

# 「ナノと物性」研究領域評価資料 添付資料

## 目次

1. 年度別 採択者数	..... 2
2. 主要業績	
2-1 主要論文・特許出願件数	..... 2
2-2 研究者別代表的な論文とその概要	
1期生(平成16年度終了研究者)	..... 3
2期生(平成17年度終了研究者)	..... 8
3期生(平成18年度終了研究者)	..... 12
3. シンポジウム等	
3-1 研究報告会(公開)	..... 15
3-2 「ナノと物性」領域会議(非公開) 開催実績	..... 15
3-3 さきがけライブ	..... 16
4. 受賞等	..... 16
5. 取材など	
1期生	..... 17
2期生	..... 18
3期生	..... 20
6. ビデオ放送	..... 21
7. 研究期間修了後の研究の展開 (1, 2期生)	
1期生	..... 21
2期生	..... 23

## 研究領域評価資料 添付資料(さきがけ)

### 研究領域「ナノと物性」

#### 1. 年度別 採択者数

採択年度	応募件数	面接選考件数	採択数
平成 13 年度	125	21	10
平成 14 年度	125	19	11
平成 15 年度	276	17	7
計	526	57	28

#### 2. 主要業績

##### 2-1 主要論文・特許出願件数

(平成 18 年 12 月末現在)

論文数は、採択時からの国内外を合わせた数。( )内はそのうち国外件数。

特許出願数は、採択時からの国内出願数。( )内は外国出願数で、複数国を指定した場合でも1件とした。

##### 平成16年度終了研究者

研究者	論文数	特許出願数
市田 正夫	5(5)	2(0)
王 正明	5(5)	4(0)
古賀 貴亮	8(8)	3(0)
菅原 聰	12(12)	5(4)
竹内 淳	3(3)	0(0)
田中 秀和	12(11)	2(2)
戸田 泰則	9(9)	0(0)
古蘭 勉	5(5)	8(2)
水野 清義	6(6)	1(0)
渡辺 正裕	2(2)	1(0)
合 計	67(66)	26(8)

##### 平成17年度終了研究者

研究者	論文数	特許出願数
W.G. van der Wiel	11(11)	0(0)
岩井 伸一郎	7(7)	3(0)
大岩 順	9(9)	2(0)
尾上 順	13(13)	0(0)
近藤 高志	4(4)	0(0)
須田 淳	10(10)	3(2)
田中 健太郎	6(6)	1(2)
町田 友樹	5(5)	1(0)
松田 一成	8(8)	1(0)

山本 雅哉	2(2)	1(0)
湯浅 新治	11(11)	4(3)
合 計	86(86)	16(7)

#### 平成18年度終了研究者

研究者	論文数	特許出願数
磯部 寛之	17(17)	3(1)
大谷 啓太	4(4)	0(0)
大友 明	9(9)	1(0)
大野 雄高	13(13)	0(0)
高村 禅	3(3)	3(0)
塚越 一仁	17(17)	0(0)
舟窪 浩	14(14)	0(0)
合 計	77(77)	7(1)

#### 各年度終了研究者統計

年 度	論文数	特許出願数
平成16年度	67(66)	26(8)
平成17年度	87(87)	16(7)
平成18年度	77(77)	7(1)
合 計	231(230)	49(16)

#### 2-2 研究者別代表的な論文とその概要

##### 1期生(平成16年度終了研究者)

市田正夫

1) "Temperature dependence of time-resolved luminescence spectra for 1D excitons in single-walled carbon nanotubes in micelles", M. Ichida, I. Umezu, H. Kataura, M. Kimura, S. Suzuki, Y. Achiba, and H. Ando, (2005, J. Lumin. 112, 287-290)

界面活性剤によりミセル化した単層カーボンナノチューブをポリマー(ポリビニルアルコール: PVA)中に分散させたものの発光とその減衰挙動の温度依存性を調べた。発光スペクトルの形状を解析したところ、どの温度でもガウス型関数の重ね合わせとしてスペクトル形状は良く再現される。また、発光の減衰挙動は、色々な寿命を持った指数型緩和が重なり合っていることを仮定した「拡張指数型減衰関数」を示した。これらの結果は、チューブ中に構造欠陥が存在し、それが個々のチューブで異なった遷移エネルギーと寿命を与えると解釈出来る。

2) "Ultrafast relaxation dynamics of photoexcited carriers in metallic and semiconducting single-walled carbon nanotubes", M. Ichida, Y. Hamanaka, H. Kataura, Y. Achiba, A. Nakamura, J. Phys. Soc. Jpn., 73, 3479-3483, 2004.

