno and D. Chiba, "Electrical Control of Magnetism and Magnetization (*invited*)," Magnetic Single Nano-Object International School and Workshop (M-SNOW08), Nancy, France, November 23-28, 2008.
43. H. Ohno, "Ferromagnetic III-V Semiconductors: Electrical Manipulation of Magnetism and Magnetization (*invited*)," Twenty years of Spintronics Retrospective and Perspective, Paris, France, December 8-9, 2008.
44. Y. Ohno, "Optical detection of nuclear spin coherence in a GaAs/AlGaAs quantum well (*invited*)," Tohoku-York Joint Seminar, IMR, Tohoku University, Japan, January 19-20, 2009.
45. K. Ohtani, "Quantum Cascade Lasers (*invited*)," 2nd Germany/Japan Workshop "Nanolaser based Optical Sensing", The University of Tokyo, Japan, February 17, 2009.
46. H. Ohno, "Electric-field manipulation of magnetization vector direction (*invited*)," 2009 APS March Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, US, March 16-20, 2009.

● **庭野研究室（ナノ分子デバイス研究部）**
Nano-Molecular Devices (M. Niwano)

1. **有機分子デバイスの表面・界面のナノスケール解析・制御**
Nanometer-scale analysis and control of surfaces and interfaces of organic molecular devices
有機デバイスの表面・界面での現象をナノスケールで解析し、その動作原理を解明することにより、それらを制御し、有機デバイスの特性を向上させるための研究を行っている。
We have analyzed phenomena on surface and interface of organic devices and have elucidated the principle of their operation on a nanometer scale to improve their performance.
2. **半導体表面用いた生体機能解析**
Biodynamic analysis on a semiconductor surface
Si や GaAs 半導体表面上において、細胞やたんぱく質、DNA などの生体物質を赤外吸収法を用いて高感度に検出し、生体機能の解析を行っている。
We have sensitively detected biological materials such as cells, proteins, and DNA molecules on a semiconductor surface such as Si or GaAs and we have analyzed biodynamics
3. **高感度バイオセンシング・システムの研究開発**
Research and development of a high-sensitive bio-sensing system
赤外分光法を用いて溶液中で標識を用いずに生体物質を高感度に観測するためのバイオセンシング・システムの開発を行っている。
We have investigated development of a label-free bio-sensing system for high-sensitive detection of biological materials in a solution using infrared absorption spectroscopy.
4. **陽極酸化過程を用いたナノデバイスの開発研究**
Research and development of fabricating nanodevices using anodization processes
トップダウンプロセスと陽極酸化過程を組み合わせることによるナノデバイスの作製に関する研究を行っている。
We have investigated fabrication of nanodevices by using both top-down processes and anodization processes.
5. **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).
6. **電気化学透過型電子顕微鏡観察 (EC-TEM) 技術の開発研究**
Research and development of in-situ transmission electron microscopy for observation of electrochemical processes (EC-TEM)

【論文】

1. Yasuo Kimura, Tomohisa Oba, Naoko Shimakura, and Michio Niwano, “The thermal-field emission model for carrier injection characteristics of an organic field effect transistor”, Appl. Phys. Lett. **94** (2009) 073303.

2. R. Yamaguchi, A. Hirano-Iwata, Y. Kimura, K. Miyamoto, H. Miyazaki, H. Isoda, and M. Niwano, "In situ real-time monitoring of apoptosis on leukemia cells by surface infrared spectroscopy", *J. Appl. Phys.* **105** (2009) 024701.
3. 平野愛弓, 小野寺恒太, 宮本浩一郎, 片岡正俊, 篠原康雄, 木村康男, 庭野道夫, "表面赤外分光法を用いた抗原抗体反応の非標識検出: 二次構造解析による特異・非特異信号の識別", *表面科学* **29** (2008) 558-563.
4. Ayumi Hirano-Iwata, M. Niwano, and M. Sugawara, "The Design of Molecular Sensing Interfaces with Lipid Bilayer Assemblies", *Trends in Anal. Chem.* **27** (2008) 512-520.
5. K. Ishibashi, K. Tanaka, A. Hirano-Iwata, K. Miyamoto, Y. Kimura, and M. Niwano, "In situ study of DNA Attachment and Hybridization at Silicon Surfaces by IR Absorption Spectroscopy", *Jpn. J. Appl. Phys.* **47** (2008) 3204-3208.
6. A. Hirano, K. Onodera, K. Miyamoto, Y. Kimura, M. Kataoka, Y. Shinohara, and M. Niwano, "Peptide Immobilization on GaAs Surfaces and the Application to Label-Free Detection of Antigen-Antibody Interactions Using Multiple Internal Reflection Infrared Spectroscopy", *Sensor Letters* **6** (2008) 613-617.
7. K. Ishibashi, Y. Kimura, and M. Niwano, "An extensively valid and stable method for derivation of all parameters of a solar cell from a single current voltage characteristic", *J. Appl. Phys.* **103** (2008) 094507
8. T. Kadowaki, Y. Yamakawa, H. Nakamura, Y. Kimura, M. Niwano, and F. Masuoka, "A New Architecture for High-density High-performance SGT NOR Flash Memory", *IEEE Transactions on Circuits and Systems II, Express Briefs* **55** (2008) 551.

【国際会議発表】

1. A. Oshima, K. Onodera, A. Hirano-Iwata, K. Aoto, T. Taira, R. Yamaguchi, Y. Kimura, M. Niwano, "In Situ Monitoring of Phospholipid-bilayer Formation Using Surface Infrared Spectroscopy", *The IUMRS International Conference in Asia, Nagoya, Japan, Dec.9-13 (2008) KKP-8.*
2. H. Sato, Y. Kimura, K. Itaya, M. Niwano, "Electrochemical Microcell for in-situ and Real-Time TEM Observation of Solid-Liquid Interface Reactions", *The 5th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Waseda Univ., Japan, Nov. 9-13 (2008) 10p-p-61.*
3. T. Muto, Y. Kimura, and M. Niwano, "The Formation Mechanism of Aluminum Nanodots by Inhomogeneous Anodization as a Self-Alignment Technique for a Room-Temperature Operating Single-Electron Transistor", *The 5th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Waseda Univ., Japan, Nov. 9-13 (2008) 11p-h-1.*
4. N. Shimakura, Y. Kimura, and M. Niwano, "Monte Carlo Simulation of Porous Silicon Formation", *The 5th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Waseda Univ., Japan, Nov. 9-13 (2008) 10p-p.*
5. Y. Kondo, R. Yamaguchi, A. Hirano-Iwata, K. Miyamoto, Y. Kimura, H. Isoda, H. Miyazaki, and M. Niwano, "In-situ Monitoring of Cell Activities Using Surface Infrared spectroscopy", *The 5th International Symposium on Surface Science and Nanotechnology, Waseda Univ., Japan, Nov. 9-13 (2008) 12p-p-109.*
6. Y. Kimura, and M. Niwano, "In-Situ Infrared Spectroscopic Study of Electrochemical Etching Processes at Si Surfaces", *Pacific rim meeting on electrochemical and solid state science, 214th ECS meeting, Honolulu, USA, Oct. 12-17 (2008) D6-1803.*
7. Yasuo Kimura, Takami Muto, Naoko Shimakura, and Michio Niwano, "Inhomogeneous anodization of aluminum for nanofabrication", *Pacific rim meeting on electrochemical and solid state science, 214th ECS meeting, Honolulu, USA, Oct. 12-17 (2008) D6-1812.*
8. N. Shimakura, Y. Kimura, and M. Niwano, "In situ observation of electrochemical etching process using infrared spectroscopy and its Monte Carlo etching simulation", *Pacific rim meeting*

on electrochemical and solid state science, 214th ECS meeting, Honolulu, USA, Oct. 12-17 (2008) D6-1813.

9. R. Yamaguchi, K. Ishibashi, K. Miyamoto, Y. Kimura, and M. Niwano, "In-situ infrared spectroscopic measurement of DNA molecules in a porous anodic alumina film", Pacific rim meeting on electrochemical and solid state science, 214th ECS meeting, Honolulu, USA, Oct. 12-17 (2008) A1-38.
10. R. Yamaguchi, A. Hirano-Iwata, Y. Kimura, K. Miyamoto, H. Miyazaki, H. Isoda, and M. Niwano, "In-situ monitoring of leukemia cell death by surface infrared spectroscopy", The 2008 international conference on solid state device and materials, Tsukuba, Japan, Sep. 23-26 (2008) D-9-2.
11. A. Hirano-Iwata, K. Tanaka, Y. Kimura, and M. Niwano, "In-Situ Surface Infrared Study of DNA Hybridization on Au Island Films Deposited on Si Surfaces", The 2008 international conference on solid state device and materials, Tsukuba, Japan, Sep. 23-26 (2008) E-5-4.
12. T. Muto, Y. Kimura, M. Niwano, "Anodization process of aluminum microelectrode for a single-electron transistor operating at room temperature", 66th Device Research Conference (The University of California, Santa Barbara), June. 23-25 (2008) III-24.
13. Y. Kimura, K. Ishibashi, M. Niwano, "Fabrication of titanium oxide nanotubes through anodization of titanium in a mixture of perchloric acid and ethanol", The 4th Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology (CGCT-4), Sendai, Japan, May 21-24 (2008) C-24PM-I-6B-2.
14. Yasuo Kimura, Ken-ichi Ishibashi, and Michio Niwano, "An extensively valid and stable method for determination of all parameters of a solar cell from a single I-V characteristic", 213th ECS Meeting, Phoenix, USA, May 15-22 (2008) B5-326.
15. H. Sato, Yasuo Kimura, Kingo Itaya, Michio Niwano, In-situ and real-time TEM observation of the reaction at solid-liquid interface, 213th ECS Meeting, Phoenix, USA, May 15-22 (2008) A3-79.

● **中島・佐藤研究室（知的ナノ集積システム研究部）**
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
アクティブニューロンモデルである ID モデルを用いて、知的情報処理システムを目指す。
This research is concerned with the development of the intelligent processing system by using ID models which are active neuron models.
3. **ニューロ的手法を利用した量子計算機に関する研究**
Research for neuromorphic quantum computer
ニューロ的手法を利用した量子計算アルゴリズムの開発と、その固体素子への実装を図る。
This research is concerned both with the development of a new neuromorphic quantum computation algorithm and its implementation with solid state devices.
4. **超伝導位相モード集積回路に関する研究**
Research for superconducting phase-mode LSI
磁束量子を情報担体とする超伝導集積回路で構成した新しい計算機システムを開発する。
This research is concerned with the development of new computer systems constructed of superconducting LSI circuits where single flux quanta are used as information bit carriers.

【査読付論文】

1. S. Chun, Y. Hayakawa, and K. Nakajima, Hardware Neural Network for a Visual Inspection System, IEICE Trans. Fundamentals, vol. E91-A, no. 4, pp. 935-942, April 2008.
2. J. Sveholm, Y. Hayakawa, and K. Nakajima, Recalling Temporal Sequences of Patterns Using Neurons with Hysteretic Property, IEICE Trans. Fundamentals, vol. E91-A, no. 4, pp. 943-950, April 2008.
3. K. Nakajima and S. Suenaga, Bursting characteristics of a neuron model based on a concept of potential with active areas, Chaos, American Institute of Physics, vol. 18, p. 023120, May 2008.
4. Y. Yamada, K. Nakajima, and K. Nakajima, RF impedance of intrinsic Josephson junction in flux-flow state with a periodic pinning potential, Physica C, vol. 468, pp. 1295-1297, Sep. 2008.
5. 千承佑、早川吉弘、中島康治、外観検査システムのための高速ハードウェアニューラルネットワークの設計、電子情報通信学会論文誌A、vol. J92-A, no. 1, pp. 37-47, Jan. 2009.

【会議議事録、アブストラクト】

1. A. Ono, S. Sato, M. Kinjo, and K. Nakajima, Study on the Performance of Neuromorphic Adiabatic Quantum Computation Algorithms, Proceedings of 2008 International Joint Conference

- on Neural Networks, pp.2508-2512, Hong Kong, China, June 2008.
2. K. Nakajima, A. Martins, S. Sakuraba, and T. Onomi, Integrated Multiplier for Fast Fourier Transform System Using Single Flux Quantum Data Processing Circuits, Proceedings of Superconducting SFQ VLSI workshop(SSV 2008), pp.26-27, Yokohama, Japan, March 2008.
 3. S. Sakuraba, A. Martins, T. Onomi and K. Nakajima, SFQ Parallel Multiplier, Adder, and Subtractor, Superconducting SFQ VLSI workshop(SSV 2008), P2-14, Yokohama, Japan, March 2008.
 4. N. Kitabatake, K. Inomata, S. Sato, M. Kinjo, H. Wang, T. Hatano, and K. Nakajima, Resonant activation and multi-junction switching characteristics of Bi-2212 intrinsic Josephson junctions, 2008 APS March Meeting, K1.00302, New Orleans, U.S.A., March 2008.
 5. T. Onomi and K. Nakajima, Implementation of high-speed single flux-quantum up/down counter for the neural computation using stochastic logic, 2008 Applied Superconductivity Conference, 3EPC05, Chicago, U.S.A., Aug. 2008.
 6. T. Sota, Y. Hayakawa, and K. Nakajima, ID model with Higher-Order Connections for Traveling Salesman Problem, Proceedings of 2008 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, pp. 548-551, Budapest, Hungary, Sep. 2008.
 7. K. Nakajima, Universal analyses of neuron models based-on a concept of potential with active areas, Proceedings of 2008 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, pp. 632-635, Budapest, Hungary, Sep. 2008.

● 枝松・小坂研究室（量子光情報工学研究分野）
Quantum-Optical Information Technology (K.Edamatsu and H.Kosaka)

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. 単一光子・相関光子発生技術の進展 [枝松圭一: 光学 **37**, 440-446 (2008)]
2. 半導体単一光子源および量子もつれ光子源 [枝松圭一: レーザー研究 **36**, 464-469 (2008)]
3. 光から電子スピンへの量子コヒーレンス転写 [小坂英男: 固体物理 **43**, 489-497 (2008)]
4. 量子中継と量子転写ー長距離量子通信と量子ネットワークを実現するキー技術ー [小坂英男: 電気通信情報学会誌 **91**, 946-951 (2008)]
5. Observation of optical-fibre Kerr nonlinearity at the single-photon level [N. Matsuda, R. Shimizu, Y. Mitsumori, H. Kosaka, and K. Edamatsu: Nature Photonics **3**, 95-98 (2009)]
6. Spin state tomography of optically injected electrons in a semiconductor [H. Kosaka, T. Inagaki, Y. Rikitake, H. Imamura, Y. Mitsumori, and K. Edamatsu: Nature **457**, 702-705 (2009)]
7. Time-resolved photoinduced Kerr rotation in semiconductor microcavity [Y. Mitsumori, N. Kato, H. Kosaka, K. Edamatsu, N. Yamamoto, K. Akahane: Phys. Stat. Sol. (c) **6**, 292-295 (2009)]
8. Cavity-assisted generation of entangled photons from a V-type three-level system [H. Ajiki, H. Ishihara, and K. Edamatsu: New J. Phys. **11**, 033033/1-9 (2009)]

【国際会議発表】

(招待講演)

1. Coherent transfer of light polarization to electron spins in a semiconductor quantum well [H. Kosaka: 8th International conference on Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures (PLMCN8), Tokyo, Japan (2008.4)]

2. Generation of polarization entanglement from type-II quasi-phase-matched parametric down-conversion [S. Nagano, A. Syouji, Y. Sugiura, H. Suzuki, R. Shimizu, K. Suizu, and K. Edamatsu: The 17th International Laser Physics Workshop (LPHYS'08), Trondheim, Norway (2008.7)]
3. Generation of entangled photons in semiconductors. [K. Edamatsu: International School of Physics “Enrico Fermi”, Quantum Coherence in Solid State Systems, Varenna, Italy (2008.7)]
(一般講演)
4. Photoinduced Kerr Rotation in Semiconductor Microcavity [Y. Mitsumori, N. Kato, H. Kosaka, K. Edamatsu, N. Yamamoto: 8th International conference on Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures (PLMCN8), Tokyo, Japan (2008.4)]
5. Excitonic Rabi Oscillations in a Single Quantum Dot Observed by a Heterodyne Pump-probe Technique [Y. Miyahara, Y. Mitsumori, H. Kosaka and K. Edamatsu: 8th International conference on Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures (PLMCN8), Tokyo, Japan (2008.4)]
6. Coherent transfer of light polarization to electron spins in a semiconductor -toward quantum media conversion [H. Kosaka, H. Shigyou, Y. Mitsumori, Y. Rikitake, H. Imamura, T. Kutsuwa, K. Edamatsu: Conference on Lasers and Electro-Optics and the Quantum Electronics and Laser Science Conference (CLEO/QELS 2008), San Jose, U.S.A. (2008.5)]
7. Temperature dependence of blue light-induced near-infrared absorption of ferroelectric crystals [S. Nagano, R. Shimizu, A. Syouji, K. Suizu, and K. Edamatsu: Conference on Lasers and Electro-Optics and the Quantum Electronics and Laser Science Conference (CLEO/QELS 2008), San Jose, U.S.A. (2008.5)]
8. Observation of excitonic Rabi oscillations in a single quantum dot using a heterodyne pump-probe technique [Y. Miyahara, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu: The 8th International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08), Kyoto, Japan (2008.6)]
9. Time-resolved photoinduced Kerr rotation in semiconductor microcavity [Y. Mitsumori, N. Kato, H. Kosaka, K. Edamatsu: The 8th International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08), Kyoto, Japan (2008.6)]
10. Measurement of cross-phase modulation at a single-photon level [N. Matsuda, J. Zhang, W. Ueno, R. Shimizu, Y. Mitsumori, H. Kosaka, and K. Edamatsu: The 2nd International Symposium on Information Electronics Systems, Sendai, Japan, (2008.7)]
11. Optical-fiber cross-Kerr nonlinearity with less than one photon [N. Matsuda, J. Zhang, W. Ueno, R. Shimizu, Y. Mitsumori, H. Kosaka, and K. Edamatsu: The 1st Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems (SOIM-GCOE08), Sendai, Japan (2008.10)]
12. Electrical field effect of trions in GaAs quantum well structures [W. Ueno, H. Kosaka, T. Kutsuwa, M. Kuwahara, Y. Mitsumori, and K. Edamatsu: The 1st Student Organizing International Mini-Conference on Information Electronics Systems (SOIM-GCOE08), Sendai, Japan (2008.10)]
13. Coherent transfer of light polarization to electron spins in a semiconductor [H. Kosaka, H. Shigyou, T. Inagaki, Y. Mitsumori, Y. Rikitake, H. Imamura, T. Kutsuwa, M. Kuwahara, K. Edamatsu: IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference 2008 (NMDC2008), Kyoto, Japan (2008.10)]
14. Optical responses in a quantum dot and quantum point contact for quantum media conversion from a photon to an electron spin [M. Kuwahara, T. Kutsuwa, K. Ono, H. Kosaka: IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference 2008 (NMDC2008), Kyoto, Japan (2008.10)]
15. Coherent transfer of light polarization to electron spins in a semiconductor [H. Kosaka, H. Shigyou, T. Inagaki, Y. Mitsumori, Y. Rikitake, H. Imamura, T. Kutsuwa, M. Kuwahara, and K. Edamatsu: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
16. Electron spin state tomography [T. Inagaki, H. Kosaka, Y. Mitsumori, K. Edamatsu, Y. Rikitake, and H. Imamura: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]

17. Optical responses of quantum transport for single photo-electron detection [M. Kuwahara, T. Kutsuwa, K. Ono and H. Kosaka: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
18. Detection of two electron spin state using ESR in a double quantum dot for quantum media conversion [T. Kutsuwa, M. Kuwahara, K. Ono, and H. Kosaka: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
19. Adiabatic charge pumping in laterally-coupled quantum dots [N. Yokoshi, H. Imamura and H. Kosaka: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
20. Magneto-optical Kerr tomography of an electron spin state in a semiconductor quantum dot [H. Imamura, Y. Rikitake, and H. Kosaka: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
21. Quantum state transfer from a time-bin photon qubit to an electron spin qubit [Y. Rikitake, H. Imamura, and H. Kosaka: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
22. Photon-induced electron transport in single InAs quantum dot devices [K. Ono, R. Takahashi, S. Amaha, T. Hatano, K. Kono, S. Tarucha, and H. Kosaka: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
23. Time-resolved photoinduced Kerr rotation in semiconductor microcavity [Y. Mitsumori, N. Kato, H. Kosaka, K. Edamatsu, N. Yamamoto, and K. Akahane: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
24. Observation of the single-photon-level Kerr nonlinearity in an optical fiber [N. Matsuda, R. Shimizu, Y. Mitsumori, H. Kosaka, K. Edamatsu: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
25. Characterization of a biphoton state with coincident frequencies generated via extended phase-matching condition [R. Shimizu and K. Edamatsu: International Symposium on Physics of Quantum Technology (ISPQT2008), Nara, Japan (2008.10)]
26. Coherent spin state transfer from light to electrons in a semiconductor [H. Kosaka, H. Shigyou, T. Inagaki, Y. Mitsumori, Y. Rikitake, H. Imamura, T. Kutsuwa, M. Kuwahara, and K. Edamatsu: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology 2009 (ISNTT2009), Atsugi, Japan (2009.1)]
27. Electron spin resonance in a double quantum dot on a g-factor controlled quantum well for quantum media conversion [T. Kutsuwa, M. Kuwahara, K. Ono, and H. Kosaka: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology 2009 (ISNTT2009), Atsugi, Japan (2009.1)]
28. Optical responses of quantum transport for single photo-electron detection [M. Kuwahara, T. Kutsuwa, K. Ono, and H. Kosaka: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology 2009 (ISNTT2009), Atsugi, Japan (2009.1)]
29. Tomographic spin state measurement of electrons in a semiconductor [T. Inagaki, H. Kosaka, Y. Mitsumori, K. Edamatsu, Y. Rikitake, and H. Imamura: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology 2009 (ISNTT2009), Atsugi, Japan (2009.1)]
30. Photo-absorption of single InAs quantum dot proved by single electron transport [K. Ono, R. Takahashi, S. Amaha, T. Hatano, K. Kono, S. Tarucha, and H. Kosaka: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology 2009 (ISNTT2009), Atsugi, Japan (2009.1)]
31. Optical spin coherence tomography of an electron in a semiconductor quantum dot [Y. Rikitake, H. Imamura and H. Kosaka: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology 2009 (ISNTT2009), Atsugi, Japan (2009.1)]
32. Spin state measurement through adiabatic charge transfer in coupled quantum dots [N. Yokoshi, H. Imamura, and H. Kosaka: International Symposium on Nanoscale Transport and Technology 2009 (ISNTT2009), Atsugi, Japan (2009.1)]

●長谷川客員教授・池田研究室（ナノスピメモリ研究部）
Nanospin Memory (H.Hasegawa and S.Ikeda)

1. 金属磁性体素子とそのメモリ・演算素子への応用に関する研究
Magnetic Metal Devices and Their Application to Nonvolatile Spin Memories and Logics
強磁性金属電極と障壁層から成る磁気トンネル接合を適用した高性能スピメモリ・演算素子の開発を行っている。
Development of advanced spin memory devices and logic devices using magnetic tunnel junctions consisting of ferromagnetic metal electrodes and insulating barriers.

【査読付論文】

1. J. Hayakawa, S. Ikeda, K. Miura, M. Yamanouchi, Y. M. Lee, R. Sasaki, M. Ichimura, K. Ito, T. Kawahara, R. Takemura, T. Meguro, F. Matsukura, H. Takahashi, H. Matsuoka, and H. Ohno, "Current-induced magnetization switching in MgO barrier magnetic tunnel junctions with CoFeB-based synthetic ferrimagnetic free layers", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 44, pp. 1962-1967, July 2008.
2. S. Matsunaga, J. Hayakawa, S. Ikeda, K. Miura, H. Hasegawa, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Fabrication of a nonvolatile full adder based on logic-in-memory architecture using magnetic tunnel junctions", Applied Physics Express, Vol. 1, pp. 091301, August 2008
3. S. Ikeda, J. Hayakawa, Y. Ashizawa, Y. M. Lee, K. Miura, H. Hasegawa, M. Tsunoda, F. Matsukura, and H. Ohno, "Tunnel magnetoresistance of 604% at 300 K by suppression of Ta diffusion in CoFeB/MgO/CoFeB pseudo-spin-valves annealed at high temperature", Applied Physics Letters, Vol. 93, pp. 082508, August 2008.
4. M. Sekikawa, K. Kiyoyama, H. Hasegawa, K. Miura, T. Fukushima, S. Ikeda, T. Tanaka, H. Ohno, and M. Koyanagi, "A novel SPRAM (spin-transfer torque RAM)-based reconfigurable logic block for 3D-stacked reconfigurable spin processor", in digests of technical papers of 2008 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM 2008), pp. 935-937, December 2008.
5. S. Matsunaga, K. Hiyama, A. Matsumoto, S. Ikeda, H. Hasegawa, K. Miura, J. Hayakawa, T. Endoh, H. Ohno, and T. Hanyu, "Standby-power-free compact ternary content-addressable memory cell chip using magnetic tunnel junction devices", Applied Physics Express, Vol. 2, pp. 023004, February 2009.

【国際会議発表】

1. S. Ikeda, J. Hayakawa, Y. M. Lee, K. Miura, H. Hasegawa, F. Matsukura, and H. Ohno, "Annealing temperature dependence of tunnel magnetoresistance in MgO-barrier magnetic tunnel junctions with CoFeB electrodes", International Magnetism Conference 2008 (INTERMAG), Palacio Municipal de Congresos, Madrid, Spain, May 4-8, 2008. (Invited)
2. S. Ikeda, J. Hayakawa, K. Miura, H. Hasegawa, R. Sasaki, H. Yamamoto, H. Gan, J. H. Park, F. Matsukura and H. Ohno, "Recent progress in magnetic tunnel junctions for nanometer-scaled spin devices", NSC-JST Nano Device Workshop, National Taiwan University, Taiwan, July 30-31, 2008. (Invited)
3. R. Takemura, T. Kawahara, J. Hayakawa, K. Miura, K. Ito, M. Yamanouchi, S. Ikeda, H. Takahashi, H. Matsuoka, and H. Ohno, "TMR Design Methodology for SPRAM (SPin-transfer torque RAM) with Nonvolatile and SRAM Compatible Operation", IEEE Joint 23rd Non-Volatile Semiconductor Memory Workshop / 3rd International Conference on Memory Technology and Design, Monterey, CA, USA, May 18-21, 2008.
4. K. Ito, T. Devolder, K. Miura, J. Hayakawa, H. Takahashi, P. Crozat, J. V. Kim, S. Ikeda, C. Chappert, and H. Ohno, "Time-Resolved Measurement of Nanosecond-Scale Spin-Transfer

Torque Magnetization Switching”, The 9th International Symposium on Foundation of Quantum Mechanics on the Light of New Technology, Saitama, Japan, August 25-28, 2008.

5. K. Ito, J. Hayakawa, K. Miura, M. Yamanouchi, R. Takemura, T. Kawahara, S. Ikeda, H. Hasegawa, T. Meguro, R. Sasaki, H. Takahashi, H. Matsuoka, and H. Ohno, “Current Development Status and Future Challenges of Spin Torque Transfer MRAM Technology”, 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2008), Tsukuba, Ibaraki, Japan, September 23-26, 2008. (Invite)
6. S. Matsunaga, J. Hayakawa, S. Ikeda, K. Miura, T. Endoh, H. Ohno and T. Hanyu, “Fabrication of a Standby-Power-Free TMR-Based Nonvolatile Memory-in-Logic Circuit Chip with a Spin-Injection Write Scheme”, 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2008), Tsukuba, Ibaraki, Japan, September 23-26, 2008.
7. H. Hasegawa, S. Ikeda, J. Hayakawa, K. Miura, R. Sasaki, K. Ito, H. Takahashi and H. Ohno, "Evaluation of characteristic parameters of MgO barrier based magnetic tunnel junctions with CoFeB/Ru/CoFeB synthetic ferrimagnetic free layers", Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science (PRIME), Honolulu, Hawaii, USA, October 12-17, 2008.
8. S. Ikeda, W. Shiga, J. Hayakawa, K. Miura, H. Hasegawa, J. Park, H. Gan, H. Yamamoto, F. Matsukura, and H. Ohno, "Tunnel magnetoresistance properties of double MgO barrier magnetic tunnel junctions with CoFeB electrodes", 53rd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), Austin, Texas, USA, November 10-14, 2008.
9. K. Miura, J. Hayakawa, S. Ikeda, R. Sugano, R. Sasaki, M. Yamanouchi, H. Hasegawa, K. Ito, T. Hamada, H. Takahashi and H. Ohno, "Spin-transfer torque magnetization switching under magnetic field applied along easy and hard axis in MgO-based magnetic tunnel junctions", 53rd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), Austin, Texas, USA, November 10-14, 2008.
10. H. Gan, S. Ikeda, J. Hayakawa, K. Miura, H. Hasegawa, J. Park, H. Yamamoto, F. Matsukura, and H. Ohno, "Relationship between tunnel magnetoresistance and structural characteristic for CoFeB/MgO/CoFeB pseudo-spin-valves annealed at high temperature: A route to over 600% at room temperature", 53rd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), Austin, Texas, USA, November 10-14, 2008.
11. K. Ito, J. Hayakawa, K. Miura, M. Yamanouchi, R. Sugano, M. Ichimura, R. Takemura, T. Kawahara, S. Ikeda, H. Hasegawa, T. Meguro, R. Sasaki, H. Takahashi, H. Matsuoka, and H. Ohno, “Thermal Stability of SPRAM (Spin transfer torque RAM) with CoFeB-based synthetic ferrimagnetic free layers”, 53rd Conference on Magnetism and Magnetic Materials (MMM), Austin, Texas, USA, November 10-14, 2008.

● 尾辻・末光研究室（超ブロードバンド信号処理研究分野）
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

半導体ヘテロ接合構造に発現する2次元プラズモンの共鳴効果という新しい動作原理に立脚した、周波数可変で光波との同期が可能な集積型のコヒーレント電磁波発生・信号処理電子デバイスの研究開発を理論実験両面から推進している。同時に、新材料グラフェンを用いた独自構造の極限超高速トランジスタ、および新原理テラヘルツレーザーの研究開発を推進している。

We are developing a novel frequency-tunable plasmon-resonant microelectronic device operating in the millimeter-wave and terahertz regions with functionalities of coherent, tunable signal generation and ultra-broadband signal processing. We are also pursuing graphene-based new materials and original device structures for ultrafast transistors as well as terahertz lasers to break through the limit on conventional transistor speed and lasing frequency.

【査読付論文】

1. V. Ryzhii, A. Satou, M. Ryzhii, T. Otsuji, and M. S. Shur, "Mechanism of self-excitation of terahertz plasma oscillations in periodically double-gated electron channels," *J. Phys.: Condens. Matters*, Vol. 20, Iss. 384207, pp. 1-6, 2008. (別刷り)
2. T. Otsuji, Y. M. Meziani, T. Nishimura, T. Suemitsu, W. Knap, E. Sano, T. Asano, V.V. Popov, "Emission of terahertz radiation from dual-grating-gates plasmon-resonant emitters fabricated with InGaP/InGaAs/GaAs material systems," *J. Phys.: Condens. Matters*, Vol. 20, Iss. 384206, pp. 1-11, 2008. (別刷り)
3. V.G. Leiman, V. Ryzhii, M. Ryzhii, A. Satou, N. Ryabova, T. Otsuji, M. Shur, "Analysis of resonant detection of terahertz radiation in high-electron mobility transistor with a nanostring/carbon nanotube as mechanically floating gate," *J. Appl. Phys.*, Vol. 104, Iss. 024514, pp. 1-7, 2008.
4. V. Ryzhii, M. Ryzhii, and T. Otsuji, "Thermionic and tunneling transport mechanisms in graphene field-effect transistors," *Physica. Status Solidi (a)*, Vol. 205, No. 7, pp. 1527-1533, 2008.
5. V. Ryzhii, V. Mitin, M. Ryzhii, N. Ryzbova, and T. Otsuji, "Device model for graphene nanoribbon phototransistor," *Appl. Phys. Express*, Vol. 1, Iss. 6, pp. 063002-1-063002-3, 2008.
6. Y. M. Meziani, H. Handa, W. Knap, T. Otsuji, E. Sano, V. V. Popov, G. M. Tsymbalov, D. Coquillat, and F. Teppe, "Room temperature terahertz emission from grating coupled two-dimensional plasmons," *Applied Physics Letters*, Vol. 92, Iss. 20, pp. 201108-1-201108-3, 2008. (別刷り)
7. V. Ryzhii, M. Ryzhii, A. Satou, and T. Otsuji, "Current-Voltage Characteristics of a Graphene Nanoribbon Field-Effect Transistor," *J. Appl. Phys.*, Vol. 103, pp. 094510-1-094510-8, May, 2008.

【国際会議発表】

1. Y. Tsuda, T. Komori, H. Chen, T. Suemitsu, and T. Otsuji, "Application of plasmonic microchip emitters to broadband terahertz spectroscopic measurement," OTST 2009: International Workshop on Terahertz Science and Technology, Santa Barbara, CA, USA, Mar. 7-11, 2009.
2. A. Satou, M. Ryzhii, F. T. Vasko, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Graphene under optical pumping: nonequilibrium distributions, population inversion, and terahertz lasing," SPIE Photonic West 2009, San Jose, CA, USA, Jan. 24-29, 2009.

3. T. Otsuji, Y. Tsuda, T. Komori, T. Nishimura, Y.M. Meziani, A. El Fatimy, T. Suemitsu and E. Sano, "Emission of terahertz radiation for spectroscopic applications utilizing two-dimensional plasmons in semiconductor heterostructures," 13th Advanced Heterostructures and Nanostructures Workshop, Hawaii, USA, Dec. 7-12, 2008.
4. T. Otsuji, T. Suemitsu, H.-C. Kang, H. Karasawa, Y. Miyamoto, H. Handa and M. Suemitsu, "Transistor Operation of Epitaxial Graphene Channel on Silicon Substrate with SiC Backgate Barrier Layer," 13th Advanced Heterostructures and Nanostructures Workshop, Hawaii, USA, Dec. 7-12, 2008.
5. T. Otsuji, "Terahertz plasmonic microchip emitter/detector and their applications," LALS 2008: the Int'l Conference on Laser Applications in Life Science Abstract, p. S25-03, Taipei, Taiwan, Dec. 4-6, 2008. (invited)
6. Irina Khmyrova, Takuya Nishimura, Nobuhiro Magome, Tetsuya Suemitsu, and Taiichi Otsuji, "Frequency performance of plasmaswave devices for THz applications and the role of fringing effects," 2008 IEEE 25th Convention of Electrical & Electronics Engineers in Israel (IEEEI 2008) Proc., pp. 650-653, Eilat, Israel, Dec. 3-5, 2008.
7. C.H. Kang, H. Karasawa, T. Suemitsu, Y. Miyamoto, M. Suemitsu, T. Otsuji, "Transistor operation of graphene channel on silicon substrated with SiC backgate barrier layer," Int. Symp. on Graphene Devices: Technology, Physics and Modeling Tech. Dig., pp. 30-31, Aizu-Wakamatsu, Nov. 17-19, 2008.
8. V. Vyurkov, I. Semenikhin, M. Ryzhii, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Hydrodynamic model of a graphene field-effect transistor," Int. Symp. on Graphene Devices: Technology, Physics and Modeling Tech. Dig., pp. 32-33, Aizu-Wakamatsu, Nov. 17-19, 2008.
9. W. Matsuoka, E. Sano, and T. Otsuji, "Graphene-channel FET characteristics desired for constructing logic circuits," Int. Symp. on Graphene Devices: Technology, Physics and Modeling Tech. Dig., pp. 34-35, Aizu-Wakamatsu, Nov. 17-19, 2008.
10. C.H. Kang, H. Karasawa, T. Suemitsu, Y. Miyamoto, M. Suemitsu, T. Otsuji, "Transistor operation of graphene channel on silicon substrated with SiC backgate barrier layer," Int. Symp. on Graphene Devices: Technology, Physics and Modeling Tech. Dig., pp. 30-31, Aizu-Wakamatsu, Nov. 17-19, 2008.
11. T.Suemitsu, H.-C.Kang, H.Karasawa, Y.Miyamoto, H.Handa, M.Suemitsu, T.Otsuji, "Graphene/SiC/Si Group-IV Heterostructure Transistors," HETECH 2008 (17th European Heterostructure Technology Workshop), Venice, Italy, Nov. 3-5, 2008.
12. V. Ryzhii, M. Ryzhii, A. Satou, and T. Otsuji, "Graphene nanoribbon field-effect transistor: device model and characteristics," Abst. Of the 2nd IEEE Nanotechnology Materials and Devices Conference, p. 62, Kyoto, Oct. 20-22, 2008.
13. D. Coquillat, T. Nishimura, Y. Meziani, S. Nadar, F. Teppe, N. Dyakonova, S. Boubanga-Tombet, W. Knap, and T. Otsuji, "Room temperature terahertz detection from a new doubly interdigitated grating gate transistor," European Optical Society Topical Meeting on Terahertz Science and Technology as a part of the 2008 EOS Annual Meeting, pp. TOM2-2-1-2, Park Expo Convention Center, Paris, France, Sept. 29 - Oct. 2, 2008.
14. "A. El Fatimy, J.C. Delagnes, E. Abraham, E. Nguema, P. Mounaix, W. Knap, Y. Meziani and T. Otsuji, "Terahertz imaging based on a plasma-wave resonant detection of pulsed terahertz radiation by nanometric transistors," European Optical Society Topical Meeting on Terahertz Science and Technology as a part of the 2008 EOS Annual Meeting, pp. TOM2-4-1-2, Park Expo Convention Center, Paris, France, Sept. 29 - Oct. 2, 2008.
15. T. Otsuji, "Emission of terahertz radiation from 2D-plasmon resonance in dual-grating-gate high electron mobility transistors," Workshop of GDR-E "Semiconductor sources and detectors of THz frequencies," Paris, France, Sept. 25-26, 2008.
16. S. Fukuda, T. Suemitsu, T. Otsuji, D.-H. Kim, and J.A. del Alamo, "Analysis of Gate Delay Scaling in In_{0.7}Ga_{0.3}As-Channel HEMTs," 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, Tsukuba, Ibaraki, Japan, Sept. 23-26, 2008.

17. T. Nishimura, N. Magome, I. Khmyrova, T. Suemitsu, W. Knap, and T. Otsuji, "Effect of Nonideality of the Gate-2DEG Channel Capacitance on the Frequency of Plasma Oscillations in the Plasma Wave Devices," 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, Tsukuba, Ibaraki, Japan, Sept. 23-26, 2008.
18. V.Ryzhii, M.Ryzhii, N.Ryabova, V.Mitin, and T.Otsuji. "Graphene nanoribbon phototransistor: proposal and analysis," Ext. Abst. of the 2008 Int. Conf. on Solid State Device and Materials, p.190, Tsukuba, Sept.24-26, 2008.
19. M. Ryzhii, A. Satou, T. Otsuji, and V. Ryzhii. "Dynamic characteristics of graphene nanoribbon field-effect transistors," Ext. Abst. of the 2008 Int. Conf. on Solid State Device and Materials, p.598, Tsukuba, Sept.24-26, 2008.
20. Y. M. Meziani, T. Nishimura, H. Handa, W. Knap, T. Otsuji, E. Sano, V. V. Popov, D. Coquillat, and F. Teppe, "Room temperature generation of terahertz radiation from dual grating gate HEMT's," 33rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, M5-D12, CalTech, Pasadena, CA, USA, Sept. 15-19, 2008.
21. A. El Fatimy, E. Abraham, E. Nguema, P. Mounaix, F.Teppe, W. Knap and T. Otsuji, "Room Temperature Terahertz Imaging by a GaAs-HEMT Transistor Associated with a THz Time Domain Spectrometer," 33rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, PID675439, CalTech, Pasadena, CA, USA, Sept. 15-19, 2008.
22. A. Satou, N. Vagidov, V. Mitin, T. Otsuji and V. Ryzhii, "Effect of contacts on the terahertz plasma resonances in two-dimensional electron systems," 2008 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices (SISPAD), pp. 197-200, Hakone, Japan, Sept. 9-11, 2008.
23. V. Mitin, N. Ryabova, M. Ryzhii, T. Otsuji, and V. Ryzhii, "Graphene nanoribbon phototransistors: principle of operation, device model, and characteristics," 29th Int. Conf. on Physics of Semiconductors (ICPS-29), p.145, Rio de Janeiro, Brazil, Jul.27 - Aug.1, 2008.
24. V. Ryzhii, M. Ryzhii, N. Ryabova, V. Mitin and T. Otsuji, "Far infrared and terahertz devices based on graphene heterostructures," Int. Symp. on "Nanostructures: Physics and Technology", pp. 1-4, Vladivostok, Russia, July 14-18, 2008.
25. T. Otsuji, "Emission of terahertz radiation from InGaP/InGaAs/GaAs grating-bicoupled plasmon-resonant nano-transistors," Proc. 2008 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), pp. 205-210, Sapporo, Hokkaido, July 9 – 11, 2008.
26. T. Nishimura, N. Magome, H.C. Kang, T. Otsuji, "Spectral Narrowing Effect of a Novel Super-Grating Dual-Gate Structure for Plasmon-Resonant Terahertz Emitter," Proc. 2008 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), pp. 217-220, Sapporo, Hokkaido, July 9-11, 2008.
27. H.C. Kang, T. Nishimura, T. Otsuji, N. Watanabe, T. Asano, "Three-Dimensional (3D) Integration of A Log Spiral Antenna for High-Directivity Plasmon-Resonant Terahertz Emitter," Proc. 2008 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD), pp. 211-215, Sapporo, Hokkaido, July 9-11, 2008.
28. T. Nishimura, H. Handa, H. Tsuda, T. Suemitsu, Y.M. Meziani, W. Knap, T. Otsuji, E. Sano, V. Ryzhii, A. Satou, V. Popov, D. Coquillat, and F. Teppe, "Broadband Terahertz Emission from Dual-Grating Gate HEMT's -Mechanism and Emission Spectral Profile," Device Research Conference Dig., pp. 263-264, Santa Barbara, CA, June 23-25, 2008.
29. T. Otsuji, Y. M. Meziani, H. Handa, W. Knap, V. V. Popov, "Room temperature 0.5-to-6.5 THz emission from two-dimensional hot plasmons in doubly interdigitated grating-gate HEMT's," 32nd Workshop on Compound Semiconductor Devices and Integrated Circuits (WOCS-DICE) Abstract book, pp. 387-392, Louven, Belgium, May 19-21 2008.
30. Y.M. Meziani, H. Handa, W. Knap, T. Otsuji, E. Sano, and V. Popov, "Room temperature terahertz emission from two-dimensional plasmons in doubly interdigitated grating gate heterostructure transistors," Conference on Lasers and Electro-Optics 2008, pp. CTuX2-1-2, San

Jose, CA, May 4-9, 2008.

31. H.-C. Kang, T. Nishimura, T. Otsuji, "Study on integration of a self-complementary broadband spiral antenna onto a plasmon-resonant terahertz emitter," 3rd International Laser, Lightwave and Microwave Conference (ILLMC2008), Paper No. 23-TP3-3, Yokohama, April 23-25, 2008.
32. T. Nishimura, N. Magome, H.-C. Kang, T. Otsuji, "2-dimensional plasmon-resonant terahertz emitter employing a novel super-grating dual-gate structure," 3rd International Laser, Lightwave and Microwave Conference (ILLMC2008), Paper No. 23-TP3-2, Yokohama, April 23-25, 2008.

● **水野客員研究室（ブロードバンド通信基盤技術研究分野）**
Basic Technology for Broadband Communication (K.Mizuno)

1. ミリ波帯におけるパッシブ計測用機器及びその応用に関する研究・開発
Devices and applications for passive millimeter wave imaging are being studied.