半導体および金属的な単層カーボンナノチューブの光励起キャリアダイナミクスを、フェムト秒ポンププローブ分光によって調べた。金属チューブでは、励起キャリアは、キャリア・キャリア散乱による初期の非平衡分布形成と、その後のキャリア・フォノン散乱による電子系の冷却によって緩和が行われる。一方、半導体チューブでは、チューブ中の構造欠陥による無輻射緩和が、その緩和過程を支配していることがわかった。

3) "Anisotropic optical properties of mechanically aligned single-walled carbon nanotubes in polymer", M. Ichida, S. Mizuno, H. Kataura, Y. Achiba, and A. Nakamura, Appl. Phys. A, 78, 1117-1120, 2004.

ポリマー中にナノチューブを分散させ、そのポリマーを引っ張ることにより、ポリマー中にナノチューブを配向させた。試料の偏光吸収スペクトルとラマンスペクトルは、強い偏光依存性を示した。吸収強度は、ナノチューブの軸と光電場が平行の場合に最も強く、垂直の場合には、ほぼゼロとなった。また、ラマン強度にも同様の振る舞いが見られた。これらのこととは、ナノチューブの光学遷移に対する振動子強度の

強い異方性をあらわしている。

### 王正明

1) "Surfactant-mediated synthesis of a novel nanoporous carbon-silica composite", Z. -M. Wang, K. Hoshinoo, K. Shishibori, H. Kanoh, and K. Ooi, *CHEMISTRY OF MATERIALS*, Vol. 15, 2926–2935 (2004) (IF: 3.967)

グラファイトの液相酸化物である層状炭素化合物に種々のコロイド・界面化学的な手法及びソフト化学的な手法を適用することにより比表面積が非常に高い新型ナノポーラスカーボン-シリカ複合体を合成出来た。この複合体が親水性的シリカと疎水性的カーボンの間の水親和性を示すことから、この手法が親水性的環境下でも高い活性を実現する新型触媒の創製に展望できるものである。

2) "Synthesis of Nanoporous Graphite-Derived Carbon-Silica Composites by a Mechanochemical Intercalation Approach", Y. -H. Chu, Z. -M. Wang, M. Yamagishi, H. Kanoh, and T. Hirotsu, *LANGMUIR*, Vol. 21, 2545–2551 (2005) (IF: 3.098)

簡単な機械的研磨というメカノケミカルな手法を使用し、グラファイト酸化物層間への有機シリカ源のインタカレンションを誘発させ、コントロール可能な量のシリカ架橋体を炭素の層間に挿入した。この方法によりシリカを架橋体とする規則炭素層状構造を作ることができ、シリカの量だけでなく、シリカと炭素層の複合状態をうまく制御できることが分かった。これにより、経常的に表面積が  $1000\text{m}^2/\text{g}$  以上の複合体を合成できた。

3) "EXAMINATIONS OF SYNTHESIS CONDITIONS FOR GRAPHITE-DERIVED NANOPOROUS CARBON-SILICA COMPOSITES" Z. -M. Wang, K. Hoshinoo, K. Shishibori, H. Kanoh, and T. Hirotsu, *CARBON*, Vol. 44, 2479–2488 (2006) (IF: 3.331)

層状炭素化合物を出発物質にして得られた新型ナノポーラスカーボン-シリカ複合体の合成条件を、(1)分散条件、(2)界面活性剤による予備拡張条件、(3)TEOS の加水分解条件等に分けて、詳しく検討し、この方法による細孔形成機構を明らかにした。シリカの含有量だけでなく、シリカと炭素の層の複合状態も複合体の細孔性に影響を与えることが分かった。

### 古賀貴亮

1) "Ballistic spin interferometer using the Rashba effect", T. Koga, J. Nitta and M. van Veenhuizen, *Phys. Rev. B* 70, 161302(R) P1–4 (2004)

半導体2次元電子系において、構造反転対称性の崩れに起因する Rashba のスピン軌道相互作用が無視できない場合に、半導体微細加工技術を駆使して作製したナノスケールの正方形ループ配列構造を有した試料を準備し、その試料の磁気抵抗を極低温で詳細に調べることにより、電子のスピン波動関数に基づく特異な波動関数の干渉現象を実験的に観察しうることを理論的に示した。

2) "Experimental realization of a ballistic spin interferometer based on the Rashba effect using a nanolithographically defined square loop array", T. Koga, Y. Sekine and J. Nitta, *Phys. Rev. B* 74, 041302(R) P1–4 (2006).