【論文リスト】

1. M. Sato, T. Hirose, T. Ohki, T. Takahashi, K. Makiyama, H. Sato, K. Sawaya, and K. Mizuno, "InP-HEMT MMICs FOR PASSIVE MILLIMETER-WAVE IMAGING SENSORS," 20th Indium Phosphide and Related Materials Conference, (Versailles, France). (2008年5月26日). (招待講演)
2. 水野皓司, "ミリ波を用いたイメージング", 電子情報通信学会誌, Vol. 91, No. 12, pp. 1047-1053, (2008年12月). (招待論文).
3. 水野皓司, "安全・安心のためのミリ波パッシブセンシング", 東京大学グローバル COE 「セキュアライフ・エレクトロニクス」シンポジウム, (2009年1月20日). (招待講演)

● 坪内・中瀬研究室（先端ワイヤレス通信技術研究分野）
Wireless Info Tech (K.Tsubouchi)

1. 広帯域無線通信用 FBAR フィルタおよび発振器の研究

Development of FBAR filter and oscillator for broadband wireless communication

5GHz 帯高速無線 LAN 端末用 RF フィルタと発振器を，FBAR で実現することを目指している．MOCVD 法による AlN 成膜技術の確立を行っている．

We have investigated implementation of RF frontend FBAR filter and oscillator for broadband mobile terminal. AlN film has been developed using MOCVD equipment.

【国際会議発表】

1. Y. Aota, S. Tanifuji, H. Oguma, S. Kameda, T. Takagi, and K.Tsubouchi, "AlN film using low temperature MOCVD process for FBAR," 2008 IEEE Int. Ultrason. Symp., Beijing, China, Nov. 2-5, 2008.
2. S. Tanifuji, Y. Aota, H. Oguma, S. Kameda, T. Takagi, and K.Tsubouchi, "Spurious vibration suppression by film thickness control for FBAR," 2008 IEEE Int. Ultrason. Symp., Beijing, China, Nov.2-5, 2008.

● **石山研究室（生体電磁情報研究分野）**
Electromagnetic Bioinformation Engineering (K.Ishiyama)

1. **超高感度磁気センサに関する研究**
Study on sensitive magnetic sensors

極めて高い感度で磁界を計測できるセンサを提案し、磁性薄膜材料の異方性とセンサ感度の関係、ならびにセンサの特異な機能性を利用した新たな応用について検討を行っている。

We proposed a very high sensitive magnetic field sensor. The relation between the magnetic anisotropy of the magnetic thin films and the sensitivity of the sensors, and new applications using the unique function of the sensors are investigated.

【論文】

1. T. Nakai, K. Ishiyama, J. Yamasaki, "Study of hysteresis for steplike giant magnetoimpedance sensor based on magnetic energy," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol.320(2008), pp.e958–e962.
2. 中居 倫夫, 高田 健一, 小松 迅人, 石山 和志, 「不連続的 GMI 素子におけるインピーダンス不連続点の外部磁界変動に対する安定性」*Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol. 32(2008), No. 3, pp.366-370.
3. 加藤 智紀, 石山 和志, 「形状磁気異方性を用いた高周波キャリア型磁界センサの磁性薄膜構造に関する検討」*Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol. 32 (2008), No. 3, pp.371-375.

● 高橋・角田・斎藤研究室（電子工学専攻電子物理工学分野）

**Electronic Physics Engineering, Department of Electronic Engineering
(M.Takahashi, M.Tsunoda and S.Saito)**

1. 高性能磁気抵抗薄膜の作製とスピントランスファー効果に関する研究
Highly qualified CPP-MR Spin Valves with high MR ratio and its Spin Transfer effect
微細強磁性トンネル接合素子や CPP-GMR 素子の低抵抗化，高 MR 変化率化の実現のための新規材料開発と，そのスピン伝導について研究している。
New material development and physics of magneto-transport properties for nano-fabricated tunnel-magneto-resistance (TMR) elements and CPP-GMR Spin Valves with low RA and high MR ratio are investigated.
2. Mn-Ir/Co-Fe 積層膜界面における交換磁気異方性の発現機構の解明
Investigation of the exchange anisotropy induced between Mn-Ir / Co-Fe interface
交換磁気異方性の起源である Mn の非補償スピンの磁化過程やモーメントの大きさを，放射光を用いた XMCD 手法ならびに PEEM 手法によって解析し，交換結合エネルギー (J_k) の更なる増大に必要な材料設計指針について研究している。
By X-ray Magnetic Circular Dichroism (XMCD) and/or Photo Electron Emission Microscope (PEEM) technique using synchrotron radiation, the magnetic behaviors and the magnetic moment of uncompensated Mn spins at the Mn-Ir / Co-Fe interface, which is considered to be the origin for exchange anisotropy, have been investigated. Based on such results, the material development for increase in J_k has been studied.

【査読付論文】

1. S. Isogami, M. Tsunoda, K. Komagaki, K. Sunaga, Y. Uehara, M. Sato, T. Miyajima and M. Takahashi, "In situ heat treatment of ultrathin MgO layer for giant magnetoresistance ratio with low resistance area product in CoFeB / MgO / CoFeB magnetic tunnel junctions", *Appl. Phys. Lett.* **93**, 192109 (2008).
2. Y. Komasaki, M. Tsunoda, S. Isogami and M. Takahashi, "75% inverse magnetoresistance at room temperature in Fe4N / MgO / CoFeB magnetic tunnel junctions fabricated on Cu under layer", *J. Appl. Phys.* **105**, 07C928 (2009)
3. H. Takahashi, M. Tsunoda, K. Fukumoto, T. nakamura, K. Arai, T. Kinoshita and M. Takahashi, "Correlation between exchange bias field and domain size of ferromagnetic layer in Mn-Ir / Co-Fe bilayers", *J. Appl. Phys.* **105**, 07D720 (2009).

【国際会議発表】

1. S. Isogami, M. Tsunoda, K. Komagaki, K. Sunaga, Y. Uehara, M. Sato, T. Miyajima and M. Takahashi, "In situ heat treatment of ultrathin MgO layer for giant magnetoresistance ratio with low resistance area product in CoFeB / MgO / CoFeB magnetic tunnel junctions", 53rd Conference on Magnetism and Magnetic materials (MMM), November 10-14, 2008, Austin, Texas.
2. Y. Komasaki, M. Tsunoda, S. Isogami and M. Takahashi, "75% inverse magnetoresistance at room temperature in Fe4N / MgO / CoFeB magnetic tunnel junctions fabricated on Cu under layer", 53rd Conference on Magnetism and Magnetic materials (MMM), November 10-14, 2008, Austin, Texas.
3. H. Takahashi, M. Tsunoda, K. Fukumoto, T. nakamura, K. Arai, T. Kinoshita and M. Takahashi, "Correlation between exchange bias field and domain size of ferromagnetic layer in Mn-Ir / Co-Fe bilayers", 53rd Conference on Magnetism and Magnetic materials (MMM), November 10-14, 2008, Austin, Texas.

● **山口・遠藤研究室（電気・通信工学専攻電磁理論分野）**
Electromagnetic Theory, Department of Electrical and Communication Engineering (M.Yamaguchi and Y.Endo)

1. **RF 集積化磁性薄膜インダクタに関する研究**
Ferromagnetic RF Integrated Inductor

GHz帯で高透磁率を有する磁性薄膜材料の開発とその集積化インダクタへの応用について研究している。

Development of soft magnetic thin films having high permeability in GHz frequency range, and their application to ferromagnetic RF integrated inductor are being studied.

2. **パッケージ・チップレベル集積化電磁ノイズ抑制技術に関する研究**
Package/Chip Level Integrated Electromagnetic Noise Suppression Technology

強磁性共鳴により選択的に GHz帯で高損失な磁性薄膜材料の開発とその集積化電磁ノイズ抑制体への応用を図り、EMC協調統合設計技術において対策技術がほとんど見出されていないパッケージ・チップレベルのノイズ対策技術の創生をすべく研究を展開している。

Development of selectively lossy magnetic thin films in GHz frequency range, and their application to integrated electromagnetic noise suppressor are being studied. This work leads to creation of package/chip level EMC cooperative general design technology.

3. **磁場掃印型磁気力顕微鏡による微小磁性体の磁気挙動に関する研究**
Study on Magnetization Reversal Process in a Single Nano-sized Magnet Using Magnetic Field Sweeping (MFS)-Magnetic Force Microscopy (MFM)

微小磁性体の磁気挙動を評価できる新規の磁化測定法である磁場掃印型磁気力顕微鏡を開発し、それを用いて微小磁性ドットや微小磁性細線の磁化反転過程について研究している。

A new magnetization measurement method, magnetic field sweeping (MFS)-magnetic force microscopy (MFM) which use a MFM tip as a detector while the magnetic field is swept, have been proposed, and the details of the magnetization reversal process of Ni-Fe nanowires and dots are being studied using MFS-MFM.

【査読付論文】

1. Y. Endo, H. Fujimoto, Y. Kawamura, R. Nakatani, and M. Yamamoto, "Effect of the Dot Separation on the Switching Behavior of Ni-Fe Elliptical Dot Arrays", IEEE Trans. Magn. **44**, No. 11, pp. 2718-2721, November 2008.
2. Y. Endo, H. Fujimoto, R. Nakatani, and M. Yamamoto, "Local Probing of Magnetization Reversal in Ni-Fe Elliptical Dots with Variable Geometry", IEEE Trans. Magn. **44**, No. 11, pp. 3244-3247, November 2008.
3. Takanobu Sato, Yasushi Endo, Yoshio Kawamura, Fumiyoshi Kirino, Ryoichi Nakatani, and Masahiko Yamamoto, "Study on Absence of Room-Temperature Ferromagnetism in the Mn-AlN Films With Various Mn Concentrations", IEEE Trans. Magn. **44**, No. 11, pp. 2688-2691, November 2008.
4. Y. Shimada, Y. Endo, M. Yamaguchi, S. Okamoto*, and O. Kitakami, "Initial Permeability of Magnetically Soft Particles with Composite Structure", J. Magn. Soc. Jpn **33**, No. 2, pp. 95-99, February 2009.

【国際会議発表】

1. M. Yamaguchi, T. Fukushima, T. Akiba, A. Nakamura, “Microfabrication process and characteristics of thin-film noise suppressor integrated onto the re-wiring layer of a LSI chip”, Europe International Magnetic Conference (INTERMAG2008), BC-07, Madrid, Spain, 4-8 May 2008.
2. S. Shiozawa, Y. Shimada, M. Yamaguchi, K. Kim, Y. Zhuang, M. Vroubel, B. Rejaei, “Experimental Verification of Skin Effect Suppression in Multilayer Thin-Film Conductor Taking Advantage of Negative Permeability of Magnetic Film beyond FMR frequency”, Europe International Magnetic Conference (INTERMAG2008), FF-04, Madrid, Spain, 4-8 May 2008.
3. Y. Shimada, Y. Endo, S. Okamoto, M. Yamaguchi, O. Kitakami, “Study on the microstructure and soft magnetic properties of Ni-Fe particles synthesized by a conventional and a microwave-assisted polyol method”, Europe International Magnetic Conference (INTERMAG2008), GR-18, Madrid, Spain, 4-8 May 2008.
4. Y. Endo, H. Fujimoto, Y. Kawamura, R. Nakatani, and M. Yamamoto, “Effect on the Dipole-Dipole Interaction Between Adjacent Dots in Ni-Fe Elliptical Dot Arrays”, Europe International Magnetic Conference (INTERMAG2008), DR-05, Madrid, Spain, 4-8 May 2008.
5. Y. Endo, H. Fujimoto, R. Nakatani, and M. Yamamoto, “A Detailed Magnetization Reversal in a Single Ni-Fe Elliptical Dot with Several Dot Sizes”, Europe International Magnetic Conference (INTERMAG2008), DN-07, Madrid, Spain, 4-8 May 2008.
6. Takano Sato, Yasushi Endo, Yoshio Kawamura, Fumiyoshi Kirino, Ryoichi Nakatani, and Masahiko Yamamoto, “Study on Absence of Room-Temperature Ferromagnetism in the Mn-AlN Films With Various Mn Concentrations”, Europe International Magnetic Conference (INTERMAG2008), EQ-04, Madrid, Spain, 4-8 May 2008.
7. Y. Shimada, Y. Endo, M. Yamaguchi, “High frequency permeability of fine particle composites”, 6th International Workshop on High Frequency Micromagnetic Devices and Materials (MMDM6), 09a-1, Madrid, Spain, 9 May 2008.
8. Keiji Yamada, Koichi Kondo, Masahiro Yamaguchi, “RF planar inductor using spin-spray ferrite film”, 6th International Workshop on High Frequency Micromagnetic Devices and Materials (MMDM6), 09p-3, Madrid, Spain, 9 May 2008.
9. Takahiro Fukushima, Masahiro Yamaguchi, Toshio Akiba, and Atsushi Nakamura, “Thin-film noise suppressor integrated to WLP re-wiring substrate”, 6th International Workshop on High Frequency Micromagnetic Devices and Materials (MMDM6), 09p-6, Madrid, Spain, 9 May 2008.
10. M. Yamaguchi, “Skin effect in a narrow strip of Permalloy/Al thin-film multilayer beyond FMR frequency (invited)”, International Workshop on Micro Wires 2008 (IWMW2008), I8, Zumaia, Spain, 8-10 May 2008.
11. M. Yamaguchi, “High Frequency Permeability of Soft Magnetic Materials and Its Application to ICT Devices”, Moscow International Symposium on Magnetism (MISM2008), 22TL-C-1, Moscow, Russia, 20-25 June 2008.
12. M. Yamaguchi, “Ferromagnetic integrated inductor/noise suppressor”, International Workshop on Power Supply On Chip (PwrSoc’08), 4A) Magnetics, Cork, Ireland, 22-24 Sep. 2008.
13. M. Yamaguchi, “High-frequency Magnetic Shielding Technology for Electronic Devices”, 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2008), C-7-3, Tsukuba, Japan, 23-26 Sep. 2008.
14. Yoshio Mitsuzuka, Yasushi Endo, Yutaka Shimada, Masahiro Yamaguchi, “Thickness Dependence of Damping Constant for Ni-Fe Films”, 2008 China-Korea-Japan Graduates Workshop on Electronic Information (GWEI’08), P12, Chengdu, China, 29 Oct.- 1 Nov. 2008.
15. Tetsuya Abe, Yasushi Endo, Mitsuru Suzuki, Masahiro Yamaguchi, “Study on STT Noise of TMR Read Heads in the GHz range”, 2008 China-Korea-Japan Graduates Workshop on Electronic Information (GWEI’08), P24, Chengdu, China, 29 Oct.- 1 Nov. 2008.

16. Yan Lu, Sho Muroga, Masahiro Yamaguchi, "Design of Planar Power Inductor for mobile IT devices", 2008 China-Korea-Japan Graduates Workshop on Electronic Information (GWEI'08), A6, Chengdu, China, 29 Oct.- 1 Nov. 2008.
17. Shiori Namba, Hideki Torizuka, Masahiro Yamaguchi, and Shoji Kawahito, "Design of Integrated Magnetic Field Probe to Evaluate Radiated Emission from LSI Chip", 2008 China-Korea-Japan Graduates Workshop on Electronic Information (GWEI'08), D2, Chengdu, China, 29 Oct.- 1 Nov. 2008.
18. M. Yamaguchi, "Skin effect suppression in RF devices using a multilayer of conductor and ferromagnetic thin film with negative permeability", Microwave Workshops and Exhibition (MWE2008), 8-1, Yokohama, Japan, 26-28 Nov. 2008.
19. M. Yamaguchi, "On-chip transmission line studies and its application to integrated electromagnetic noise suppressor", Asian Magnetics Conference 2008 (AMC2008), EC01, Busan, Korea, 10-13 Dec. 2008.

●佐橋・土井研究室（電子工学専攻超微細電子工学講座）
Microelectronics, Department of Electronic Engineering
(M.Sahashi and M.Do)

1. スピントランスファートルクによるマイクロ波発振に関する研究
Study on microwave oscillation induced by spin transfer torque

スピントランスファートルク（STT）に起因するマイクロ波域の発振に関する研究を行っている。当研究室では、自己組織化によって形成されたナノ狭窄電子系を用いた独自でユニークなナノコンストラクション構造を考案し、このナノ狭窄電子系構造体特有の STT マイクロ波の発振を世界ではじめて確認している。

The microwave oscillation induced by the spin transfer torque has been already reported on fabricating a mono-pillar or a point contact of magnetic multilayers. We propose to apply the original nano-confined structure formed by self-assembling nano-oxide layer. The peculiar STT microwave oscillation was observed by the application of this self-assembling nano-confined structure.

【国際会議発表】

1. Seung-Mo Noh, Masaaki Doi, Masashi Sahashi, "Preparation of coplanar wave guide for the measurement of damping parameter of ferromagnetic pillars", 4th International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics, Sendai, Japan, March 5-6, 2009.

● **伊藤(隆)・小谷研究室 (電子工学専攻固体電子工学分野)**
Solid State Electronics, Department of Electronic Engineering
(T.Ito and K.Kotani)

1. **連続波レーザーによるシリコン薄膜結晶化と高性能 TFT に関する研究**
High-Performance Thin Film Transistor (TFT) by CW laser recrystallization

CW レーザによるシリコン薄膜の 1 次元状グレイン形成を行い、これにより薄膜トランジスタの高性能化を行った。

High-performance TFTs with one-dimensional long and narrow grains was investigated. Low temperature recrystallization of amorphous silicon (a-Si) thin films using continuous-wave (CW) green laser was carried out, and one-dimensional lateral large grain was obtained.

2. **レーザー結晶化シリコン薄膜の化学的機械的平坦化の研究**
Chemical Mechanical Planarization of laser recrystallized Si thin films

レーザー結晶化 Si 薄膜は表面に大きな凹凸をもつため、これを平坦化するための化学的機械的平坦化法(CMP)の研究を進めた。

The chemical mechanical polishing (CMP) on laser-crystallized poly-Si thin films was carried out. After CMP with conventional colloidal silica slurry, the surface of laser-crystallized poly-Si thin films became rougher than that of before CMP. For the improvement of this problem, a hydrophilic organic solution was added to conventional slurry, and planarized surface was obtained.

3. **ナノグレーティング基板を用いた MOSFET と TFT 高性能化の研究**
High-performance Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors and Thin Film Transistors using Nanograting Substrates

石英基板に堆積した非晶質 Si 膜の界面を SiO₂ 膜で規制した配向制御結晶化を行い、SiO₂ 膜の側壁と基板面を利用して結晶性を改善した 2 次元配向制御 Si 膜を用いたナノグレーティングチャンネル薄膜トランジスタにより、実効電子移動度を従来構造 TFT と比較して 42% 向上させることに成功した。

The MOSFETs and TFTs with the nano-scale grating in channel region were investigated. The nanograting TFT showed 42 % improvement in current drivability compared to the conventional one with same device occupation area.

4. **強誘電体薄膜のレーザー低温結晶化の研究**
Low-Temperature Recrystallization of Ferroelectric thin films

TFT-FeRAM 試作のために、強誘電体薄膜の低温結晶化の研究を行った。結晶化には CW レーザを用い、レーザー出力とレーザー照射時間を 10⁻⁵ - 10⁻¹ 秒の間で制御し、これにより結晶グレインサイズと密度の制御が可能となった。

The low-temperature recrystallization of ferroelectric thin films using CW green laser was investigated. The size and density of crystal grains were able to be controlled by the laser power and the laser exposure time. The laser exposure time was controlled from 10⁻⁵ to 10⁻¹ second.

5. **TFT 高周波回路のためのガラス基板上インダクタ高精度モデリングに関する研究**
Highly-Accurate Modeling of Inductors on Glass Substrate for TFT RF circuits.

TFT 高周波回路のために、ガラス基板上に形成したインダクタのモデリングを行い、多段ラダーモデルにより誤差 5% 以内で高精度にモデル化できることを明らかにした。

Modeling of Inductors on Glass Substrate for TFT RF circuits was investigated. By use of multi-ladder model, inductor was modeled accurately with an accuracy of 5%.

【査読付論文】

1. S. Fujii, S. Kuroki, M. Numata, K. Kotani, and T. Ito, "Roughness Reduction in Polycrystalline Silicon Thin Films Formed by Continuous-Wave Laser Lateral Crystallization with Cap SiO₂ Thin Films", Jpn. J. Appl. Phys. 48, 04C129 (2009).
2. S. Kuroki, K. Tago, K. Kotani, and T. Ito, "Low-Temperature Recrystallization of Ferroelectric Lead Zirconate Titanate Thin Films on Glass Substrate Using Continuous-Wave Green Laser", Jpn. J. Appl. Phys. 48, 04C142(2009) .
3. S. Fujii, S. Kuroki, X. Zhu, M. Numata, K. Kotani, and T. Ito, "Crystallinity and Internal Strain of One-Dimensionally Long Si Grains by CW Laser Lateral Crystallization", ECS Trans. 16 (9), 145 (2008).

【国際会議】

1. S. Fujii, S. Kuroki, X. Zhu, M. Numata, K. Kotani, and T. Ito, "Crystallinity and Internal Strain of One-Dimensionally Long Si Grains by CW Laser Lateral Crystallization", 214th ECS Meeting (Honolulu) Oct. 12-17, 2008 E13 2276.
2. S. Kuroki, K. Tago, K. Kotani and T. Ito, "Morphology Control of Ferroelectric PZT Thin Films Crystallized On Glass with Continuous-Wave Green Laser", Extended Abstracts of the 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp. 140-141 (2008).
3. S. Fujii, S. Kuroki, M. Numata, K. Kotani and T. Ito, "Roughness Reduction Technique for High Performance Poly-Si TFTs by CW Laser Lateral Crystallization with Cap SiO₂ Thin Films", Extended Abstracts of the 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp. 144-145 (2008).
4. S. Fujii, S. Kuroki, X. Zhu, M. Numata, K. Kotani and T. Ito, "Carrier Transport Mechanism in Poly-Si TFTs with One-Dimensionally Long Grains", Extended Abstracts of the 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp. 766-767 (2008).

● 畠山・金子研究室（電子工学専攻プラズマ基礎工学分野）
Basic Plasma Engineering, Department of Electronic Engineering
(R.Hatakeyama and T.Kaneko)

1. プラズマナノプロセスによる単層カーボンナノチューブ形成に関する研究
Formation of single-walled carbon nanotubes with a plasma-nano processing
拡散プラズマ CVD による孤立垂直配向単層カーボンナノチューブの形成とその光学特性評価, 及び成長機構の解明に関する研究を行っている。
Formation of freestanding individual single-walled carbon nanotubes with diffusion-plasma CVD has been performed. Their optical characteristics and growth mechanism are also being investigated.
2. プラズマイオン照射法によるカーボンナノチューブ内部での p-n 接合形成に関する研究
Formation of p-n junctions in single- and double-walled carbon nanotubes using advanced plasma-ion irradiation method
プラズマ理工学及び化学的手法による異種原子（異種分子）を内包したカーボンナノチューブの形成とその特性評価に関する実験を行っている。これらの異種原子(分子)内包カーボンナノチューブを用いた p-n 接合ダイオードの開発, 及び詳細なキャリア伝導機構の解明に関する研究を行っている。
Formation and characterization of heteroatoms (or heteromolecules) encapsulated single- and double-walled carbon nanotubes using plasma/chemical based methods have been performed. Development of p-n junction diodes using heteroatoms (molecules) such as Cs/C₆₀ or Cs/I encapsulated single- and double-walled carbon nanotubes is also carried out.
3. 電解質プラズマを用いた DNA 及びイオン液体内包カーボンナノチューブ創製に関する研究
Formation of DNA and ionic liquids encapsulated single-walled carbon nanotubes using electrolyte plasmas
電解質プラズマ中でのイオン照射を利用した DNA 及びイオン液体を内包した単層カーボンナノチューブ形成とその特性評価に関する研究を行っている。
Formation and characterization of DNA and ionic liquids encapsulated single-walled carbon nanotubes using ion irradiation in electrolyte plasmas and its application to novel electronic devices and biosensors have been performed.
4. フラーレン内包カーボンナノチューブの光学応答特性に関する研究
Optoelectrical properties of C₆₀ encapsulated and C₅₉N encapsulated single-walled carbon nanotubes.
炭素フラレン(C₆₀)及び窒素置換フラレン(C₅₉N)内包カーボンナノチューブの光照射に伴う電気輸送特性変調に関する研究を行っている。
Electrical transport properties of C₆₀ encapsulated and C₅₉N encapsulated single-walled carbon nanotubes under the light irradiation have been investigated.

【論文】

1. T. Kato and R. Hatakeyama "Exciton Energy Transfer Assisted Photoluminescence Brightening from Freestanding Single-Walled Carbon Nanotube Bundles", Journal of the American Chemical Society, Vol. 130, No. 25, pp.8101-8107, April 2008.
2. J. Shishido, T. Kato, W. Oohara, R. Hatakeyama, and K. Tohji "Modification of Electrical Transport Properties of Single-Walled Carbon Nanotubes Realized by Negative-Ion Irradiation with Electron-Free Pure Alkali-Halogen Plasma", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47,

No. 4, pp. 2044-2047, April 2008.

3. Y.F. Li, T. Kaneko, T. Ogawa, M. Takahashi, and R. Hatakeyama "Novel Properties of Single-Walled Carbon Nanotubes with Encapsulated Magnetic Atoms", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47, No. 4, pp. 2048-2055, April 2008.
4. T. Kaneko, H. Takaya, and R. Hatakeyama "Formation of Gas Atom Encapsulated Silicon Clusters Using Electron-Beam-Generated Silicon Plasmas", Thin Solid Films, Vol. 516, No. 13, pp. 4374-4378, May 2008.
5. R. Hatakeyama, T. Kaneko, W. Oohara, Y.F. Li, T. Kato, K. Baba, and J. Shishido "Novel-Structured Carbon Nanotubes Creation by Nanoscopic Plasma Control", Plasma Sources Science and Technology, Vol. 17, No. 2, pp. 024009-1-11, May 2008.
6. Y.F. Li, Kaneko, and R. Hatakeyama "Photoinduced Electron Transfer in C₆₀ Encapsulated Single-walled Carbon Nanotube", Applied Physics Letters, Vol. 92, No. 18, pp. 183115-1-3, May 2008.
7. Y.F. Li, Kaneko, and R. Hatakeyama "Electrical Transport Properties of Fullerene Peapods Interacting with Light", Nanotechnology, Vol. 19, No. 41, pp. 415201-1-7, September 2008.
8. T. Kaneko and R. Hatakeyama "Biomolecule Encapsulated Carbon Nanotubes Using Nano Processing in Electrolyte Plasmas", Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol. 33, No. 3 pp. 673-677, September 2008.
9. Y.F. Li, T. Kaneko, S. Nishigaki, and R. Hatakeyama "Synthesis and Electrical Transport Properties of C₅₉N Encapsulated Single-Walled Carbon Nanotubes", Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol. 33, No. 3, pp. 665-668, September 2008.
10. Y.F. Li, T. Kaneko, J. Kong, and R. Hatakeyama "Photoswitching in Azafullerene Encapsulated Single-Walled Carbon Nanotube FET Devices", Journal of the American Chemical Society, Vol. 131, No. 10, pp. 3412-3413, February 2009.
11. K. Baba, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Efficient Synthesis of Gold Nanoparticles Using Ion Irradiation in Gas-Liquid Interfacial Plasmas", Applied Physics Express, Vol. 2, No. 3, pp. 035006-1-3, March 2009.
12. Y. Hanabusa, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Formation of Azafullerene Encapsulated Single-Walled Carbon Nanotubes Using Plasma Ion Irradiation Method", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 2009, in press.
13. M. Yabuno, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Effects of Gas Ion Density on Formation of Gas-Atom Encapsulated Silicon Fullerenes", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 2009, in press.
14. G. Yokokura, H. Ishida, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Generation of Electron Cyclotron Resonance Plasmas Including Iron-Atom for Synthesis of Iron Endohedral Fullerenes", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 2009, in press.
15. Y.F. Li, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Creation of Functional Double-Walled Carbon Nanotubes by Plasma Processing", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 2009, in press.
16. Z. Ghorannevis, T. Kato, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Effect of Gold Catalytic Layer Thickness on Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes Using Thermal and Plasma CVD", Journal of Plasma and Fusion Research SERIES, 2009, in press.
17. T. Kaneko, K. Baba and R. Hatakeyama "Liquid-Gas Interfacial Plasmas for Formation of Novel Nano-Bio Materials", Plasma and Fusion Research, 2009, in press.

【会議議事録・アブストラクト】

1. R. Hatakeyama, T. Kaneko, T. Kato, and Y.F. Li "Nanodevice-Oriented Nanoscopic Plasma

Process Control”, Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Electronics Systems, pp. 66-71, Sendai/Japan, July 14, 2008.

2. R. Hatakeyama, T. Kaneko, and Y.F. Li “Electrical and Photoinduced Transport Properties of Atom and Molecule Encapsulated Carbon Nanotubes Created by Plasma Processing”, Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Nanotechnology, pp. PID618442-1-5, Texas/USA, August 18, 2008.
3. Y.F. Li, R. Hatakeyama, T. Kaneko, and K. Tohji “Formation of p-n Junctions in Double-Walled Carbon Nanotubes by a Plasma Ion-Irradiation Method”, Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Nanotechnology, pp. PID595040-1-4, Texas/USA, August 18, 2008.
4. G. Yohokura, H. Ishida, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Synthesis of Iron-Atom Endohedral Fullerene with Electron Cyclotron Resonance Plasma Irradiation Method”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 123-126, Sendai/Japan, September 6, 2008.
5. Y. Hanabusa, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Selective Fullerene-Plasma-Ion Irradiation to Single-Walled Carbon Nanotubes Using Substrate Bias Method”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 127-130, Sendai/Japan, September 6, 2008.
6. T. Shimizu, T. Kato, W. Oohara, and R. Hatakeyama “Formation of Calcium Encapsulated Single-Walled Carbon Nanotubes via Calcium Plasma Ion Irradiation”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 143-146, Sendai/Japan, September 6, 2008.
7. S. Miyanaga, T. Kaneko, H. Ishida, and R. Hatakeyama “Effects of Plasma Irradiation Variation on Synthesis of Nitrogen Atom Encapsulated Fullerenes”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 151-154, Sendai/Japan, September 6, 2008.
8. T.Y. Kato, Y.F. Li, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Electric Property of Carbon Nanotube Based Field-Effect Transistor Improved by Heat Treatment”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 159-162, Sendai/Japan, September 6, 2008.
9. Y.F. Li, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Functional Double-Walled Carbon Nanotubes Created by Plasma Processing”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 163-166, Sendai/Japan, September 6, 2008.
10. S. Kuroda, T. Kato, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Gas Pressure Effects on the Structure of Single-Walled Carbon Nanotube Grown with Diffusion Plasma CVD”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 171-174, Sendai/Japan, September 6, 2008.
11. Z. Ghorannevis, T. Kato, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Growth of Carbon Nanotubes Using Plasma CVD over Gold Catalyst”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 175-178, Sendai/Japan, September 6, 2008.
12. M. Yabuno, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Effects of Noble-Gas Ion Density on Creation of Gas-Atom Encapsulated Silicon Fullerenes”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 183-186, Sendai/Japan, September 6, 2008.
13. J.U. Ahamed, S. Nishigaki, S. Miyanaga, Y.F. Li, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Effects of Plasma Parameters on Synthesis and Properties of Nitrogen Atom Encapsulated Fullerene”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 191-194, Sendai/Japan, September 6, 2008.
14. Y. Hirotsu, T. Kaneko, and R. Hatakeyama “Electrolyte Plasmas Creating Single-Walled Carbon Nanotubes Decorated with Ionic Liquids”, Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 283-286, Sendai/Japan, September 6, 2008.

15. K. Baba, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Ionic Liquid Interfaced Discharge Plasma Controlling Interfacial Electric Field for Nanomaterial Creation", Proceedings of International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas, pp. 289-292, Sendai/Japan, September 6, 2008.
16. J.U. Ahamed, S. Miyanaga, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Effects of Plasma Parameters on Synthesis and Properties of Nitrogen Atom Encapsulated Fullerenes Using RF Plasma", Proceedings of the 1st Student Organizing International Min-Conference on Information Electronics Systems, pp. 11-12, Sendai/Japan, October 16, 2008.
17. M. Yabuno, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Formation of Gas-Atom Encapsulated Silicon Fullerenes Using Silicon Plasmas", Proceedings of the 1st Student Organizing International Min-Conference on Information Electronics Systems, pp. 15-16, Sendai/Japan, October 16, 2008.
18. Z. Ghorannevis, T. Kato, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Gold Catalyzing Growth of Single-Walled Carbon Nanotubes Using Chemical Vapor Deposition Method", Proceedings of the 1st Student Organizing International Min-Conference on Information Electronics Systems, pp. 17-18, Sendai/Japan, October 16, 2008.
19. T. Kaneko, K. Baba, and R. Hatakeyama "Creation of Nano-Bio Materials Using Ion Irradiation in Gas-Liquid Interfacial Plasmas", Proceedings of Plasma Science Symposium 2009 / The 26th Symposium on Plasma Processing, pp. 578-579, Nagoya/Japan, February 4, 2009.
20. Z. Ghorannevis, T. Kato, T. Kaneko, R. Hatakeyama "Growth Kinetics of Single-Walled Carbon Nanotubes in Plasma and Thermal CVD with Nonmagnetic Catalysts", Proceedings of Plasma Science Symposium 2009 / The 26th Symposium on Plasma Processing, pp. 20-21, Nagoya/Japan, February 4, 2009.
21. Y. Hanabusa, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Formation of Heterogeneous Fullerene Encapsulated Single-Walled Carbon Nanotubes Using Plasma Ion Irradiation Method", Proceedings of Plasma Science Symposium 2009 / The 26th Symposium on Plasma Processing, pp. 22-23, Nagoya/Japan, February 4, 2009.
22. J. U. Ahamed, S. Miyanaga, T. Kaneko, Y. F. Li, and R. Hatakeyama "Plasma Synthesis and Properties of High Purity Nitrogen Atom Encapsulated Fullerene", Proceedings of Plasma Science Symposium 2009 / The 26th Symposium on Plasma Processing, pp. 24-25, Nagoya/Japan, February 4, 2009.
23. T. Shimizu, T. Kato, W. Oohara, and R. Hatakeyama "Transistor Fabrication and Electronic Transport Property of Calcium Encapsulated Single-Walled Carbon Nanotubes Created by Plasma Ion Irradiation", Proceedings of Plasma Science Symposium 2009 / The 26th Symposium on Plasma Processing, pp. 34-35, Nagoya/Japan, February 4, 2009.
24. M. Yabuno, T. Kaneko, and R. Hatakeyama "Formation of Silicon Nano Clusters with Argon-Silicon Plasmas", Proceedings of Plasma Science Symposium 2009 / The 26th Symposium on Plasma Processing, pp. 60-61, Nagoya/Japan, February 4, 2009.
25. T. Kaneko and R. Hatakeyama "Dynamic Behavior Control of Electrolyte Plasma Ions and Creation of Novel Nano-Bio Materials", The 2009 Annual Meeting Record I.E.E. Japan, Vol. 1, No. S3, pp. 16-19, Japan, March 19, 2009.

● **山田・大寺研究室（電気・通信工学専攻光波物理工学分野）**
**Optical Physics Engineering, Department of Electrical and
Communication Engineering (H.Yamada and Y.Otera)**

1. **Si 細線光導波路を用いた光集積回路に関する研究**
Si photonic waveguide

高屈折率差構造である Si コア/SiO₂ クラッドを用いた光導波路を用いて、従来よりも小型で低消費電力な光デバイスの研究を行っている。

In order to realize small and low power consumption photonic devices, photonic waveguide with Si core and SiO₂ cladding are being studied.

2. **チャンネル型 ZnO 光導波路を用いた非線形光学効果デバイスの研究**
ZnO photonic waveguide

非線形光学効果が強く現れるチャンネル型の ZnO をコアとした光導波路を作製し、800 ～ 1000 nm 付近の高帯域な光源の研究を行っている。

In order to fabricate wideband light source with 800 ～ 1000 nm wavelength, channel type photonic waveguides made of ZnO with high non-linear optical constant are being studied.

● **大見研究室（未来科学技術共同研究センター）**
New Industry Creation Hatchery Center（T.Ohmi）

1. **微細 MIS デバイスの低抵抗コンタクト形成に関する研究**
Low Contact Resistance Formation of MIS Devices

MOSFET において、n 型、p 型シリコンに対して、それぞれ低仕事関数金属シリサイドを導入することによって、電子・ホールに対して 0.3eV 程度の低いショットキーバリアハイトを実現し、高濃度シリコン領域に対しての低コンタクト抵抗率を実現するプロセスを確立する。また、ソース・ドレイン領域に低ショットキーバリアハイトシリサイドを導入し、MISFET の電気特性を改善する。

In order to reduce source/drain series resistance, it is also important to reduce contact resistance. To achieve lower contact resistance, Schottky barrier height between silicide and silicon must be low, for example 0.3 eV or less. Dual metal silicide structure, using low work function silicides for n⁺ silicon and high work function silicides for p⁺ silicon, is developed.

【査読付論文】

1. Tatsunori ISOGAI, Hiroaki TANAKA, Tetsuya GOTO, Akinobu TERAMOTO, Shigetoshi SUGAWA, and Tadahiro OHMI, “Formation and Property of Yttrium and Yttrium Silicide Films as Low Schottky Barrier material for n-Type Silicon” Japanese Journal of Applied Physics Vol. 47, No. 4, Issue 2 of 2, pp. 3138-3141, April 2008.

【国際会議発表】

1. Tatsunori Isogai, Hiroaki Tanaka, Tetsuya Goto, Akinobu Teramoto, Shigetoshi Sugawa and Tadahiro Ohmi, “Impact of Tungsten Capping Layer on Yttrium Silicide for Low Resistance Source/Drain Contacts”, Extended Abstracts of the 2008 International Conference on SOLID STATE DEVICES AND MATERIALS, pp.446-447, Tsukuba, September 2008.
2. T. Isogai, H. Tanaka, A. Teramoto, T. Goto, S. Sugawa and T. Ohmi “Advanced Method for Measuring Ultra-Low Contact Resistivity Between Silicide and Silicon Based on Cross Bridge Kelvin Resistor”, 2009 IEEE International Conference on Microelectronic Test Structures, pp.109-113, Oxnard, March 2009.

● 安藤研究室（応用物理学専攻スピエレクトロニクス分野）
Spin Electronics, Department of Applied Physics(Y.Ando)

1. ハーフメタルホイスラー合金トンネル接合の磁気抵抗効果に関する研究
Tunnel Magneto-resistance Effect in Magnetic Tunnel Junctions with Heusler Alloy Electrodes

ハーフメタル(スピンの分極率が 100%)であると期待されているフルホイスラー合金薄膜の磁気特性およびそれを用いたトンネル接合の磁気抵抗効果について研究している。

Magnetic properties of Heusler alloys, which are expected to be a half-metal, are being studied. Tunnel magneto-resistance effect in magnetic tunnel junctions with Heusler alloys is also being investigated.

【査読付論文】

1. S. Tsunegi, Y. Sakuraba, M. Oogane, K. Takanashi and Y. Ando, "Large tunnel magnetoresistance in magnetic tunnel junctions using a Co_2MnSi Heusler alloy electrode and a MgO barrier", *Appl. Phys. Lett.*, 93, 112506 (2008).
2. T. Aoki, Y. Ando, D. Watanabe, M. Oogane and T. Miyazaki, "Spin transfer switching in the nanosecond regime for $\text{CoFeB}/\text{MgO}/\text{CoFeB}$ ferromagnetic tunnel junctions", *J. Appl. Phys.*, 103, 103911 (2008).
3. O. Gaier, J. Hamrle, S. J. Hermsdoerfer, H. Schultheiß, B. Hillebrands, Y. Sakuraba, M. Oogane and Y. Ando, "Influence of the $L2_1$ ordering degree on the magnetic properties of Co_2MnSi Heusler films" *J. Appl. Phys.*, 103, 103910 (2008).
4. L. R. Shelford, Y. Liu, R. J. Hicken, Y. Sakuraba, M. Oogane and Y. Ando, "Magnetic second harmonic generation at the $\text{Co}_2\text{MnSi}/\text{AlO}_x$ interface", *J. Appl. Phys.*, 103, 07D720 (2008).
5. L. Chioncel, Y. Sakuraba, E. Arrigoni, M. I. Katsnelson, M. Oogane, Y. Ando, T. Miyazaki, E. Burzo, and A. I. Lichtenstein, "Nonquasiparticle States in Co_2MnSi Evidenced through Magnetic Tunnel Junction Spectroscopy Measurements" *Phys. Rev. Lett.*, 100, 086402 (2008).
6. Y. Sakuraba, T. Iwase, S. Tsunegi, K. Saito, M. Oogane, Y. Ando, A. Sakuma, K. Takanashi, "Development of high-sensitive magnetoresistance devices using half-metallic Heusler alloy Co_2MnSi ", *IEICE Technical Report*, 103, 13 (2008).
7. M. Oogane, M. Shinano, Y. Sakuraba and Y. Ando, "Tunnel magneto-resistance effect in magnetic tunnel junctions using epitaxial Co_2FeSi Heusler alloy electrode", *J. Appl. Phys.*, 105, 07C903 (2009).
8. T. Kubota, S. Tsunegi, M. Oogane, S. Mizukami, T. Miyazaki, H. Naganuma and Yasuo Ando, "Half-metallicity and Gilbert damping constant in $\text{Co}_2\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x}\text{Si}$ Heusler alloys depending on the film composition", *Appl. Phys. Lett.* 94, 122504 (2009).

【国際会議発表】

1. S. Tsunegi, Y. Sakuraba, M. Oogane, K. Takanashi and Y. Ando, "Fabrication and characterization of magnetic tunnel junctions using Co_2MnSi electrode and MgO tunneling barrier", *Intermag Europe 2008*, Madrid, Spain, May 5, 2008.
2. M. Oogane, N. Hirose, Y. Sakuraba and Y. Ando, "Tunnel magnetoresistance effect in magnetic tunnel junctions with Co-Mn-Si Heusler alloy electrode", *53rd MMM conference*, Austin, USA, November 12, 2008
3. M. Oogane, S. Tsunegi, T. Kubota, Y. Sakuraba, K. Takanashi and Y. Ando, "Tunnel

Magneto-resistance Effect in Magnetic Tunnel Junctions using Half-metallic Heusler Alloy Electrodes and a MgO Tunneling Barrier", 2008 MRS Fall Meeting, Boston, USA, December 2, 2008.

4. Y. Ando, "Perspective of High Tunnel Magnetoresistance in Magnetic Tunnel Junctions with Heusler Alloy Electrodes and MgO Barrier", Tohoku-York Research Seminar, Sendai, January 20, 2009.
5. M. Nishimura, N. Inami, H. Naganuma, M. Oogane, Y. Ando, D. Watanabe, S. Ikeda, and H. Ohno, "Fabrication and Investigation of MTJ with Synthetic Ferrimagnetic Free Layer Having Both High Annealing Stability and Strong Interlayer Exchange Coupling", WPI Workshop, Zao, March 3, 2009.