InAlAs/InGaAs/InAlAs 量子井戸を用いて、代表的論文1で理論的に予測したスピン干渉効果を実験的に検証した。その際、用いた試料(エピウェハ)は、以前、反(弱)局在現象とラシュバ・スピン分離係数  $\alpha$  との関係を調べたウェハで、素性のよく知られたものである。代表的論文1に従って作製した正方形ループ構造中で電子波動関数の干渉が起き、その干渉の様子が極低温の磁気抵抗に反映されている様子が、明瞭に観察された。また、波動関数の干渉の正負がゲート電圧の関数として変化するといった現象の観察に世界で初めて成功した。

### 菅原聰

1) "A Spin Metal-Oxide-Semiconductor Field-effect Transistor Using Half-Metallic-Ferromagnet Contacts for the Source and Drain", S. Sugahara and M. Tanaka, *Appl. Phys. Lett.*, vol.84, no.13, 2004, pp.2307–2309.

本論文では、ハーフメタル強磁性体をソースとドレインに用いた MOSFET 型のスピントランジスタ(スピニ MOSFET)を提案した。理論解析の結果、スピニ MOSFET がスピン依存伝達特性を有するとともに、トランジスタとして高性能なデバイス特性を有することを明らかにした。本研究で提案したスピニ MOSFET は世界の半導体技術の将来展望を担う米国 ITRS のロードマップにも掲載され、また最近では株式会社東芝を中心とする産官学共同のプロジェクト(NEDO 新エネルギー産業技術総合開発機構のノテク先端

部材実用化研究開発)として、事業化を目指して研究を開始した。

2) "Spin Metal–Oxide–Semiconductor Field–Effect Transistors (Spin MOSFETs) for Spin–Electronic Integrated Circuits" S.Sugahara, IEE Proc. Circuits, Device–Systems, vol.**152**, no.4, 2005, pp.355–365.

本論文では、さきがけで提案した様々なタイプのスピニ MOSFET について詳述した。スピニ MOSFET はもソース/ドレイン、チャネルの構造で分類され、強磁性金属、ハーフメタル強磁性体、強磁性半導体を用いた各種スピニ MOSFET の理論解析の結果を示した。また、スピニ MOSFET の回路応用、今後の課題などについても記述した。

3) "Precipitation of Amorphous Ferromagnetic Semiconductor Phase in Epitaxially Grown Mn–Doped Ge Thin Films", S.Sugahara, K.L. Lee, S. Yada and M.Tanaka, Jpn. J. Appl. Phys., vol.**44**, no.48, 2005, pp.L1426–L1429 (Express Lett).

本論文では、スピニ MOSFET の重要な構成材料であるIV族ベース強磁性半導体について研究結果である。Ge に高濃度に Mn をドープ高濃度にドープすることによって、発現する強磁性の起源について、詳細な結晶構造の解析と磁気光学効果を用いたバンド構造の解析によって明らかにした。Mn ドープ Ge については強磁性を発現することが知られていたが、その強磁性の起源が Ge マトリックス中に析出したナノスケールの微細なアモルファス Ge:Mn クラスターであることをはじめて明らかにした。この結果をもとに、さきがけ終了後に行つた Fe ドープ Ge の研究では、IV 族強磁性半導体では世界ではじめてバンド構造の強磁性転移を実証した。

4) "Spin MOSFETs As a Basis for Spintronics" S.Sugahara and M.Tanaka, ACM Trans. on Storage, vol.**2**, no.2, 2006, pp197–219.

さきがけで提案したスピニ MOSFET とその不揮発性メモリ、リコンフィギュラブル論理回路の応用に関するレビュー論文。

### 竹内淳

1) "Spin relaxation dynamics in highly uniform InAs quantum dots", A. Tackeuchi, R. Ohtsubo, K. Yamaguchi, M. Murayama, T. Kitamura, T. Kuroda, and T. Takagahara, Appl. Phys. Lett. 84 (2004) pp.3576–3578.