● 川崎研究室（金属材料研究所超構造薄膜化学研究部門）
Superstructured Thin Film Chemistry, Institute for Materials Research
(M.Kawasaki)

1. 酸化亜鉛系ヘテロ構造における量子伝導性制御に関する研究
Electric field control of quantum transport properties in ZnO-based heterostructures

ZnO系ヘテロ構造の界面に蓄積される2次元電子ガスの伝導性制御には、ショットキー接合もしくはゲート絶縁層形成による電界効果の利用が有効である。我々は、導電性高分子 poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS) が酸化物半導体に対して良好なショットキー接合を形成することを見出し、実際に紫外線フォトディテクタや MESFET (Metal-semiconductor-FET) の動作を確認した。また、原子層堆積法 (Atomic layer deposition 法) を用いた MISFET (Metal-insulator-FET) においても、高範囲の電子濃度制御を実現し、量子伝導性制御の観測に成功した。

Electrostatic field effect with metal-semiconductor Schottky contact or MIS structure is one of effective ways to control the transport properties at semiconductor heterointerface. We applied a conducting polymer, poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS), as Schottky contact electrode on ZnO, thereby we have developed a visible-blind ultraviolet photodetector and a MESFET. In addition, we fabricate a MIS structure with atomic-layer-deposited Al_2O_3 . The 2DEG density evaluated by Hall effect could be controlled over one order of magnitude in both MESFET and MISFET. Accompanying with the density variation, we achieved metal-insulator transition and systematic variation of quantum Hall states under applied magnetic field.

2. スパッタリング法で作製された Co ドープ TiO_2 薄膜の電氣的・磁氣的性質に関する研究
Electric and magnetic properties of Co-doped TiO_2 grown on glass by sputtering method

室温強磁性半導体 $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ 薄膜をデバイスに応用する上で、産業的に多用されるスパッタ法によりガラスなど安価な基板上に作製することは重要である。今回、スパッタ法を用いてガラス基板上での $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ 薄膜の作製を行った。薄膜はルチル構造 (100) 面に弱く配向した多結晶膜であった。室温における磁気円二色性と異常 Hall 効果の測定から室温強磁性を示すことがわかった。加えて、 $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ 層と $(\text{SiO}_2/\text{TiO}_2)$ 誘電多層膜からなる1次元磁気光学フォトニック結晶構造を作製した結果、MCDの大きさが単膜に比べてさらに約4倍増大することを見出した。

Co-doped TiO_2 is one of room temperature ferromagnetic oxide semiconductor, and its film growth on glass substrates is important from aspect of its applications. In this study, we fabricated Co-doped TiO_2 films on glass substrates by sputtering method. The films were polycrystalline rutile phase with weak (100) orientation, and exhibited ferromagnetic MCD and anomalous Hall effect at room temperature. By fabricating a simple one-dimensional magnetophotonic crystal structure composed of magnetic $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ layer and $(\text{SiO}_2/\text{TiO}_2)$ dielectric multilayers, we observed the fourfold enhancement of magneto-optical effect.

【査読付論文】

1. A. Tsukazaki, A. Ohtomo, D. Chiba, Y. Ohno, H. Ohno, M. Kawasaki, "Low-temperature field-effect magnetotransport properties in a ZnO based heterostructure with atomic-layer-deposited gate dielectric", *Appl. Phys. Lett.* **93**, 241905 (2008).
2. T. Yamasaki, T. Fukumura, M. Nakano, K. Ueno, M. Kawasaki, "Room-temperature ferromagnetic semiconductor Rutile $\text{Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{2-\delta}$ epitaxial thin films grown by sputtering method", *Appl. Phys. Express* **1**, 111302 (2008).
3. T. Yamasaki, T. Fukumura, Y. Yamasa, M. Nakano, K. Ueno, T. Makino, M. Kawasaki, "Co-doped TiO_2 films grown on glass: Room-temperature ferromagnetism accompanied with anomalous Hall effect and magneto-optical effect", *Appl. Phys. Lett.* **94**, 102515 (2009).

● **新田研究室 (知能デバイス材料学専攻量子材料物性学分野)**
Materials Quantum Science, Department of Materials Science (J.Nitta)

1. 半導体量子構造におけるスピン軌道相互作用の物性と応用

Properties and application of spin orbit interaction in III-V semiconductor heterostructure

III-V族化合物半導体では、構造反転対称性の破れや結晶の反転対称性の破れに起因したスピン軌道相互作用が内部有効磁場として働くため、電子スピンの電氣的制御が可能となる。我々は、III-V族化合物半導体ヘテロ接合におけるスピン軌道相互作用の電氣的制御と微細加工による次元制御を駆使した電子スピンの電氣的回転制御に関する研究を進め、スピン制御機能デバイスの開発を行っている。

Since spin orbit interactions caused by the structural inversion asymmetry and the bulk inversion asymmetry induce an effective magnetic field in III-V semiconductor heterostructures, it is possible to realize the new functional devices based on the electrical control of the spin precession. We study the gate bias control of the spin orbit interaction by analyzing the weak antilocalization and the electrical control of the spin precession by the spin interference effect in the mesoscopic ring structure.

2. 強磁性体ナノ構造に関する研究

Study of submicron-sized ferromagnetic element

微小強磁性体リング構造は還流磁区構造を形成し漏洩磁場を抑制できることから高密度記録への応用が期待されている。我々は、サブミクロンサイズ 1次元 Fe リング配列や Fe/Au/Fe 3層リング構造において、隣接リング間に作用する磁氣的相互作用と磁化過程を理解するとともに高密度記録媒体への応用を目指している。

Submicron-sized ferromagnetic ring structures have attracted much attention for the high density memory since the minimal stray field is induced in the Vortex states, which magnetization is circularly oriented around the ring. We study the lateral and the vertical magnetic interactions of one dimensional Fe ring array and Fe/Au/Fe trilayer ring structures for the future data-storage application.

【査読付論文】

1. M. Scheid, M. Kohda, Y. Kunihashi, K. Richter, and J. Nitta, "All-Electrical Detection of the Relative Strength of Rashba and Dresselhaus Spin-Orbit Interaction in Quantum Wires", *Physical Review Letters*. **101**, 266401-1-266401-4, (2008)
2. T. Miyawaki, K. Toyoda, M. Kohda, A. Fujita, and J. Nitta, "Effect of the array distance on the magnetization configuration of submicron-sized ferromagnetic rings", *Proceedings of the international symposium on mesoscopic superconductivity and spintronics*, 271-276, (2008)
3. M. Kohda, J. Takagi, and J. Nitta, "Comparison of gate sensitivity for spin interference effect between Al₂O₃ and SiO₂ gate insulators on InGaAs based mesoscopic ring arrays" *ECS Transactions* **16**, 39-49, (2008)

【国際会議発表】

1. J. Nitta (*Invited*) "Spin Transport and Manipulation in Rashba 2DEG Systems," *Spin Transport in Condensed Matter*, Kyoto, Japan, October 27, (2008)
2. M. Kohda, J. Takagi, and J. Nitta (*Invited*), "Comparison of gate sensitivity for spin interference effect between Al₂O₃ and SiO₂ gate insulators on InGaAs based mesoscopic ring arrays" 214th Pacific rim meeting on electrochemical and solid state science, Honolulu, USA, October 15, (2008)

3. M. Kohda, T. Kojima, Y. Ohno, H. Ohno, and J. Nitta, "Contribution of Dresselhaus spin orbit interaction in (001) and (110) AlGaAs/GaAs two dimensional electron gases" UC Santa Barbara CNSI-RIEC Workshop, Santa Barbara, USA, October 8, (2008)
4. J. Nitta "Spin Coherent Transport in InGaAs Narrow Wires and Rings" UC Santa Barbara CNSI-RIEC Workshop, Santa Barbara, USA, October 8, (2008)
5. J. Nitta (*Invited*) "Electronic Aharonov-Casher Effect in InGaAs Ring Arrays" The 9th International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics, Korea, August 25 (2008)
6. J. Nitta (*Invited*) "Spin Related Transport affected by Competition between Spin-orbit Interaction and Zeeman Effect" 18th International Conference on High Magnetic Fields in Semiconductor Physics, Brasil, August 3, (2008)
7. Y. Kunihashi, M. Kohda, and J. Nitta, "Enhancement of Rashba Spin-Orbit Interaction due to wave function engineering in $\text{In}_{0.70}\text{Ga}_{0.30}\text{As}$ / $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ / $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ heterostructures" International conference on physics and applications of spin-related phenomena in semiconductors, Brasil, August 3, (2008)
8. F. Satoh, M. Kohda, and J. Nitta, "Spin interference of square and triangular lateral antidot lattices in InP / InGaAs heterostructures" International conference on physics and applications of spin-related phenomena in semiconductors, Brasil, August 3, (2008)
9. J. Nitta (*Plenary*) "Electrical Manipulation of spins in the Rashba 2DEG systems" 29th International Conference on the Physics of Semiconductors, Rio de Janeiro Brasil, July 27, (2008)
10. Y. Kunihashi, M. Kohda, and J. Nitta, "Gate Controlled Spin Relaxation and Rashba Spin-Orbit Interaction in InP / InGaAs / InAlAs Quantum Wires, Rio de Janeiro Brasil, July 27, (2008)
11. M. Kohda, T. Kojima, Y. Ohno, H. Ohno, and J. Nitta, "Gate Voltage Control of Spin Orbit Interaction in $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ / GaAs Inverted HEMT Structure" International conference on Physics and Semiconductors, Rio de Janeiro Brasil, July 27, (2008)
12. J. Nitta (*Invited*) "Spin-Orbit Effect in Semiconductor Nanostructures" XXXVII International School on the Physics of Semiconductor Compounds, Jaszowiec, June 7, (2008)
13. J. Nitta (*Invited*) "Electrical Control of Spin Precession" International Conference: Nanoelectronics days in Aachen, Aachen, Germany, May 13, (2008)

● 北上研究室（多元物質科学研究所多元設計研究部門電磁機能設計研究分野）
Nanoscale Magnetism and Devices, Institute of Multidisciplinary
Research for Advanced Materials (O.Kitakami)

1. ナノ磁性体の動的磁化挙動

Dynamic magnetization behavior of nanoscale magnet

ナノ磁性体の ns の時間スケールにおける磁化反転挙動の解明を目指し、大振幅パルス磁場発生装置の作製および高周波信号検出系の試作に取り組んでいる。

A measurement system for detecting magnetization reversal in nanoseconds time scale is being developed. The key factors for the system are a pulse generator with both short rise time and large amplitude, and a detection system for high frequency signal from nanoscale magnets.

2. ナノ磁性体構造作製手法の開発

Development of fabrication process of nanoscale magnet

高密度デバイスの実現のために必要な sub-50nm 級の微細加工手法の探索を行い、その磁気特性の解明を進めている。

New fabrication processes of nanoscale magnets with sub-50 nm dimension and magnetic properties of those structures are being investigated.

3. 高磁気異方性材料の探索

High- K_u materials

素子の微細化によって問題となる磁化の熱擾乱に耐えうる高磁気異方性材料の探索を行っている。

High- K_u materials, which are necessary to prevent thermal fluctuation caused by downsizing of magnetic elements, are being investigated.

【査読付論文】

1. N. Kikuchi, S. Okamoto, and O. Kitakami, "Generation of nanosecond magnetic pulse field for switching experiments on a single Co/Pt nanodot", J. Appl. Phys. **105**, 07D506 (2009)
2. A. Ito, N. Kikuchi, S. Okamoto, and O. Kitakami, "Magnetization switching experiments on sub-micron Co/Pt multilayer dot using a pulse field generator with nanoseconds duration", IEEE Trans. Magn. **44**, 3446 (2008).

【国際会議発表】

1. N. Kikuchi, A. Ito, S. Okamoto, and O. Kitakami, "Magnetization switching experiments on submicron Co/Pt multilayer dot with pulse field generator with nanosecond duration" INTERMAG 2008, (Madrid, Spain, May 4-8, 2008)
2. N. Kikuchi, S. Okamoto, and O. Kitakami, "Generation of nanoseconds magnetic pulse field for switching experiments on a single Co/Pt nanodot", 53rd Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials (Austin, USA, Nov. 10-14, 2008)

●石原研究室（理学研究科物理学専攻光物性物理研究室）

Solid State Photophysics Group, Department of Physics (T.Ishihara)

1. 可視光域における伝送線型メタマテリアルの研究

Study on transmission-line-type metamaterials at visible wavelengths

伝送線メタマテリアルから着想を得て設計したメタマテリアルを作製し、負の群速度モードを実験的に検証し、その集光効果について数値的な検討を行った。

We obtained a design from transmission line metamaterials and fabricated a metamaterials at visible wavelengths. The mode of negative group was experimentally examined and the focusing effect was numerically studied.

2. 光機能性プラズモニック結晶の研究

Study on photo-functional plasmonic crystals

高精度なナノファブリケーションによって、プラズモニック結晶を多数作製した。光学実験によって、固有モードの対消滅とみなせる新奇な振る舞いや極端な透過光増強、第二高調波の共鳴的発生を見出した。

We fabricated various types of plasmonic crystals, based on the fabrication with tens-of-nanometers precision. In optical experiment, we found novel behavior of eigen modes such as pair annihilation, extreme enhancement of transmission, and plasmonic resonant second harmonic generation.

【査読付論文】

1. T. Baba and T. Ishihara, "Analysis of transmission line meta-materials at optical wavelength," *Phys. Status Solidi (c)* **6**, 327-329 (2008).
2. T. Hatano, B. Nishikawa, M. Iwanaga, and T. Ishihara, "Optical rectification effect in 1D metallic photonic crystal slabs with asymmetric unit cell," *Opt. Express* **16**, 8236-8241 (2008).
3. R. Watanabe, M. Iwanaga, and T. Ishihara, "s-polarization Brewster's angle of stratified metal-dielectric metamaterial in optical regime," *Phys. Status Solidi (b)* **245**, 2696-2701 (2008). [Editor's choice]
4. M. Iwanaga, "Emergence of optical magnetism in stratified metal-dielectric metamaterials," *Phys. Status Solidi (b)* **245**, 2684-2687 (2008).
5. M. Ishikawa and M. Iwanaga, "In-Plane Second Harmonic Generations in Photonic Crystal Slabs of LiNbO₃," *Appl. Phys. Express* **1**, 082101 (2008).
6. M. Iwanaga, "Ultracompact waveplates: Approach from metamaterials," *Appl. Phys. Lett.* **92**, 153102 (2008).

【国際会議発表】

1. T. Baba and T. Ishihara, "Analysis of transmission line meta-materials at optical wavelength," *8th International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08)*, Kyoto, June 2008.
2. R. Watanabe, M. Iwanaga, and T. Ishihara, "s-polarization Brewster's angle of stratified metal-dielectric metamaterial in optical regime," *8th International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08)*, Kyoto, June 2008. (Invited)
3. M. Iwanaga, "Emergence of optical magnetism in stratified metal-dielectric metamaterials," *8th International Conference on Excitonic Processes in Condensed Matter (EXCON'08)*, Kyoto, June 2008.
4. M. Iwanaga, "A Design for Ultracompact Waveplates using Metamaterials," *NATO Advanced Research Workshop: Metamaterials for Secure Information and Communication Technologies (Meta'08)*, Marrakech, May 2008.

●小柳・田中研究室（医工学研究科医用ナノシステム工学研究分野）

Medical Nanosystem Engineering, Graduate School of Biomedical Engineering (M.Koyanagi and T.Tanaka)

1. ナノテクノロジーと極微細半導体素子

Nanotechnology and ultra-small semiconductor devices

半導体素子の微細化極限と言われる原子数十個から成る極微細半導体素子の実現を目指して研究を行っています。埋込型バックゲートを有する微細 SOI-MOSFET や低誘電率基板を有する SOLK-MOSFET (SOLK: Silicon-on-Low k)、Ge チャネルを有する GOI-MISFET などの Nano-CMOS デバイスとプロセス技術について研究しています。

This project is aiming at fabrication of the ultimate MOSFETs with channel regions composed of several tens of atoms. Current activities on the nano CMOS devices include FD-SOI MOSFET with buried back gate, SOLK MOSFET, GOI-MISFET with nickel germanide source/drain, thin high-k dielectric, and metal gate electrodes.

2. 新機能メモリデバイス

New functional memory devices

半導体集積回路技術と電子スピンを融合した新しいメモリデバイスについて研究しています。直径 1~2 nm の金属ドットや磁気ナノドットを浮遊ゲートとして用いた新しい不揮発性メモリやスピン注入型 MRAM などの研究を行っています。

This project is aiming at realization of new functional memory devices using semiconductor technologies and electron spin. Current activities include new nonvolatile memories with magnetic nano-dots or metal nano-dots as floating gates and spin-transfer torque RAM (SPRAM).

3. 3次元集積化技術と積層型情報処理システム

3D integration technology and 3D-stacked information processing system

素子の微細化とは異なった方法で LSI の高集積化と高速化、低電力化を実現できる、ウェーハやチップ張り合わせによる新しい 3次元集積化技術を研究しています。積層型マイクロプロセッサや積層型画像処理チップ、積層型リコンフィギュラブルプロセッサなどの積層型情報処理 LSI の試作を進めています。

3D integration is the most promising technology to achieve future advanced LSIs where several wafers/chips are vertically stacked and electrically connected with millions of TSVs (Through-Si Via). 3D-LSI can provide high speed, low power, and new functional information processing system.

4. 光インターコネクションと光電子集積システム

Optical interconnection and opto-electro integrated system

LSI チップ内やチップ間の通信に光インターコネクションを適用することによって、これまでになく超高速光電子集積システムを実現する光電子集積技術の開発を行っています。共有メモリユニットを光インターコネクションにより結合したオプティカル・スーパーチャネルメモリを用いて複数のプロセッサを接続する並列処理システムの開発も行っています。

The purpose of this project is to realize the ultra high-speed opto-electro integrated system using optical data transfer within and/or between LSI chips. We are also developing parallel processing systems with shared memories optically connected through VCSEL, micro-mirrors, polyimide optical waveguide, and photodiode.

【査読付論文】

1. 福島誉史、田中徹、小柳光正、“三次元積層型チップのためのSi貫通ビア (TSV) 形成技術”, エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 12. No.2, 2009, pp.104-109.

2. M. KOYANAGI, T. FUKUSHIMA, AND T. TANAKA, "High-Density Through Silicon Vias for 3-D LSIs", Proceedings OF THE IEEE, Vol.97.No.1, 2009, pp.49-59.
3. Y. Pei, C. Yin, J.-C. Bea, H. Kino, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "MOSFET nonvolatile memory with a high-density tungsten nanodot floating gate formed by self-assembled nanodot deposition", Semicond. Sci. Technol., Vol.24, 2009, pp.045022-045025.
4. Y. Pei, C. Yin, M. Nishijima, T. Kojima, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Formation of high density tungsten nanodots embedded in silicon nitride for nonvolatile memory application", APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol.94, 2009, pp. 063108-063110.
5. T. Fukushima, T. Konno, K. Kiyoyama, M. Murugesan, K. Sato, W.-C.Jeong, Y. Ohara, A. Noriki, S. Kanno, Y. Kaiho, H. Kino, K. Makita, R.Kobayashi, C.-K. Yin, K. Inamura, K.-W. Lee, J.-C. Bea, T. Tanaka, and M.Koyanagi, "New Heterogeneous Multi-Chip Module Integration Technology Using Self-Assembly Method", 2008 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) Technical Digest, 2008, pp.499-502.
6. M. Sekikawa, K. Kiyoyama, H. Hasegawa, K. Miura, T. Fukushima, S. Ikeda, T. Tanaka, H. Ohno, and M. Koyanagi, "A Novel SPRAM (SPin-transfer torque RAM)-based Reconfigurable Logic Block for 3D-Stacked reconfigurable Spin Processor", 2008 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) Technical Digest, 2008, pp.935-937.
7. H. Kikuchi, Y. Yamada, A. M. Ali, J. Liang, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Tungsten Through-Silicon Via Technology for Three-Dimensional LSIs", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47. No.4, 2008, pp.2801-2806.
8. M. Fujiwara, S. Terada, Y. Shirato, H. Owari, K. Watanabe, M. Matsuyama, K. Takahama, T. Mori, K. Miyao, K. Choki, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Low-Loss Optical Interposer with Recessed Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Diode and Photodiode Chips into Si Substrate", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47. No.4, 2008, pp.2936-2940.
9. M. Murugesan, J. C. Bea, C. -K. Yin, H. Nohira, E. Ikenaga, T. Hattori, M. Nishijima, T. Fukushima, T. Tanaka, M. Miyao, and M. Koyanagi, "Investigation of the effect of in situ annealing of FePt nanodots under high vacuum on the chemical states of Fe and Pt by x-ray photoelectron spectroscopy", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Vol. 104 , 2008, 074316-1-074316-5.
10. Y. Pei, M. Nishijima, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Memory Characteristics of Self-Assembled Tungsten Nanodots Dispersed in Silicon Nitride", APPLIED PHYSICS LETTERS, Vol.104, 2008, pp.113115 -113117.
11. Y. PEI, T. FUKUSHIMA, T. TANAKA, M. KOYANAGI, "Electrical Characterization of MOS Memory Devices with High Density Self-Assembled Tungsten Nano-Dot", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47. No.4, 2008, pp.2680-2683.
12. K. Komiya, R. Kobayashi, T. Kobayashi, K. Sato, T. Fukushima, H. Kurino, T. Tanaka, M. Tamai, and M. Koyanagi, "Power Supply System Using Electromagnetic Induction for Three-Dimensionally Stacked Retinal Prosthesis Chip", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47. No.4, 2008, pp.3244-3247.
13. S. Kodama, D. Amano, T. Sugimura, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "New Reconfigurable Memory Architecture for Parallel Image Processing LSI with Three-Dimensional Structure", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 47. No.4, 2008, pp.2774-2778.

【国際会議発表】

1. Y. Pei, C. Yin, M. Nishijima, T. Kojima, H. Nohira, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Electrical Characterization of MOS Memory Devices with Self-assembled Tungsten Nano-dots Dispersed in Silicon Nitride", 2009 International Semiconductor Technology Conference/China Semiconductor Technology International Conference (ISTC/CSTIC), pp. 85-89, March 19-20, 2009, Shanghai, China.
2. T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Super Chip Integration Technology for Three-Dimensionally Stacked Retinal Prosthesis Chips", Smart System Integration Conference 2009, pp.299-306, March 11, 2009, Brussels, Belgium.

3. M. Koyanagi, T. Fukushima, T. Tanaka, "Three-Dimensional Integration Technology and Integrated Systems", The 14th Asia and South Pacific Design Automation Conference, pp. 409-415, January 21, 2009, Yokohama.
4. T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Three-Dimensional Integration Technology to Achieve Super Chip", Electropackage System and Interconnect Product Seminar, SEMICON Korea 2009 STS(SEMI Technology Symposium), January 21, 2009, Seoul, Korea.
5. T. Fukushima, T. Konno, K. Kiyoyama, M. Murugesan, K. Sato, W.-C.Jeong, Y. Ohara, A. Noriki, S. Kanno, Y. Kaiho, H. Kino, K. Makita, R.Kobayashi, C.-K. Yin, K. Inamura, K.-W. Lee, J.-C. Bea, T. Tanaka, and M.Koyanagi, "New Heterogeneous Multi-Chip Module Integration Technology Using Self-Assembly Method", 2009 IEEE The International Solid-State Circuits Conference (ISSCC) , Digest of Technical paper, p.515, February 9, 2009, San Francisco.
6. T. Fukushima, T. Konno, K. Kiyoyama, M. Murugesan, K. Sato, W.-C.Jeong, Y. Ohara, A. Noriki, S. Kanno, Y. Kaiho, H. Kino, K. Makita, R.Kobayashi, C.-K. Yin, K. Inamura, K.-W. Lee, J.-C. Bea, T. Tanaka, and M.Koyanagi, "New Heterogeneous Multi-Chip Module Integration Technology Using Self-Assembly Method", 2008 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) , pp.499-502, December 16, 2008, San Francisco.
7. M. Sekikawa, K. Kiyoyama, H. Hasegawa, K. Miura, T. Fukushima, S. Ikeda, T. Tanaka, H. Ohno, and M. Koyanagi, "A Novel SPRAM (SPin-transfer torque RAM)-based Reconfigurable Logic Block for 3D-Stacked reconfigurable Spin Processor", 2008 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM) , pp.935-937, December 15-17, 2008, San Francisco.
8. T. Tanaka, "Fully Implantable Retinal Prosthesis with 3-Dimensionally Stacked LSP", GPBE/NUS-Tohoku Graduate Student Conference in Bioengineering, pp.15-16, December 9-10, 2008, Singapore.
9. W.-C. Jeong, K. Kiyoyama, T. Fukushima, K.-W. Lee, T. Tanaka, and Mitsumasa Koyanagi, "Study of electromagnetic inductor for power delivery to three-dimensional retinal prosthesis system", GPBE/NUS-Tohoku Graduate Student Conference in Bioengineering, pp.111-112, December 9-10, 2008, Singapore.
10. Keigo Sato, Yoshiyuki Kaiho, Hiroshi Tomita, Tetsu Tanaka, and Mitsumasa Koyanagi, "Study of Retinal Prosthesis with Three-Dimensionally Stacked LSI, GPBE/NUS-Tohoku Graduate Student Conference in Bioengineering, pp.107-108, December 9-10, 2008, Singapore.
11. T. Fukushima, T. Tanaka and M. Koyanagi, "Three-Dimensional Integration Technology Based on Self-Assembled Chip-to-Wafer Stacking", 2008 Materials Research Society (MRS) Fall Meeting, December 1-5, 2008, Boston USA.
12. K. Kiyoyama, Y. Tanaka, M. Onoda, T. Fukushima, T. Tanaka and M. Koyanagi, "A Closed-loop Power Control Function for Bio-implantable devices", IEEE Asian Solid-State Circuits Conference, pp.325-328, November 3-5, 2008, Fukuoka.
13. T. Tanaka, T. Fukushima, M. Koyanagi, "3-D Integration Technology for Realizing Super Chip", VMIC (25th International Conference) FOR VLSI/ULSI MULTILEVEL INTERCONNECTION, October 29, 2008, San Francisco.
14. M. Koyanagi, Takafumi Fukushima, Tetsu Tanaka, "New Three-Dimensional Integration Technology Using Reconfigured Wafers", The 9th International Conference on Solid-State and Integrated-Circuit Technology, October 20-23,2008, Beijing, China
15. M. Koyanagi, M. Fujiwara, T. Fukushima, and T. Tanaka, "A New Optical Interposer with Buried VCSEL and Photodiode for Inter-Chip Optical Interconnection", 214th Meeting of ECS (The Electrochemical Society), October 12-17,2008, Hawaii, USA.
16. Y. Pei, M. Nishijima, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Memory Characterization of MOS Memory Device with High Density Self-Assembled Tungsten Nanodots Floating Gate and HfO₂ Blocking Dielectric", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.242-243, September 24, 2008, Tsukuba.

17. M. Sekikawa, K. Kiyoyama, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "A Fundamental Study Toward the Realization of an SPRAM-based Low Power FPGA", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.272-273, September 25, 2008, Tsukuba.
18. M. Kenji, K. Kiyoyama, T. Sugimura, T. Fukusima, T. Tanaka and M. Koyanagi, "A CMOS Image Sensor with CDS and Global Shutter for Three-Dimensional Image Processing System", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.282-283, September 25, 2008, Tsukuba.
19. M. Murugesan, J. Bea, T. Konno, H. Kino, Y. Ohara, T. Fukushima, T. Tanaka and M. Koyanagi, "The Formation of Lateral Interconnections Extending over 100-micron Thick Chips", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.472-473, September 25, 2008, Tsukuba.
20. K. Kiyoyama, Y. Tanaka, M. Onoda, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Battery-less Telemetry System with a Closed-loop Power Control for Bio-Implantable Applications", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.484-485, September 25, 2008, Tsukuba.
21. T. Konno, T. Fukushima, R. Kobayashi, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Self-Assembly for Heterogeneous Integration with Lateral Interconnections Extending over MEMS and LSI Chips", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.726-727, September 25, 2008, Tsukuba.
22. M. Fujiwara, A. Noriki, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Tapered Through-Si Via Formation for Optical Interposer with 3D ICs and Buried Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser / Photo Diode Chips", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.958-959, September 26, 2008, Tsukuba.
23. W. Jeong, K. Kiyoyama, M. Murugesan, T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Characteristics of Magnetic Film Inductors with FePt Nano-Dots", 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp.1106-1107, September 26, 2008, Tsukuba.
24. T. Fukushima, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "3D system integration technology and 3D systems", Advanced Metallization Conference (AMC) 2008, September 23-25, 2008, San Diego, California.
25. M. Koyanagi, "Three-Dimensional Integration Technology Using Self-Assembly Technique and Super Chip Integration", 2008 IITC(International Interconnect Technology Conference), June 1-4, 2008, San Francisco California.
26. T. Fukushima, T. Konno, S.Y. Ji, T. Tanaka, and M. Koyanagi, "Multichip Self-Assembly Technique on Flexible Polymeric Substrate", The 59th Electronic Components and Technology Conference (ECTC), pp. 1532-1537, May 27-30th, 2008, Florida, USA.
27. M. Koyanagi, T. Fukushima and T. Tanaka, "Three-Dimensional Integration Technology Using Adhesive Injection Method and W/Poly-Si TSV", 3D System Integration Technology Conference (3D-SIC) 2008, pp.31-44, May, 12-13th, 2008, Tokyo.
28. T. Fukushima, T. Konno, T. Tanaka and M. Koyanagi, "Chip Self-Assembly Technique for 3D LSI Fabrication", 3D System Integration Technology Conference (3D-SIC) 2008, pp.205-216, May, 12-13th, 2008, Tokyo.
29. K. Kiyoyama, S. Kodama, D. Amano, T. Sugimura, T. Fukushima, T. Tanaka and M. Koyanagi, "A Dynamically Reconfigurable Interconnection Network for Parallel Image Processing System with Three-Dimensional Structure", 3D System Integration Technology Conference (3D-SIC) 2008, pp.217-227, May, 12-13th, 2008, Tokyo.
30. K. Sato, Y. Kaiho, T. Fukushima, H. Tomita, H. Kurino, T. Tanaka and M. Koyanagi, "Study of Retinal Prosthesis with Three-Dimensionally Stacked LSI", 3D System Integration Technology Conference (3D-SIC) 2008, pp.229-239, May, 12-13th, 2008, Tokyo.

●羽生研究室（新概念 VLSI システム研究部）
New Paradigm VLSI System (T.Hanyu)

不揮発性ロジックインメモリ集積回路
Nonvolatile logic-in-memory integrated circuits

磁気トンネル接合デバイスと MOS トランジスタを組み合わせ、不揮発性記憶機能と演算機能を一体化させた不揮発性ロジックインメモリ集積回路を試作した。

Our research group has fabricated a nonvolatile logic-in-memory integrated circuit, where a nonvolatile storage function is merged into a logic-circuit function, using magnetic tunnel junctions (MTJs) in combination with MOS transistors.

【査読付論文】

1. Shoun Matsunaga, Jun Hayakawa, Shoji Ikeda, Katsuya Miura, Haruhiro Hasegawa, Tetsuo Endoh, Hideo Ohno, and Takahiro Hanyu, "Fabrication of a Nonvolatile Full Adder Based on Logic-in-Memory Architecture Using Magnetic Tunnel Junctions," Applied Physics Express 1 (2008) 091301
2. Shoun Matsunaga, Kimiyuki Hiyama, Atsushi Matsumoto, Shoji Ikeda, Haruhiro Hasegawa, Katsuya Miura, Jun Hayakawa, Tetsuo Endoh, Hideo Ohno, and Takahiro Hanyu, "Standby-Power-Free Compact Ternary Content-Addressable Memory Cell Chip Using Magnetic Tunnel Junction Devices," Applied Physics Express (APEX), vol. 2, no. 2, pp. 023004-1~023004-3, 2009.

【国際会議発表】

1. Shoun Matsunaga, Jun Hayakawa, Shoji Ikeda, Katsuya Miura, Tetsuo Endoh, Hideo Ohno, and Takahiro Hanyu, "Fabrication of a Standby-Power-Free TMR-Based Nonvolatile Memory-in-Logic Circuit Chip with a Spin-Injection Write Scheme," International Conference on Solid State Devices and Materials, C-3-6, pp. 274-275, Tsukuba, Sep. 2008.
2. Takahiro Hanyu, "TMR Logic: Nonvolatile Logic Circuit Based on Logic-in-Memory Architecture Using Magnetic Tunnel Junctions," PRiME2008 Meeting Abstracts, 2105, Hawaii, Oct. 2008.

●岩佐研究室（金属材料研究所低温電子物性学研究部門）

Low Temperature Condensed State Group, Institute for Materials Research (Y.Iwasa)

機械的な劈開により、薄い単結晶を作製する手法が近年注目されている。それらはユニークな電子の性質により、マイクロエレクトロニクス of の有望な候補である。例えば、グラフェン(単層ないし非常に薄いグラファイト)をトランジスタに用いると、今日のシリコントランジスタと比べて 100 倍速く動作する。その高いパフォーマンスから、層状物質を用いたエレクトロニクスのプロトタイプとして、物理と物質科学の双方から熱心に研究されている。

我々の研究は層状化合物と電気化学的なトランジスタに基づく。この研究の興味は基礎研究とアプリケーションの双方に及ぶ。基本研究の点では、電気化学的なトランジスタは従来のゲート誘電体と比較してより低いゲート電圧で最大の可調電子密度をもたらす、広い可調範囲はゲート誘導超伝導の様な新しい輸送現象をもたらす。アプリケーションの点では、電気化学的手法は様々な種類のセンサーやマイクロエレクトロニクスへのソフトマテリアルの統合に重要である。

我々の研究は、層状物質電気二重層トランジスタを SiO_2/Si 基板の上に作製する事に成功した(図 1)。層状物質の厚さは 2 層から数層でラマン散乱および原子間力顕微鏡 (AFM) で評価した。デバイスは、一般的なフォトリソグラフィとナノ・スピン実験施設の設備である電子ビームリソグラフィを用いて作製した。ゲート媒質としてイオン液体を適用する事で、層状物質の一つである Graphene で 1V 以下の低電圧で両極性特性を実現した。これは一般的な手法として、広範囲な物質に適用する事が期待出来る。

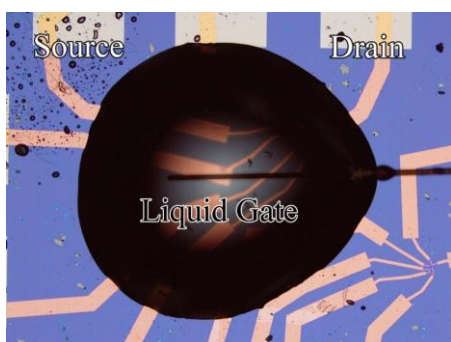


図 1. Graphene EDLT-device. 電子ビームリソグラフィにより Au/Pt 電極を作成した。写真中央の液滴はゲートに用いたイオン液体。

【国際会議発表】

1. J. T. Ye, M. F. Craciun, H. Shimotani, A. F. Murpurgo, and Y. Iwasa “Electric Double Layer Transistor of Graphene” International Symposium on Organic Transistors and Functional Interfaces, Sendai, Japan, August 19-23, 2008
2. J. T. Ye, H. Shimotani, M. F. Craciun, A. F. Murpurgo, and Y. Iwasa “Graphene-Based Electronic-Double-Layer Field-Effect-Transistor (EDLT) Devices” The 35th Commemorative Fullerene Nanotubes General Symposium, Tokyo, Japan, August 27-29, 2008

● 藤本・青井客員・島津技術開発室 (IT21 センター研究開発部ストレージ分野)
Storage Technology Group, IT-21 Center (K.Fujimoto ,H.Aoi and T.Shimatsu)

IT21 センター・ストレージ分野では、平成 19 年度後期から「超高速大容量ストレージシステム」の産学連携の研究開発を推進している。本プロジェクトでは、超テラビット毎平方インチ級の次世代垂直磁気記録の要素技術開発と、超高速ストレージサブシステムのための予知型 2 次元データ配置技術方式により、記録密度と消費電力の限界を打破し、2011 年に現状の 1/20 以下の消費電力/記憶容量比を達成すること等を目標としている。得られた成果は次世代事業を担う新技術基盤として活用する他、大きな市場規模を有するストレージ産業における我が国の優位性を確保し国際競争力を高めることも目的においている。

- 1) 超テラビット級次世代垂直記録技術のための、次世代ナノパターン垂直媒体、超高感度リーダ技術、垂直型高分解能ライトヘッド、等の要素技術の開発
- 2) 超高速ストレージサブシステムのための、予知型 2 次元データ配置技術、低ビットコストで超高速を実現するためのストレージ階層化技術、等の開発

A cooperative research project between industry, academia and government; Development of super high-speed mass storage HDD systems started in August 2007 under the collaborations between RIEC including IT21 storage technology group, major Japanese HDD manufacturers and other laboratories researching related technologies within Tohoku University. Developments of high density patterned media and high sensitivity sensor are research subjects in this project, and we fabricated fine dot arrays of Co based alloy films and spin accumulation devices and studied fundamental properties.

The goals of this project are to develop the perpendicular recording fundamental technologies required for 5 Tbits/inch² recording density and, based on these technologies, to develop the methods for realizing large capacity, high performance and low power consumption storage systems.

- 1) Development of fundamental technologies for the recording densities over 2 Tb/inch²; high sensitivity sensors, high recording resolution SPT writers and high-density media including patterned media.
- 2) Demonstration of methods for high performance and low power consumption storage systems.

【査読付論文】

1. T. Shimatsu, N. Asakura, Y. Inaba, K. Kudo, A. Sato, H. Muraoka, H. Aoi, S. Okamoto and O. Kitakami, "Thermal stability and switching field of hard/soft-stacked perpendicular media," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 320, pp. 3088-3091 (2008).
2. S. Okamoto, N. Kikuchi, T. Kato, O. Kitakami, K. Mitsuzuka, T. Shimatsu, H. Muraoka, H. Aoi and J.C. Lodder, "Magnetization behavior of nanomagnets for patterned media application," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 320, pp. 2874-2879 (2008).
3. T. Shimatsu, H. Sato, H. Aoi., H. Muraoka, S. Okamoto and O. Kitakami, "L1₁-Type Co-Pt Ordered Alloy Films Fabricated by Sputter Deposition," *Magnetics Japan.*, pp. 271-276 (2008).
4. T. Shimatsu, H. Sato, K. Mitsuzuka, H. Kataoka, H. Aoi, S. Okamoto, and O. Kitakami, "Dot arrays of L1₁ type Co-Pt ordered alloy perpendicular films," *J. Appl. Phys.*, vol. 105, pp. 07C109 (1-3) (2009).
5. H. Sato, T. Shimatsu, H. Kataoka, H. Aoi, S. Okamoto, and O. Kitakami, "Fabrication of L1₁-type (Co-Ni)-Pt ordered alloy films by sputter deposition," *J. Appl. Phys.*, vol. 105, pp. 07B726 (1-3) (2009).
6. K. Mitsuzuka, T. Shimatsu, N. Kikuchi, O. Kitakami, H. Muraoka, and H. Aoi, "Magnetic properties of thin hard/soft-stacked dot arrays with a large uniaxial magnetic anisotropy," *J. Appl.*

Phys, vol. 105, pp. 07C103 (1-3), (2009).

7. J-J. Wang, T. Sakurai, K. Oikawa, K. Ishida, N. Kikuchi, S. Okamoto, H. Sato, T. Shimatsu and O. Kitakami, "Magnetic anisotropy of epitaxially grown Co and its alloy thin films," *J. Phys.: Condens. Matter*, vol. 21, 185008(6pp) (2009).

●末光研究室（固体電子工学研究分野）
Solid State Electronics (M.Suemitsu)

1. グラフェン・オン・シリコンの製造及びその応用
Fabrication of Graphene on Silicon and its Application

次世代半導体材料として有望なグラフェンのシリコン基板上への作製とその応用に関する研究を行っている。

Graphene is expected to be a promising semiconductor material in the next-generation electronic devices. Formation of graphene on silicon substrate (GOS), as well as its applications, are investigated.

【論文リスト】

1. Maki Suemitsu, Yu Miyamoto, Hiroyuki, Handa, “Graphene formation on a 3C-SiC(111) thin film grown on Si(110) substrate”, e.-J. Surf. Sci. Nanostruct., accepted for publication.
2. Yu Miyamoto, Hiroyuki, Handa, M. Suemitsu, Hirokazu Fukidome, Takashi Ito “Raman Scattering Spectroscopy of Epitaxial Graphene Formed on SiC Film on Si Substrate”, e.-J. Surf. Sci. Nanostruct., accepted for publication.

【国際会議発表】

1. M. Suemitsu, A. Konno, and Y. Miyamoto, 「Graphite formation on a 3C-SiC(111) thin film grown on Si(110) substrate」, 14th International Conference on Solid Films and Surfaces, Trinity College, Dublin, Ireland (June 2008)
2. M. Suemitsu, Y. Miyamoto, H. Handa, and A. Konno, 「Growth of 3C-SiC(111) on Si(110) substrate for graphene formation」, 4th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Tohoku University, Sendai, Japan (September 2008)
3. Y. Miyamoto, H. Handa, A. Konno, and M. Suemitsu, 「Growth of 3C-SiC(111) on Si(110) substrate for epitaxial graphene」, International Symposium on Graphene Devices 2008, University of Aizu, Aizu-Wakamatsu, Japan (November 2008)

●遠藤研究室（学際科学国際高等研究センターナノ知能システム研究分野）
Center for Interdisciplinary Research (T.Endo)

マルチメディア情報などの膨大なデータをシームレスに各携帯機器で活用できるようになるユビキタスネットワーク社会を実現するために、シリコン半導体集積回路には飛躍的な技術革新が要求されている。この要求を実現するためには、ナノスケールまで素子を微細化し、更に回路・システムの集積度、及び、動作速度を上げることで顕在化してくる様々な問題を解決してゆく必要がある。

この要請に向けて、本研究分野では、集積回路に於ける微細構造、高速動作、低消費電力動作、安定動作を律速している要因を原理的に解決する技術の提案を通して、革新的なシリコン半導体集積回路の実現を目指す。具体的には、

In order to realize a ubiquitous network society, where people can enjoy seamless exchange of mass multimedia data using personal PDAs, several important innovations must be made in ULSI (Ultra Large Scale Integrated Circuit) technology. These demanded innovations are centered on the downscaling of the device size into the order of nanometers and the boosting of the degree of integration and operational speed of the circuits and systems. To this goal, we are investigating on the development of innovative ULSI technologies, in which we are trying to overcome the factors that currently impose limitations such as minimum device size, their highest operational speed, their lowest power consumption,

To this goal, we are investigating on the development of innovative ULSI technologies, in which we are trying to overcome the factors that currently impose limitations such as minimum device size, their highest operational speed, their lowest power consumption, and their attainable stability. Our interests include the proposals of

1. ナノスケールまで微細化されることで増大する素子の特性ばらつき、及び、回路の大規模化に伴う諸問題を解決する Robust な情報処理を目指したアーキテクチャ・回路技術
Robust architecture and circuit technology that can tolerate fluctuations in characteristics of nano devices as well as with increased complexity in highly integrated ULSI systems,
2. 従来のプレーナ技術に起因する限界をブレイクスルーする 3次元構造など新しい構造・構成に基づく新デバイス・回路技術
Post-planar devices based on innovated structures such as 3-dimensional structures and their circuit technology,
3. ナノスケール構造によって発現する物理現象などを応用した新しい動作原理に基づくナノ構造デバイス・回路技術
Novel devices and circuits based on new principles of operation that become achievable in nano structures,
4. 更なる微細化・新動作原理の導入によって要求される高精度なデバイス設計技術、及び、更なる回路の大規模化によって要求される高効率な設計手法・アルゴリズムなど次世代集積回路を高精度・高効率に設計するための CAD (Computer Aided Design) 技術などに関する研究を一貫して行う。
Next-generation CAD (Computer Aided Design) technology with high precision and efficiency, in order to design the next-generation ULSI systems with highly integrated new devices.