従来の量子ドットでは、多数のドットの大きさが均一ではないため、量子化エネルギーがばらつくという欠点があった。本論文では、各エネルギー準位からの発光スペクトルがきれいに分離される高均一量子ドットを用いて、スピニ緩和時間の励起光強度依存性、温度依存性を測定し、そのメカニズムを調べた。その結果、スピニ緩和時間は励起光強度に依存しないことが明らかになり、10 K においては、Bir–Aronov–Pikus 効果はスピニ緩和メカニズムとして支配的でないことがわかった。また、スピニ緩和時間が 10 K から 130 K の間で大きく変化することから、音響フォノンが関与した Elliott–Yafet 効果的なスピニ緩和が、支配的である可能性が高いことが明らかになった。

2) "Electron Spin Flip by Antiferromagnetic Coupling between Semiconductor Quantum Dots", A. Tackeuchi, T. Kuroda, Y. Nakata, M. Murayama, T. Kitamura and N. Yokoyama, Jpn. J. Appl. Phys., 42, Part 1, 7A (15July 2003) pp. 4278–4281.

3 次元的に電子を閉じ込めるナノ構造である量子ドットに電子を注入してコヒーレンス時間を長くし、スピニ間の相互作用を制御できれば、量子情報処理の可能性が生まれる。高度な結晶成長技術により縦方向に量子力学的に結合した InAlAs/InAs 半導体量子ドットの作製に成功し、高い時間分解測定技術により、円偏光により生成されたスピニが InAs 量子ドットでは 80ps 前後で反転する過程を 10 K で実測した。本論文は、トンネル過程が可能な量子ドット間のスピニに反強磁性的秩序が生じ、スピニが反転する過程を直接的に観測した初めての実験報告であり、2004 年度の応用物理学会論文賞 JJAP 論文賞を受賞した。

### 田中秀和

1) "Electrical-field control of metal–insulator transition at room temperature in a Pb(Zr<sub>0.2</sub>Ti<sub>0.8</sub>)O<sub>3</sub>/La<sub>1-x</sub>Ba<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> field effect transistor", T. Kanki, Y.-G. Park, H. Tanaka, T. Kawai, Appl. Phys. Lett., **83** (2003) 4860–4862,

(La,Ba)MnO<sub>3</sub>/Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>強磁性酸化物電界効果トランジスタにおいて、微小電界による室温での金属–半導体転移温度の制御を達成した。ペロブスカイトMn酸化物の金属–絶縁体転移は強磁性転移を伴うため、こ室温での強磁性の電界スイッチングに世界で始めて成功した例と考えられる。後に磁気光学効

果を用いた測定系構築により直接証明を事にも成功した。

2) "Nano-scale characterization of the ultra thin  $(La,Ba)MnO_3$  film with room temperature ferromagnetism", T. Kanki, R. Li, Y. Naitoh, H. Tanaka, T. Matsumoto, T. Kawai, Appl. Phys. Lett., **83** (2003) 1184 – 1186

酸化物強磁性体  $(La_{0.8},Ba_{0.2})MnO_3$  薄膜において 5nm の極薄薄膜においても室温付近の 290K で強磁性を示すことを見出した。この結果は室温で動作する強磁性電界効果トランジスタに非常に有益である。また周波数シフト磁気力顕微鏡により明確な 100nm サイズの強磁性ナノドメインの観測に成功した。

3) "Nano-Scale Modification of Electrical and Magnetic Properties on a  $Fe_3O_4$  Thin Film by AFM Lithography", M. Hirooka, H. Tanaka, R. Li, T. Kawai, Appl. Phys. Lett., **85** (2004) 1811–1813,

金属酸化物は強磁性、強誘電性、超伝導など多彩な機能を持つ興味深い物質群であり、応用的には不揮発性磁気メモリ(MRAM)など様々な用途への応用が期待されている。MRAM応用に非常に適した物性を持つ  $Fe_3O_4$  薄膜に対し、原子間力顕微鏡(AFM)を用い最小線幅 48nm の微細加工を達成した。AFM探針に負バイアスを印加し大気中で試料表面をスキャンする事により、絶縁・非磁性の細線を描くことにより上記を達成した。

### 戸田泰則

1) "Optical diffraction spectroscopy of excitons in uniaxially-strained GaN films", Y. Toda, S. Adachi, Y. Abe, K. Hoshino, Y. Arakawa, Phys. Rev. B 71, 195315 (2005)

励起子共鳴の交換相互作用を強く反映する非線形光学応答の検出手法を開発した。この手法により GaN 薄膜の残留歪の関与する光学的異方性を高感度可視化することに成功した。偏光強度比に着目すると線形分光の 10 倍の感度増強を実現しており、X 線回折とほぼ同等の歪計測を光で実現したことによると相当する。