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 ナノ・スピンの実験施設の利用について
- 6-3 施設の利用状況（平成20年度）
- 6-4 ナノ・スピン工学研究会
国際シンポジウム プログラム

6-1 施設のクリーンルームと装置の概要

本施設は施設の目標を達成するため多くの最先端の装置を有し、実験に供しています。これらの装置は、各担当研究室が保守運営にあたり、利用者に開放されています。

以下、本施設の装置の一覧を示します。

(凡例: □: 共通利用対応装置, ■: 共通利用対応可能なプロジェクト用装置)

a-1) ナノ・スピン電子ビーム・リソグラフィ装置

■ ナノ・スピン電子描画システム

日本電子 JBX-9300SA

●用途 ナノスケールのパターン描画

●性能 加速電圧: 100 kV

最小線幅: 20 nm

ウェハサイズ: 5mm 角~300mmφ

設置場所 ナノ・スピン実験施設 モレキュラークリーンルーム 電子ビーム露光室

担当研究室 ナノ・スピン実験施設 共通部

■ ナノ・スピン縮小投影露光システム

ニコン NSR-2005i10C

●用途 縮小投影露光による微細レジストパターンの形成

●性能 露光光源: i線

投影倍率: 1/5

ウェハサイズ: 33mmφ、2 インチφ

レチクルサイズ: 6インチ角

設置場所 ナノ・スピン実験施設 モレキュラークリーンルーム 電子ビーム露光室

担当研究室 ナノ・スピン実験施設 共通部/中島・佐藤研究室

□ マスク電子ビーム描画装置(マスク EB)

日本電子 JBX-7000MV(A)

●用途 マスク作製及びウェーハ直描用 可変面積型電子ビーム露光装置

●性能 加速電圧: 20 kV

ビーム電流密度: 0.6 A/cm²

ビーム径: Max 4μ m²

図形精度: 0.05 μ m

最小寸法: 0.5 μ m

マスクサイズ: 2.5、5、6 インチ

ウェハ径: 2、3 インチ

設置場所 旧施設 1号棟

担当研究室 ナノ・スピン実験施設 共通部

□ 自動塗布ベーク (調整中)

キヤノン CDS-630

●用途 2インチウェハに HMDS 処理→塗布→ベークまたは現像→ベークを連続でかつ自動 (Cassette to Cassette) で施すことができる。

●性能 2系統のポジレジストを2インチウェハ上に 1.0±0.02mm の面内膜厚均一性で塗布することができる (TSMR-8900, 25cp を想定)。

スルーputは塗布; 約40分/25枚、

現像; 約40分/25枚。

設置場所 旧施設 1号棟

担当研究室 ナノ・スピン実験施設 共通部

□ 大規模回路検査用顕微鏡

キャノン CDS-630

- 用途 ウェハ表面の観察、写真撮影 マスク検査
- 性能
 - ・光学顕微鏡部(オリンパス BH3-MJL)
キセノン光源
対物レンズ 5×、10×、20×、50×、100×、250×
分解能 0.20mm
 - ・写真撮影装置部(オリンパス PM-10AK)
 - ・テレビカメラシステム(オリンパス U-VPT)
 - ・計測システム(オリンパス UM-40)
 - ・除振台(TC-56)

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム 電子ビーム露光室
担当研究室 ナノ・スピンの実験施設 共通部

□ 自動洗浄装置 (調整中)

カイジョー RT-869

- 用途 2 インチ, 33mmφ Si ウェハ洗浄用
- 性能 硫酸過水洗浄槽 2 槽、塩酸過水洗浄槽 1 槽、温水槽 3 槽、水洗槽 1 槽。
キャリアにセットしたウェハを自動洗浄可能。

設置場所 旧施設 1 号棟
担当研究室 ナノ・スピンの実験施設 共通部

□ 測長 SEM(電子線顕微鏡)

日本電子 JSM6401F

- 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 30kV) : 1.5 nm 保証
(加速電圧 10kV) : 6.0 nm 保証
 - ・反射電子像分解能
(加速電圧 30kV) : 3.0 nm 保証
 - ・倍率
ズーム(MAG) : 10× (WD39mm) ~ 500,000×
プリセット(INST MAG) : 可能
(ズーム倍率→プリセット倍率、瞬時切り換え)
 - ・プローブ電流 $10^{-12} \sim 10^{-10}$ A

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 4 階 408 室
担当研究室 ナノ・スピンの実験施設 共通部

□ ステッパー

キャノン FPA-1550M II

- 用途 レチクルパターンの縮小投影露光
- 性能 解像度 0.6 ミクロン(TSMR-8900)
オートアライメント精度 0.15 ミクロン(3s)
NA0.43、縮小率 5:1

設置場所 旧施設 1 号棟
担当研究室 ナノ・スピンの実験施設 共通部

□ サブミクロンマスクアライメント

カールズス MJB 3

- 用途 リソグラフィ技術を用いて半導体基板等に微細パターンを高い重ねあわせ精度で加工する。
- 性能
 - ・ウェハーサイズ 最大 3 インチ
 - ・露光光源 高圧水銀350Wランプ
 - ・IRアライメント IR透過光を用いた裏面アライメントが可能。
 - ・解像度 0.4μm

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム 電子ビーム露光室
担当研究室 大野・大野・松倉研究室

□ マスクアライナ

キャノン PLA-501

- 用途 レチクルガラス原版上に描かれた電子回路パターンを1対1の等倍でウェハ上に投影露光する装置です。
 - 性能 光源に高圧水銀ランプを用いて、数ミクロンサイズのパターン転写が可能です
- 設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム 電子ビーム露光室
担当研究室 ナノ・スピンの実験施設 共通部

□ 接触表面段差計

ULVAC Dektak 6m

- 用途 半導体微細構造などの表面形状観察
- 性能
 - ・スキャン方式 リニアスキャン
 - ・垂直方向分解能 5 Å
 - ・走査距離 50mm～30mm
 - ・触針圧 10～50mgf(調整可)

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム 電子ビーム露光室
担当研究室 ナノ・スピンの実験施設 共通部

a-2) 化合物半導体プロセス装置関係

□ 化合物 MBE

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

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム 化合物半導体プロセス室
担当研究室 大野・大野・松倉研究室

□ SiO₂ 堆積用プラズマCVD装置

日本真空

- 用途 SiO₂ の成膜
- 性能
 - ・到達真空度:
反応室: 3 × 10⁻⁷Torr 以下。
準備室: 2 × 10⁻⁶Torr 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

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム 化合物半導体プロセス室
担当研究室 大野・大野・松倉研究室

□ 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/バッチ
 - φ 33 基板 1枚/バッチ
 - 不定形試料には、基板用ホルダを変えることで対応
 - ・基板加熱温度 反応室 最高 400°C
準備室 最高 300°C
 - ・RF電力 発振周波数 13.56MHz

最高 200W

・導入ガス SiH₄、NH₃、Ar、N₂、O₂

設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム 化合物半導体プロセス室

担当研究室 大野・大野・松倉研究室

□ 多目的電子ビーム蒸着装置

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

設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム 化合物半導体プロセス室

担当研究室 大野・大野・松倉研究室

□ イオン発生システム (ECR エッチャ)

日本真空

●用途 Cl₂ ガスを用いた化合物半導体等の異方性エッチング

●性能

- ・チャンバ構成 エッチング室、ロードロック室
- ・到達真空度 10⁻⁶Torr 台
- ・動作圧力 10⁻³~10⁻⁵Torr
- ・基板サイズ 2インチ、及び不定形
- ・エッチング速度 ~2000Å/min(GaAs)
- ・エッチング分布 2インチ基板内±10%以下
- ・基板冷却 基板ホルダー水冷式
- ・イオン源 ECRパケット型
- ・イオンエネルギー 200~1000V
- ・プロセスガス Cl₂、Ar、O₂

設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム 化合物半導体プロセス室

担当研究室 大野・大野・松倉研究室

□ 絶縁膜用ドライエッチング装置(RIE)

日本真空

●用途 化合物半導体ウエハー上のシリコン窒化膜、シリコン酸化膜のエッチング

●性能

- ・ガス種 CF₄、O₂、H₂
- ・到達圧力 1.3×10⁻⁵Pa 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/バッチ

設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム 化合物半導体プロセス室

担当研究室 大野・大野・松倉研究室

□ 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
設置場所 ナノ・スピニング実験施設 4 階 408 実験室
担当研究室 大野・大野・松倉研究室

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。
設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム シリコンプロセス室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

■ 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。
設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム シリコンプロセス室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

□ X 線光電子分光装置 (ESCA)

SST SSX - 100

●用途 表面元素分析用
●性能 最高エネルギー分解能 0.69eV ($Au_{4f_{7/2}}$)、最小分析領域 270 ミクロン以下、感度 10 万カウント/秒以上。
設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム シリコンプロセス室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

□ 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。
設置場所 ナノ・スピニング実験施設 A316 室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

□ 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。
設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム シリコンプロセス室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

□ 常圧 CVD 装置

●用途 熱 CVD 法により SiO_2 、PSG、BSG の薄膜形成を行う。
●性能 200~400°C での熱 CVD 法 により、 SiO_2 、PSG、BSG を形成可能 (2チャンバー)。
バッチ内膜厚分布 ±5% 以内。
設置場所 ナノ・スピニング実験施設 モレキュラークリーンルーム シリコンプロセス室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

□ Si 系 RIE

●用途 シリコン加工用ドライエッチング装置 (アネルバ EMR510 特)

Si 基板上の Si 系半導体のエッチングを行う。
SiO₂ 加工用ドライエッチング装置(アネルバ DEM-451 特)
Si 基板上の Si および SiO₂ のエッチングを行う。
メタル加工用ドライエッチング装置(アネルバ L-451DA-L)
Si 基板上の金属のエッチングを行う。

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

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム シリコンプロセス室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

□ 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

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 モレキュラークリーンルーム シリコンプロセス室
担当研究室 室田・櫻庭研究室

□ 高スループットイオン注入装置 (調整中) 日新電機 NH-20SP

- 用途 半導体デバイス作製に不可欠である Si ウエハ等への不純物イオン注入
- 性能 加速電圧: 10~200 kV
ビーム安定性: ±10%/h 以下
注入均一性: $\sigma / x \leq 0.5\%$ (面内)
 $\sigma / x \leq 0.5\%$ (再現性)
ガスボックス: 4 系統
ウエハサイズ: 6"、2" (アダプタ使用)、33mmφ (")
処理能力: 150 枚/h 以上 (10 秒注入時)

設置場所 PCR

a-4) 配線プロセス関係

■ ナノ・スピンメタルスパッタリングシステム アネルバ EVP-38877

- 用途 半導体集積プロセスにおける配線用 Al/Ti 薄膜の成膜
- 性能 ターゲット材 Al-Si(1%)、Ti
基板ホルダ 33 ミリφ、2 インチφ、4cm 角以下のカットウエハ等
処理枚数 33 ミリφ ウエハ 25 枚/ロット
膜厚分布 φ 200 ミリ内 ±5% 以内
到達真空度 3 × 10⁻⁶ Pa (スパッタ室)

設置場所 ナノ・スピンの実験施設 ウルトラクリーンルーム
担当研究室 中島・佐藤研究室

- **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/2μ V-100mA/100V) × 4
電圧測定ユニット × 2
電圧源ユニット × 2
- 設置場所 ナノ・スピンの実験施設 2 階 212 室
担当研究室 中島・佐藤研究室
-
- **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
- 設置場所 ナノ・スピンの実験施設 4 階 408 室
担当研究室 中島・佐藤研究室
-
- **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リソパターン形成
 - 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
紫外線露光照射度 25mW/cm²
露光分解能 0.8μ m ライン／スペース(バキュームコンタクト時)
- 設置場所 ナノ・スピンの実験施設ウルトラクリーンルーム
担当研究室 中島・佐藤研究室
-
- **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 φ 4”カソード × 3 基
最大搬送基板サイズ: φ 4”
基板加熱: MAX350°C
到達真空度: 3 × 10⁻⁶Pa 以下
- 設置場所 ナノ・スピンの実験施設ウルトラクリーンルーム
担当研究室 中島・佐藤研究室
-
- **熱処理炉** 東京エレクトロン
- 用途 ゲート酸化膜、フィールド酸化膜の形成、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
- 設置場所 ナノ・スピンの実験施設ウルトラクリーンルーム
担当研究室 中島・佐藤研究室
-
- **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: 33mmφ、2”、6”、8”
膜厚コントローラによる蒸着レートの制御が可能
基板回転機構付き

設置場所

担当研究室 中島・佐藤研究室

□ ダイシングソー

Disco

●用途 シリコンチップおよび圧電素子等のウェハからの裁断

●性能 ウェハサイズ: Max 6”

精度

チャックテーブル平面度: 0.005mm/152.4mm

スピンドル割出し精度:

単一ピッチ誤差: 0.003mm/152.4mm

累積ピッチ誤差: 0.005mm/152.4mm

切断スピード: 0.3 - 300mm/sec

ステージ

X: カutting範囲: 20 - 153mm

Y: インデックス範囲: 0.002 - 99.998mm

Z: 切残し範囲: 0.005 - 19.995 mm

θ : 0 - 90° ±1°

設置場所 E棟 E3室

担当研究室 中島・佐藤研究室

□ LSI テスタ

HP9494

●用途 アナログ及びデジタル LSI チップの動作測定・検証

●性能 HP9494A ミックスドシグナル LSI テストシステム

30MHz 12Bit 任意波形発生器

1MHz 16Bit デジタイザ

設置場所 ナノ・スピン実験施設 2階 212室

担当研究室 中島・佐藤研究室

□ 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

設置場所 ナノ・スピン実験施設 2階 212室

担当研究室 中島・佐藤研究室

6-2 ナノ・スピンの実験施設の利用について

ナノ・スピン実験施設では、施設の各部が行う研究のほか、施設の中核研究に関連した研究、電気通信研究所共同プロジェクト研究、それ以外の施設長が認めた研究が行われています。施設では、極めて清浄なクリーンルームで最先端の設備を最高の状態で安全に使うために、利用委員会を中心に教官職員と学生がチームを組み、クリーンルームや装置の維持・保守管理を行っています。電子ビーム露光装置など共通装置の利用希望者には、装置を熟知した担当研究室の職員・学生が使用方法を説明、あるいは代わりに操作して、実験が進められるようにしています。

利用希望の方は、施設受付・案内（電話 022-217-5563）までご連絡ください。

6-3 施設の利用状況(平成20年度)

平成20年度 ナノ・スピンの実験施設 利用登録状況

(平成21年3月31日まで)

ナノ・スピンの実験施設

利用登録	研究室名	利用責任者		人数
A	大野研	大野裕三	大野英男教授 長谷川客員教授 大野裕三准教授 松倉准教授 池田准教授 大谷助教 (研究員)千葉 松坂 三浦 森田 (研究員)平田 朴 甘 山本 早川 (D2)林 (D1)西谷 (M2)遠藤 小野 (M1)高橋 福永 神田 (B4)小林 小池 水沼 (研究員)山本	26
A	室田研	櫻庭政夫	室田教授 櫻庭准教授 (研究員)菅原 永戸 神力 (D4)千葉 (D3)金 (M2)川島 野坂 平野 (M1)宇藤 高橋 (B4)神原 吉野	14
A	庭野研	木村康男	庭野教授 平野准教授 木村助教 石橋助教 (D3)山口 (M2)佐藤 島倉 武藤 青戸 (M1)平良 深瀬 近藤 大嶋 タイ・テイホ (B4)水野 小島	16
A	中島研	佐藤茂雄	佐藤茂雄准教授 早川助教 小野美助教 (M1)桜庭	4
A	枝松研	小坂英男	枝松教授 小坂准教授 三森助教 (研究員)桑原 久津輪 (研究員)長能+B登録 (D3)上野 (M1)鈴木+B登録	8
A	共通部	佐々木龍太郎	目黒特別教育研究教員 佐々木龍太郎技術職員	2
A	安藤研	大兼幹彦	大兼助教 永沼助教 桜庭助教 (研究員)井波 ナヒツド (D2)窪田 (D1)金 (M2)大平 常木	9
A	川崎研	塚崎敦	塚崎助教 上野助教 (D1)山崎	3
A	新田研	好田誠	好田助教 (D2)宮脇 (M2)国橋	3
A	尾辻研	末光哲也	尾辻教授 末光哲也准教授 (M2)堀池 (M1)福田 (B4)赤川 (M1)唐澤 (M1)カンチョンヒル (D1)エムフォールミン	8
A	岩佐研	下谷秀和	下谷助教 (研究員)叶 (M2)木内 (B4)津田 (M1)井上	5
B	水野研	水野皓司	水野客員教授	1
B	坪内研	亀田 卓	(D3)青田 (D1)谷藤	2
B	藤本研	島津武仁	島津准教授 寒河江技術職員 (研究員)山田 片岡 嵯峨 (D3)三塚	6
B	NICHe	今泉文伸	諏訪助教 程助教 田中助教 (D3)磯貝 (*須川研)	4
B	高橋研	小川智之	(PD)磯上 (M1)鈴木 高橋 駒崎 (B4)井上 武田 鈴木	7
B	山口研	遠藤恭	遠藤准教授 島田客員教授 (研究員)Garcia (M2)小林 鳥塚 室賀 (M1)呂 鈴木 難波 (B4)稲垣 三束	11
B	佐橋研	土井正晶	三宅助教 (D2)遠藤 (M1)真野 (D1)蘆	4
B	石山研	石山和志	(M1)諏訪	1
B	伊藤(隆)研	黒木伸一郎	田主助教 (D3)朱 (D1)藤井 (M2)沼田 春山 (M1)緑川 阿部 原 (B4)	9
B	畠山研	金子俊郎	加藤助教 (PD)李 (D3)馬場(D1)ゾーレ(M2)清水 藪野 英 廣津 (M1) 原本 加藤 黒田	11
B	山田研	北智洋	北助教 (D1)モラレス寺岡	2
B	(多元研)北上研	菊池伸明	菊池助教 (M2)小原	2
B	(理)石原研	岩長祐伸	岩長助教 (D3)馬場	2
B	末光研	末光真希	(D2)ローランド (D2)松本 (D1)半田 齋藤 (M2)稲吉 (M1)宮本 村重	7
B	田中研	田中 徹	関川研究員	1
B	羽生研	羽生貴弘	羽生教授 松本助教 夏井助教 (研究員)高子	4
B	遠藤研	遠藤哲郎	(M2)則房 (M1)上柳 (B4)伊賀	3

計 175

6-4 ナノ・スピ工学研究会

21世紀に求められる高度な情報通信の実現には、ナノテクノロジーに基づく材料デバイス技術からシステム構築までの総合科学が必要である。「ナノ・スピン実験施設」は、この情報通信を支える総合科学技術の中の、ナノテクノロジーに基づいた電子の電荷・スピンを駆使する基盤的材料デバイス技術の研究を総合的・集中的に推進することを目的に、本研究所附属研究施設として平成16年4月1日に設置された。本研究会は、この施設を中心に展開して得られた成果にもとづき、広くナノエレクトロニクス・スピントロニクスに関連した科学技術に関して十分論議することを目的としている。平成20年度は以下の講演会を実施した。

第31回 平成20年6月12日

「Physics with technologically interesting magnetic materials & nanostructures」
Professor Indrani Das (Saha Institute of Nuclear Physics, Experimental Condensed Matter Physics Division, India)

第32回 平成20年12月4日

「Electrical control carrier mediated magnetism in (Ga, Mn)As」
Dr. M. Sawicki (Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, RIEC, Tohoku University, Sendai, Japan(電気通信研究所客員教授)、 Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland)

第33回 平成20年12月16日

「Room temperature magnetic coupling in GaMnN and GaGdN epitaxial layers and heterostructures」
Professor Angela Rizzi IV. Physikalisches Institut, University of Goettingen, Germany (presently at:) Research Center on Integrated Quantum Electronics, Hokkaido University

第34回 平成21年2月4日

「磁気異方性と電子状態」「結晶磁気異方性の電界効果の第一原理計算」
小田竜樹准教授(金沢大学)

第35回 平成21年3月9日

「低分子系有機薄膜太陽電池」
平本 昌宏 (自然科学研究機構分子科学研究所・教授)

(国際シンポジウムプログラム)

WORKSHOP SCIENTIFIC PROGRAM (Tentative)

September 25 (Thursday), 2008

**4th International WorkShop on
New Group IV Semiconductor Nanoelectronics**

Sep. 25(Thu.) - 27(Sat.), 2008

Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku Univ., Sendai, Japan

Tutorial Lecture 14:00-15:45 (4F Conference Room)

14:00-15:45 **“0.13 μm SiGe BiCMOS Technology for Radio-Frequency Applications”**, . . . 1
Bernd Tillack^{1,2}, Holger Rucker¹, Bernd Heinemann¹, Alexander Fox¹,
Dieter Knoll¹ and Wolfgang Mehr¹,
¹IHP, Germany,
²Technische Universität Berlin, Germany

WORKSHOP SCIENTIFIC PROGRAM (Tentative)

September 26 (Friday), 2008

Session 0: Opening 12:50-13:00 (4F Conference Room)

12:50-13:00 **Introductory**
Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan

Session I: Invited Presentation (1) 13:00-14:30 (4F Conference Room)

- 13:00-13:30 I-01:
“Si passivation in Ge pMOSFETS: further developments and understanding” . . . 3
Matty Caymax, Jerome Mitard, Koen Martens, Lijun Yang, Geoffrey Pourtois,
Wilfried Vandervorst and Marc Meuris
IMEC, Belgium
- 13:30-14:00 I-02:
“Epitaxial growth of ferromagnetic Mn₅Ge₃ on Ge(111) and (001) substrates”, . . . 5
V. Le Thanh, S. Olive-Mendez, A. Spiesser, L.A. Michez, A. Glachant and J. Derrien,
Centre Interdisciplinaire de Nanoscience de Marseille (CINaM- CNRS 3118),
Aix-Marseille Université, France
- 14:00-14:30 I-03:
“Patterned SiGe heterostructures through UV Excimer Laser radiation”, . . . 7
S. Chiussi¹, F. Gontad¹, E. Rebollar¹, J.C. Conde¹, C. Serra^{1,2}, J. Serra¹,
P. González¹ and B. León¹,
¹Departamento de Física Aplicada, E.T.S.I.Industriales, Universidade de Vigo, Spain,
²C.A.C.T.I., Universidade de Vigo, Spain

Session II: Regular Presentation (1) 14:30-15:10 (4F Conference Room)

- 14:30-14:50 O-01:
“Visible photocurrent measurements in Ge quantum dots”, . . . 9
P. Castrucci¹, C. Scilletta¹, E. Speiser¹, M. Scarselli¹ and M. De Crescenzi¹,
A. Ronda² and I. Berbezier²,
¹Dipartimento di Fisica, Unita' CNISM, Universita' di Roma Tor Vergata, France,
²L2MP UMR CNRS 6137, Faculté des Sciences et Techniques, Campus de Saint Jerome,
France
- 14:50-15:10 O-02:
“Low-Temperature-Processing Metal-Oxide-Semiconductor (MOS) Structure Solar Cell Prepared by Cost-Effective Anodization Technique”, . . . 11
Chih-Yao Wang and Jenn-Gwo Hwu,
Graduate Institute of Electronics Engineering /Department of Electrical Engineering,
National Taiwan University, Taiwan, R.O.C.