2) "Anomalous coherent phonon oscillations in the commensurate phase of the quasi-two-dimensional 1T-TaS<sub>2</sub> compound" Y. Toda, K. Tateishi, and S. Tanda, Phys Rev. B 70, 033106 (2004)

キャリア-フォノン相互作用を積極的に利用した量子状態制御を実現するために、強いキャリア-フォノン相互作用を潜在的に有している低次元導体に対してコヒーレント分光を行い、温度変化に対する顕著なソフトニングと特異的な時間発展の相関について明らかにした。

3) "Line Broadening of Photoluminescence Excitation Resonances in Single Self-Assembled Quantum Dots" Y. Toda, S. Kako, M. Nishioka, Y. Arakawa, Jpn. J. Appl. Phys. 41 L1464 – L1466 (2002)

本論文では自己形成量子ドットの連続状態が深く関与した励起共鳴の特異な振る舞いについて明らかにした。励起スペクトルの強度依存性において、飽和に達した励起子共鳴が窪みを形成し、反相關的な鋭いピークが励起子分子共鳴に確認される。この共鳴窪みとその反相關的な振る舞いは、連続状態付近の励起共鳴に異なる二種類の緩和過程が存在することを意味しており、フォノンを介した共鳴ラマン過程によって説明することができた。

### 古薗勉

1) "Nano-scaled hydroxyapatite / polymer composite I. Coating of sintered hydroxyapatite particles on poly( $\epsilon$ -methacryloxypropyl trimethoxysilane)-grafted silk fibroin fibers through chemical bonding", T. Furuzono, J. Tanaka and A. Kishida, J. Mater. Sci. Mater. Med. 15, 19–23 (2004)

当該論文はハイドロキシアパタイトナノ粒子と高分子基材(シルク繊維)とを共有結合でリンクさせ、ナノ無機・有機複合材料を創出する方法を記述した最初の論文である。リンカーとして poly( $\epsilon$ -methacryloxypropyl trimethoxysilane) を無機・有機界面に導入した。未処理基材にナノ粒子を吸着させた場合、超音波処理で簡単に粒子が剥離するが、共有結合を導入した場合、粒子は強固に結合していた。

2) "Nano-scaled hydroxyapatite / polymer composite III. Coating of sintered hydroxyapatite particles on poly(4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride)-grafted silk fibroin fibers." A. Korematsu, T. Furuzono, S. Yasuda, J. Tanaka and A. Kishida, J. Mater. Sci. 16, 67–71 (2005)

シルク繊維上にグラフトした poly(4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride) を加水分解しジカルボン酸を形成させた。この官能基に対してハイドロキシアパタイトナノ粒子をイオン的相互作用で結合させたナノ無機・有機複合材料を調製した。界面での相互作用を赤外分光法で同定・推察し、生体材料の可能性を示唆した。

3) "Nano-Scaled Hydroxyapatite / Polymer Composite IV. Fabrication and Cell Adhesion of a 3D Scaffold Made of Composite Material with a Silk Fibroin Substrate to Develop a Percutaneous Device", T. Furuzono, S. Yasuda, T. Kimura, S. Kyotani, J. Tanaka and A. Kishida, J. Artif. Organs, 137–144 (2004)  
α軸長 87nm 及び c 軸長 236nm のナノスケール焼結ヒドロキシアパタイト(HAp)粒子を、poly(-methacryloxypropyl trimethoxysilane)のグラフトポリマーで化学修飾した絹フィブロイン(SF)基質上で共有結合した。界面上での共有結合を介したナノ無機-有機コンポジットでできた三次元経皮デバイスを提案した。本デバイスは良好な細胞接着性を示した。

### 水野清義

1) "Electron-Beam-Induced Disordering of the Si(001)-c(4x2) Surface Structure", T. Shirasawa, S. Mizuno and H. Tochihara: Phys. Rev. Lett. **94** (2005) 195502-1–5.

Si(001)清浄表面は 40 K 以下の低温で新たな構造相転移があるのではないかという議論が起こっていたが、本論文では、40 K 以下の低温でも最安定構造は c(4x2)構造であることを示すとともに、40 K 以下の低温においてのみ電子線により構造が容易に乱されてしまう現象を見出した。電流や電子線のエネルギーなどに対する回折スポット強度の変化を測定することにより、低温においてキャリアー密度が極端に減少することによって、電子線により励起されたフォノンの脱励起が遅くなり、フリップ・フロップ運動を引き起こしていることを明らかにした。

2) "Low-energy electron diffraction patterns using field-emitted electrons from tungsten tips"

S. Mizuno, F. Rahman and M. Iwanaga: Jpn. J. Appl. Phys. **45** (2006) L178–L179.

単結晶タンゲステンワイヤから作成した探針からの電界放出電子線を用いて、電子レンズを用いずに、Cu(001)清浄表面からの低速電子回折パターンの測定を試みた。その結果、Cu(001)表面の対称性を反映した回折パターンを得ることに成功した。また、散乱電子のエネルギーを測定し、回折パターンに寄与しているのが弾性散乱電子であることを確認した。プローブ領域は 4 · m 程度であることが見積もられた。

3) "Electron emission tip at extremely low bias voltage", F. Rahman and S. Mizuno: Jpn. J. Appl. Phys. Express Letter **45** (2006) L752–L754.

先鋭化したタンゲステン針を適切に酸素処理した後、電界イオン顕微鏡観察の条件で探針先端の制御を行うことで、極端に低いバイアスにおける電子放出現象を見出した。同程度に先鋭化した清浄なタンゲステン針からの電界放出に必要なバイアスは数百ボルトであるのに対して、数ボルトのバイアス電圧で電子放出が観察できた。探針先端の酸化物が、電界イオン顕微鏡観察時の電界により、仕事関数の小さな特殊な構造を形成したものと考えられる。

### 渡辺正裕

1) "Room-Temperature Electroluminescence from a Single-Period (CdF<sub>2</sub>/CaF<sub>2</sub>) Inter-subband Quantum Cascade Structure on Si Substrate", K. Jinen, T. Kikuchi, M. Watanabe and M. Asada, Jpn. J. Appl. Phys., vol.**45**, no.4B, pp.3656–3658, 2006.

原子レベル平坦化されたシリコン(111)基板上に、フッ化カルシウム／フッ化カドミウム超格子を用いたサブバンド間遷移3重量子井戸構造の結晶成長を行った。本構造にパルス電圧を印加して電流注入による発光スペクトルを測定したところ、室温において波長 1.5–1.6 μm付近の明瞭な自然放出光を観測した。これは量子井戸サブバンドの設計値と矛盾していない。サブバンド間遷移であることの厳密な証明や、制御性の評価に関しては今後の重要な課題であるが、今回得られた成果は、さきがけ研究で蓄積された精密な結晶成長制御技術の成果として、良好なフッ化カルシウム／フッ化カドミウム超格子の形成に成功したことと示唆する結果であるといえる。

2) "Room temperature negative differential resistance of CdF<sub>2</sub>/CaF<sub>2</sub> double-barrier resonant tunneling diode structures grown on Si(100) substrates", T. Kanazawa, M. Watanabe and M. Asada, Appl. Phys Lett., (査読中)

これまで良好なフッ化カルシウム／フッ化カドミウム超ヘテロ構造は、シリコン(111)面方位基板上でしか得られず、シリコン LSI との融合を目的とする新機能素子の開発に大きな障害となっていた。今回、シリコン(100)基板表面の適切な原子レベル制御技術と成長温度の制御を組み合わせた結晶成長法を採用することにより、薄膜積層構造が単結晶成長することを透過型電子顕微鏡による結晶格子像で初めて実証するとともに、共鳴トンネルダイオード構造において、明瞭な室温微分負性抵抗特性を得た。こ

れによりよいよフッ化物共鳴トンネルデバイスとLSIとの混載化に道が開かれたといえる。

3) "Improvement of electroluminescence from CdF<sub>2</sub>/CaF<sub>2</sub> ISBT light-emitting structure by trench patterning and hydrogen annealing of Si substrate", K. Jinen, K. Uchida, K. Kodaira, M. Watanabe and M. Asada, IEICE Electronics Express, vol.3, no.23 pp.493–498, Dec. 2006.

シリコン(111)基板上に1μm程度の溝構造を形成し、1000°Cのアニールを行うことにより限定した領域に原子ステップを並行にコントロールしたシリコン表面を得ることができることを見出し、この処理を行った表面に、フッ化カルシウム／フッ化カドミウム超格子を用いたサブバンド間遷移3重量子井戸構造の結晶成長を行い、電流注入発光特性の観測を行ったところ、これまでの30倍近い発光強度の増加が見られた。これはピンホールが効果的に抑制されたことにより、劇的な発光強度の改善を達成したものである。

## 2期生(平成17年度終了研究者)

W.G. van der Wiel

1) "Surface acoustic wave induced transport in a double quantum dot

W.J.M. Naber, T. Fujisawa, H.W. Liu and W.G. van der Wiel, Phys. Rev. Lett. **96**, 136807 (2006).