15:10-15:30 **Break**

WORKSHOP SCIENTIFIC PROGRAM (Tentative)

September 26 (Friday), 2008

Session III: Regular Presentation (2) 15:30-17:10 (4F Conference Room)

- 15:30-15:50 Q-03:
“Influence of HCl on the Low Temperature SiGe Selective Epitaxial Growth using SiH₄-GeH₄-B₂H₆-H₂-HCl Gas Mixture by LP-CVD System” . . . 13
Y. Shimamune¹, M. Fukuda², M. Nishikawa², H. Maekawa¹, N. Tamura¹, T. Mori²,
M. Kase² and S. Fukuyama¹,
¹Fujitsu Laboratories Ltd., Japan,
²Fujitsu Microelectronics Ltd., Japan
- 15:50-16:10 Q-04:
“Quantitative strain estimation using C-V characteristics of strained Si MOS capacitor”, . . . 15
Mitsuhiro Inagaki and Satoru Matsumoto,
Faculty of Science and Technology, Keio University, Japan
- 16:10-16:30 Q-05:
“Mechanism of strain relaxation in SiGe films grown on Si(110) substrates”, . . . 17
Keisuke Arimoto¹, Masato Watanabe¹, Toshihiko Yajima¹, Junji Yamanaka¹,
Kiyokazu Nakagawa¹, Kentarou Sawano², Yasuhiro Shiraki²,
Noritaka Usami³ and Kazuo Nakajima³,
¹Center for Crystal Science and Technology, University of Yamanashi, Japan,
²Musashi Institute of Technology, Japan,
³Institute for Materials Research, Tohoku University, Japan
- 16:30-16:50 Q-06:
“Analysis of Uniaxial Tensile Strain in Microfabricated Ge/Si_{1-x}Ge_x Structures on Si(001) Substrates”, . . . 19
Takuya Mizutani¹, Osamu Nakatsuka¹, Akira Sakai², Hiroki Kondo¹ and Sigeaki Zaima¹,
¹Graduate School of Eng., Nagoya University, Japan,
²Graduate School of Eng. Sci., Osaka University, Japan
- 16:50-17:10 Q-07:
“Low temperature pre-epi treatment: critical parameters to control interface contamination”, . . . 21
Roger Loo¹, Andriy Hikavyi¹, Frederik Leys¹, Masayuki Wada², Brecht De Vos¹,
Antoine Pacco¹, Mireia Bargallo Gonzalez¹, Eddy Simoen¹, Peter Verheyen¹,
Wendy Vanherle¹ and Matty Caymax¹,
¹IMEC, Belgium, ²Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd., Japan

Banquet 19:00-20:30 (Hotel Bel Air 1F)

WORKSHOP SCIENTIFIC PROGRAM (Tentative)

September 27 (Saturday), 2008

Session IV: Short Oral Presentation 10:00-11:00 (4F Conference Room)

- 10:00-10:04 P-01:
“**Strain Engineering by Si:C / Si / SiGe Deposition into Cavity Formed by Sacrificial SiGe Layer Etching using HCl**” ··· 23
Yuji Yamamoto, Klaus Köpke, Günter Weidner and Bernd Tillack,
IHP, Germany
- 10:04-10:08 P-02:
“**Transition from Epitaxial to Polycrystalline Selective Si Deposition Induced by B-Atomic Layer Doping**” ··· 25
Yuji Yamamoto¹, Klaus Köpke¹, Oksana Fursenko¹, Günter Weidner¹,
Junichi Murota² and Bernd Tillack¹,
¹IHP, Germany, ²Res. Inst. Electr. Comm., Tohoku University, Japan
- 10:08-10:12 P-03:
“**Formation and Characterization of Compositionally Step-graded Ge_{1-x}Sn_x Buffer Layers for Tensile-strained Ge Layers**” ··· 27
Yosuke Shimura¹, Norimasa Tsutsui¹, Osamu Nakatsuka¹, Akira Sakai² and
Shigeaki Zaima¹,
¹Graduate School of Eng., Nagoya University, Japan,
²Graduate School of Eng. Sci., Osaka University, Japan
- 10:12-10:16 P-04:
“**Reduction in Surface Roughness of Epitaxial Ge on Si by Hydrogen Annealing**” ··· 29
Shin-ichi Kobayashi,
Department of System Engineering and Information Technology, Tokyo Polytechnic
University, Japan
- 10:16-10:20 P-05:
“**Microstructure change of an As⁺ ion-implanted Si_{0.99}C_{0.01}/Si by rapid thermal annealing**” ··· 31
Shigenori Inoue¹, Keisuke Arimoto¹, Junji Yamanaka¹, Kiyokazu Nakagawa¹, Kentarou
Sawano², Yasuhiro Shiraki², Atsushi Moriya³, Yasuhiro Inokuchi³ and Yasuo Kunii³,
¹Center for Crystal Science and Technology, University of Yamanashi, Japan,
²Research Center for Silicon Nano-Science, Musashi Institute of Technology, Japan,
³Hitachi Kokusai Electric Inc., Japan
- 10:20-10:24 P-06:
“**Diffusion of Arsenic through Strained Si /Relaxed Si_{1-x}Ge_x Heterostructure**” ··· 33
Takamichi Sumitomo and Satoru Matsumoto,
Department of Electronics and Electrical Engineering, Keio University, Japan
- 10:24-10:28 P-07:
“**Atomic Layer Doping of Phosphorus and Arsenic: Experimental and Atomistic Modeling**” ··· 35
S. Takeuchi, L. Yang, N. D. Nguyen, R. Loo, T. Conard, G. Pourtois,
W. Vandervorst and M. Caymax,
IMEC, Belgium
- 10:28-10:32 P-08:
“**Formation of Ultra High Density Si-based Quantum Dots on Ultrathin SiO₂**” ··· 37
K. Makihara, A. Kawanami, M. Ikeda, S. Higashi and S. Miyazaki,
Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University, Japan

WORKSHOP SCIENTIFIC PROGRAM (Tentative)

September 27 (Saturday), 2008

- 10:32-10:36 P-09:
“**AFM/KFM Detection of Si-tagged ProteinA on HF-last Si(100), Thermally Grown SiO₂ and Si-QDs Surfaces**”, . . . 39
K. Makihara, M. Ikeda, S. Higashi, Y. Hata, A. Kuroda and S. Miyazaki,
Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University, Japan
- 10:36-10:40 P-10:
“**Application of Relaxed Ge/Si(100) by ECR Plasma CVD to Highly Strained B Doped Si**”, . . . 41
Katsutoshi Sugawara, Masao Sakuraba and Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 10:40-10:44 P-11:
“**P Atomic-Layer Doping in Heteroepitaxial Growth of Si on Strained Si_{1-x}Ge_x/Si(100) by Ultraclean Low-Pressure CVD**”, . . . 43
Yohei Chiba, Masao Sakuraba and Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 10:44-10:48 P-12:
“**Formation of Nitrogen Atomic-Layer Doped Si/Si_{1-x}Ge_x/Si(100) Epitaxially Grown by Ultraclean Low-Pressure CVD**”, . . . 45
Tomoyuki Kawashima, Masao Sakuraba and Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 10:48-10:52 P-13:
“**Epitaxial Growth of B Atomic-Layer Doped Si Film on Si(100) Using Electron-Cyclotron-Resonance Ar Plasma**”, . . . 47
Takayuki Nosaka, Masao Sakuraba and Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 10:52-10:56 P-14:
“**Hole Resonant Tunneling Diodes Utilizing High Ge Fraction (x>0.5) Si/Strained Si_{1-x}Ge_x/Si(100) Heterostructure with Improved Performance at Higher Temperature above 200 K**”, . . . 49
Kuniaki Takahashi, Takahiro Seo, Masao Sakuraba and Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 10:56-11:00 P-15:
“**Heat-Treatment Effect upon H-Terminated Structure Formed on Wet-Cleaned Si(100) and Ge(100)**”, . . . 51
Atsushi Uto¹, Masao Sakuraba¹, Matty Caymax² and Junichi Murota¹,
¹Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan,
²IMEC, Belgium

Session V: Poster Presentation 11:00-12:00 (4F Room 401)

(Boards for posters are available during Workshop.)

12:00-13:05 **Lunch**

WORKSHOP SCIENTIFIC PROGRAM (Tentative)

September 27 (Saturday), 2008

Session VI: Regular Presentation (3) 13:05-15:10 (4F Conference Room)

- 13:05-13:25 Z-01:
“**Formation of Metallic Nanodots on Ultrathin Gate Oxide Induced by H_2 -plasma Treatment and Its Application to Floating Gate Memories**”, . . . 53
Seiichi Miyazaki, M. Ikeda, K. Makihara, K. Shimano and R. Matsumoto,
Graduate School of Advanced Sciences of Matter, Hiroshima University, Japan
- 13:25-13:30 **Session Introductory**
Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 13:30-13:50 Z-02:
“**Transient Charge-Pumping Characteristics in SiGe/Si-Hetero-Channel MOSFETs**”, . . . 55
Toshiaki Tsuchiya¹, Keiichi Yoshida¹, Masao Sakuraba² and Junichi Murota²,
¹Interdisciplinary Faculty of Science and Engineering, Shimane Univ.,
²Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 13:50-14:10 Z-03:
“**Ultra-low-power SiGe HBT Technology with Precisely Controlled Si/SiGe Epitaxial Growth**”, . . . 57
Makoto Miura¹, Katsuya Oda¹, Hiromi Shimamoto² and Katsuyoshi Washio¹,
¹Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd., Japan,
²Renesas Northern Japan Semiconductor, Inc., Japan
- 14:10-14:30 Z-04:
“**A Ku-band Low Noise PLL using SiGe HBT ECL Phase Frequency Detector**”, . . . 59
Koji Tsutsumi, Masahiko Komaki and Noriharu Suematsu,
Mitsubishi Electric Corp., Japan
- 14:30-14:50 Z-05:
“**Electrical Characterization and strain analysis with NBD method of Gate All Around (GAA) Strained-Silicon-On-Nothing (SSON) MOSFETs**”, . . . 61
Koji Usuda¹, S. Nakaharai¹, T. Irisawa¹, Y. Moriyama¹, N. Hirashita¹, T. Tezuka¹,
Y. Yamashita¹, N. Taoka¹, O. Kiso¹, T. Yamamoto¹, N. Sugiyama¹ and S. Takagi^{2,3},
¹MIRAI-ASET, Japan, ²MIRAI-ASRC, AIST, Japan, ³The University of Tokyo, Japan
- 14:50-15:10 Z-06:
“**Formation of Tensile-Strained Ge Layers on $Ge_{1-x}Sn_x$ Buffer Layers and Control of Strain and Dislocation Structures**”, . . . 63
Osamu Nakatsuka¹, Yosuke Shimura¹, Akira Sakai² and Shigeaki Zaima¹,
¹Graduate School of Eng., Nagoya University, Japan,
²Graduate School of Eng. Sci., Osaka University, Japan
- 15:10-15:30 **Break**

WORKSHOP SCIENTIFIC PROGRAM (Tentative)

September 27 (Saturday), 2008

Session VII: Regular Presentation (4) 15:30-17:30 (4F Conference Room)

- 15:30-15:50 Z-07:
“**Indentation-Induced Solid-Phase Crystallization of SiGe on Insulator**”, . . . 65
Kaoru Toko, T. Sadoh and M. Miyao,
Department of Electronics, Kyushu University, Japan
- 15:50-16:10 Z-08:
“**Fabrication of Advanced TiO₂/HfSiO/SiO₂ Layered Higher-*k* Dielectrics by Atomically Controlled In-situ PVD-Based Method**”, . . . 67
Heiji Watanabe¹, Hiroaki Arimura¹, Naomu Kitano^{1,2}, Yuichi Naitou³, Yudai Oku¹,
Nobuo Yamaguchi², Motomu Kosuda², Takuji Hosoi¹ and Takayoshi Shimura¹,
¹Department of Material and Life Science, Graduate School of Engineering, Osaka
University, Japan,
²Electronic Devices Engineering Headquarters, Canon ANELVA Corporation, Japan,
³Nanoelectronics Research Institute, National Institute of Advanced Science and
Technology, Japan
- 16:10-16:30 Z-09:
“**Reaction kinetics on SiO₂ atomic layer deposition with tris-dimethyl aminosilane and ozone**”, . . . 69
Fumihiko Hirose¹, Yuta Kinoshita¹, Hironobu Miya², Kazuhiro Hirahara³,
Yasuo Kimura⁴ and Michio Niwano⁴,
¹Graduate School of Sci. and Eng., Yamagata University, Japan,
²Hitachi Kokusai Electric Inc., Japan, ³Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Japan,
⁴Res. Inst. Elec. Comm., Tohoku University, Japan
- 16:30-16:50 Z-10:
“**Growth of 3C-SiC(111) on Si(110) substrate for graphene formation**”, . . . 71
Maki Suemitsu^{1,2}, Yu Miyamoto¹, Hiroyuki Handa¹ and Atsushi Konno¹,
¹Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University, Japan,
²CREST, Japan Science and Technology Agency, Japan
- 16:50-17:10 Z-11:
“**Si_{1-x}Ge_x Epitaxy Techniques and Their Application to Low Dimensional Devices**”, . . . 73
Yoshiyuki Suda, Hiroaki Hanafusa and Takafumi Okubo,
Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan
- 17:10-17:30 Z-12:
“**Fabrication of Hole Resonant Tunneling Diodes Utilizing Nanometer-Order Strained SiGe/Si(100) Heterostructures with High Ge Fraction**”, . . . 75
Masao Sakuraba, Ryota Ito, Takahiro Seo and Junichi Murota,
Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics, Research Institute of Electrical
Communication, Tohoku University, Japan
- 17:30-17:40 **Closing Remarks**

CNSI - RIEC WORKSHOP ON

NANOELECTRONICS, SPINTRONICS & PHOTONICS

OCTOBER 9th AND 10th, 2008

University of California at Santa Barbara
1601 Elings Hall, California NanoSystems Institute (CNSI)

PROGRAM

Thursday, October 9, 2008

8:45 - 9:00 a.m. Welcoming Remarks

Session 1

9:00 - 9:30 a.m. "Electric-field Manipulation of Magnetization Vector –Toward Electric-field Reversal",
Hideo Ohno (Tohoku University)

9:30 - 10:00 a.m. "Manipulating Single Spins and Coherence in Semiconductors", David Awschalom (UC
Santa Barbara)

10:00 - 10:30 a.m. "Spin Coherent Transport in InGaAs Narrow Wires and Ring Structures", Junsaku Nitta
(Tohoku University)

10:30 - 11:00 a.m. Morning Break

Session 2

11:00 - 11:30 p.m. "MTJ-based Nonvolatile Logic-in-Memory Circuit", Takahiro Hanyu (Tohoku University)

11:30 - 12:00 p.m. "Conservation Laws and Spin Motive Force in Magnetic Nanostructures", Sadamichi
Maekawa (Tohoku University)

12:00 - 1:30 p.m. Lunch

Session 3

1:30 - 2:00 p.m. "Ferromagnetic Metal Spin Wave-guides and Spin-wave devices", S. James Allen (UC Santa
Barbara)

2:00 - 2:30 p.m. "Computational Design of Highly Spin-polarized Ferromagnet/semiconductor Interfaces",
Masafumi Shirai (Tohoku University)

2:30 - 3:00 p.m. "Metallic Nanoparticles in Semiconductors", Arthur Gossard (UC Santa Barbara)

3:00 - 3:30 p.m. Afternoon Break

Session 4

3:30 - 4:00 p.m.	“Gallium Nitride Electronics Research at UCSB”, Umesh Mishra (UC Santa Barbara)
4:00 - 4:30 p.m.	“Quantum Transport at MgZnO/ZnO Interfaces”, Atsushi Tsukazaki (Tohoku University)
4:30 - 5:00 p.m.	“Structure and Properties of Complex Oxide Thin Films and Interfaces” Susanne Stemmer (UC Santa Barbara)
5:00 - 6:00 p.m.	Poster Reception & Refreshments
6:00 - 7:15 p.m.	Dinner

PROGRAM

Friday, October 10, 2008

8:45 - 9:00 a.m. Opening Remarks

Session 5

9:00 - 9:30 a.m.	“Oxides as Semiconductors”, Chris Van de Walle (UC Santa Barbara)
9:30 - 10:00 a.m.	“Nuclear Magnetic and Electric Resonances Based on $\nu=2/3$ domain”, Yoshiro Hirayama (Tohoku University)
10:00 - 10:30 a.m.	“Manipulating Single Photons Using Superconducting Quantum Circuits”, Andrew Cleland (UC Santa Barbara)
10:30 - 11:00 a.m.	Morning Break

Session 6

11:00 - 11:30 p.m.	“Nanoelectronic Functionalization of Nanocarbons by Controlling Their Inner Nanospaces”, Rikizo Hatakeyama (Tohoku University)
11:30 - 12:00 p.m.	“Energy Efficient Nanophotonics and Thermoelectrics”, John Bowers (UC Santa Barbara)
12:00 - 1:30 p.m.	Lunch
1:30 p.m.	Lab and Facility Tours Individual Meetings (KITP, CNSI, Microfabrication facility, MBE facility, Material Research Laboratory)

Poster Presentations

- (1) “Novel Periodic Solid State Devices for Terahertz Emission and Detection”, Greg Dyer, Pavlos Savvidis, Borys Kolasa, Jing Xu, Jess Crossno, Gehong Zeng, John Bowers, Shigeki Kobayashi, Peter Robrish, Rick Trutna, Dan Mars, Greg Lee, Greg Aizin, Eric Shaner, M. Wanke, John Reno, and S. J. Allen (UC Santa Barbara)
- (2) “Manipulating and Engineering Single Spins in Diamond”, G. D. Fuchs, F. J. Heremans, D. Toyli, and D. D. Awschalom (UC

Santa Barbara)

(3)"Hydrogen-Acceptor Interactions in SnO₂", J. Varley, A. Janotti, and C.G Van de Walle (UC Santa Barbara)

(4)"Unique Photoluminescence Features of Freestanding Single-walled Carbon Nanotubes", Toshiaki Kato and Rikizo Hatakeyama (Tohoku University)

(5)"Contribution of Dresselhaus Spin Orbit Interaction in (001) and (110) Al_{0.3}Ga_{0.7}As/GaAs Two Dimensional Electron Gases", M. Kohda, T. Kojima, Y. Ohno, H. Ohno, and J. Nitta (Tohoku University)

(6)"Dispersion and Attenuation in Nano-Structured Magnetostatic Spin Waveguides", Alex Kozhanov, Zach Griffith, Dok Won Lee, Shan Wang, Mark Rodwell, and S. James Allen (UC Santa Barbara)

(7)"Fabrication of Single Crystal Diamond Photonic Devices", J. Lee, C. -F. Wang, J. Yang, R. Hanson, D. D. Awschalom, J. E. Butler, and E. L. Hu (UC Santa Barbara)

(8)"Microdisk Cavities for Enhanced Observation of Spin Coherence in GaMnAs Interface-fluctuation Quantum Dots", T. L. Liu, R. C. Myers, D. D. Awschalom, and E. L. Hu (UC Santa Barbara)

(9)"MTJ-Based Vth Calibration Circuit Toward Design-for-Variability Era", Atsushi Matsumoto, Akihiro Hirotsuki and Takahiro Hanyu (Tohoku University)

(10)"Combined Approach of Density Functional Theory and Quantum Monte Carlo Method to Electron Correlation in (Ga, Mn)As", Jun-ichiro Ohe, Yoshihiro Tomoda, Nejat Bulut, Ryotaro Arita, Kazuma Nakamura, and Sadamichi Maekawa (Tohoku University)

(11)"Quantum Well Intersubband Optical Devices Based on InAs, GaAs, and ZnO", K. Ohtani and H. Ohno (Tohoku University)

(12)"Nuclear Spin Phase Control in GaAs Quantum Well", M. Ono, Y. Kondo, S. Matsuzaka, Y. Ohno, and H. Ohno (Tohoku University)

(13)"Towards Ultra-High Quality Factors in Photonic Crystal Slab Nano-Cavities: Fine-tuning Simulations", Fabian Rol and Evelyn Hu (UC Santa Barbara)

(14)"Spin Manipulation in Double Quantum Dot System", Satoshi Sasaki (Tohoku University)

(15)"Theoretical Studies on Magnetic Tunnel Junctions using Perpendicular Magnetic FePt Electrodes", Mitsuru Suzuki, Yujiro Taniguchi, Yoshio Miura, Kazutaka Abe, and Masafumi Shirai (Tohoku University)

(16)"Spin and Charge in Polyhedral Nano Materials", Katsumi Tanigaki, Ryotaro Kumashiro, Zhaofei Li, Jun Tang, and Ju Jing (Tohoku University)

(17)"Self-Aligned, MBE Regrown Contacts for sub-45 nm III-V MOSFETs", Mark Wistey Uttam Singiseti, Greg Burek, Brian Thibeault, Austin Nelson, Joël Cagnon, Susanne Stemmer, Arthur Gossard, and Mark Rodwell (UC Santa Barbara)

(18)"Electrically Controlled Quantum Coherences of Nuclear Spins in GaAs Semiconductor Nanostructures", G. Yusa, K. Muraki, and Y. Hirayama (Tohoku University)