We report on non-adiabatic transport through a double quantum dot under irradiation of surface acoustic waves generated on-chip. At low excitation powers, absorption and emission of single and multiple phonons is observed. At higher power, sequential phonon assisted tunneling processes excite the double dot in a highly non-equilibrium state. The present system is attractive for studying electron-phonon interaction with piezoelectric coupling.

2) "Semiconductor quantum dots for electron spin qubits

W.G. van der Wiel, M. Stopa, T. Koder, T. Hatano and S. Tarucha, New J. Phys. **8**, 28 (2006).

We report on our recent progress in applying semiconductor quantum dots for spin-based quantum computation, as proposed by Loss and DiVincenzo. For the purpose of single electron spin resonance, we study different types of single quantum dot devices that are designed for the generation of a local ac magnetic field in the vicinity of the dot. We observe photon assisted tunneling as well as pumping due to the ac voltage induced by the ac current driven through a wire in the vicinity of the dot, but no evidence for ESR so far. Analog concepts for a double quantum dot and the hydrogen molecule are discussed in detail. Our experimental results in laterally coupled vertical double quantum dot device show that the Heitler-London model forms a good approximation of the two-electron wavefunction. The exchange coupling constant  $J$  is estimated. The relevance of this system for two-qubit gates, in particular the SWAP operation, is discussed. Density functional calculations reveal the importance of the gate electrode geometry in lateral quantum dots for the tunability of  $J$  in realistic two-qubit gates.

3) "Coherent single electron spin control in a slanting Zeeman field

Y. Tokura, W.G. van der Wiel, T. Obata and S. Tarucha, Phys. Rev. Lett. **96**, 047202 (2006).

We consider a single electron in a 1D quantum dot with a static slanting Zeeman field. By combining the spin and orbital degrees of freedom of the electron, an effective quantum two-level (qubit) system is defined. This pseudo-spin can be coherently manipulated by the voltage applied to the gate electrodes, without the need for an external time-dependent magnetic field or spin-orbit coupling. Single qubit rotations and the C-NOT operation can be realized. We estimated relaxation (71) and coherence (72) times, and the (tunable) quality factor. This scheme implies important experimental advantages for single electron spin control.

## 岩井伸一郎

1) "Ultrafast optical switching from insulator to metal in one-dimensional Mott insulator", S. Iwai, M. Ono, A. Maeda, H. Kishida, H. Okamoto, Y. Tokura, Phys. Rev. Lett. **91**, 057402, 1–4 (2003).

遷移金属錯体(一次元ハロゲン架橋ニッケル錯体)における中赤外応答を明らかにした。弱励起下においては、ポーラロンの緩和が観測されるが、10サイトに一個の光子程度の強励起によって、光モット転移が起こることを始めて発見した。モット絶縁体状態は、光励起と同時に、金属へと変化するが、数ピコ秒で元の絶縁体状態へと戻る。

2) "Coherent control of charge and lattice dynamics in a photoinduced neutral-to-ionic transition of a

charge –transfer compound,” S. Iwai, Y. Ishige, S. Tanaka, Y. Okimoto, Y. Tokura, and H. Okamoto, Phys. Rev. Lett. **96**, 057403, 1–4 (2006).

光誘起相転移のプロトタイプ物質(中性–イオン性転移系電荷移動錯体)において、光誘起常誘電–強誘電性転移(中性–イオン性転移)の初期過程を明らかにした。また集団的な電子や格子のコヒーレントな運動を時間軸で観測し、フェムト秒パルス対を用いたコヒーレントコントロールによってこの振動の増幅に成功した。

### 大岩顕

1) “Photoinduced magnetization rotation and precessional motion of magnetization in ferromagnetic (Ga,Mn)As” A. Oiwa, H. Takechi, and H. Munekata, J. Superconductivity: Incorporating Novel Magnetism **18**, 9–13 (2005).

本論文では強磁性半導体(Ga,Mn)As における光誘起磁化のダイナミクスを測定し、磁化の光誘起歳差運動を初めて観測したことを報告した。光生成キャリアによって磁化が受ける有効磁場が急激に変化したために、磁化がトルクをうけ歳差運動を起した。この成果は、強磁性半導体における磁化緩和や磁気異方性などの物性を調べる機会を与えると同時に、磁化の運動を動的に光で制御できる可能性を示す結果である。

2) “Current–Induced Magnetization Reversal in a (Ga,Mn)As–Based Magnetic Tunnel Junction”

R. Moriya, K. Hamaya, A. Oiwa, and H. Munekata, Jpn. J. Appl. Phys., **43**, L825–L827 (2004).

(Ga,Mn)Asベース強磁性半導体トンネル磁気抵抗素子を作製し、電気的スピン注入磁化反転を世界で初めて論文で発表した成果である。電流密度  $10^5$  A/cm<sup>2</sup>程度の電流を流すと全磁気抵抗変化の約 25% の変化が観測された。これはスピン注入により部分的に磁化反転が起こったことを示唆する。また反転電流が、当時強磁性金属の磁気抵抗素子で報告されていた値よりも 1 衍程小さかった点が応用上重要な知見である。

3) “Dynamics of photoinduced magnetization rotation in ferromagnetic semiconductor p–(Ga,Mn)As” Y. Mitsumori, A. Oiwa, T. Slupinski, H. Maruki, Y. Kashimura, F. Minami, and H. Munekata, Phys. Rev. B **69**, 033203 (2004).

強磁性半導体(Ga,Mn)As における円偏光誘起磁化のダイナミクスを議論した論文である。円偏光によるスピン注入による磁化方向の変化を時間分解力一回転によって観測した。光スピン注入による磁化方向の制御の可能性を示唆する。本プロジェクトの重要な成果の一つである。実験から励起円偏光の変更に応じた磁化変化の存在と、その磁化変化が 1ps 以下という極めて高速現象であることを示した。

### 尾上順

1) “Structural and electrical properties of an electron-beam irradiated C<sub>60</sub> film” J. Onoe, T. Nakayama, M. Aono, and T. Hara , Appl. Phys. Lett. **82**, 595–597 (2003).

フラーレン薄膜に電子線照射することにより、室温・大気下で金属的導電性を示す負のガウス曲率をもつピーナツ型フラーレンポリマーを発見した。

2) “Valence photoelectron spectra of an electron beam irradiated C<sub>60</sub> film”, J. Onoe, A. Nakao, and A. Hida, Appl. Phys. Lett. **85**, 2741–2743 (2004).

ピーナツ型フラーレンポリマーの金属導電性を調べるために、in situ光電子分光により価電子構造を調べた結果、スペクトルがフェルミ端を若干横切る金属的性質であることを明らかにした。興味深いことに、そのスペクトル形状が2次元または3次元の金属のそれとは異なり、擬1次元金属物質のスペクトル形状と良く似ていることがわかった。

3) “First-principle calculations of the electronic structure of one-dimensional C<sub>60</sub> polymers”, T.A. Beu, J. Onoe, and A. Hida, Phys. Rev. B **72**, 155416 (2005).

これまでの実験結果を説明するために、1次元ピーナツ型フラーレンポリマーの候補となる構造のうち対称性の高い構造について第一原理計算を行った結果、重合する前(1.6 eV)に比べて、2量体で 0.3 eV、3量体で 0.1 eV、1次元構造で 0.024 eV とエネルギーギャップがほとんどゼロに減少することがわかり、1次元ピーナツ型フラーレンポリマーが実験結果を説明する妥当な構造であることを示した。

### 近藤高志

1) “Quasi–Phase–Matched Parametric Fluorescence in Periodically Inverted GaAs Waveguides”

H. Tachibana, T. Matsushita, K. Ara, and T. Kondo, Tech. Dig. Conference on Lasers and Electro–Optics

(CLEO2003), CMA6 (2003).

副格子交換エピタキシー法を用いて作製した GaAs/AlGaAs QPM 導波路において波長  $1.064 \mu\text{m}$  のポンプ光に対して温度チューニング可能なパラメトリック蛍光発生を確認した。これは、半導体 QPM デバイスでは初の成果である。また、得られた規格化変換効率(SHG 換算)は  $140\%/\text{cm}^2$  ときわめて高く、半導体 QPM デバイスの潜在能力を示すことに成功した。伝搬損失低減によるデバイス長伸長が課題として残った。

2) "Fabrication of Periodically-Inverted GaAs Waveguides for Quasi-Phase-Matching Nonlinear Optical Devices," T. Matsushita, H. Tachibana, S. Koh, and T. Kondo, Tech. Dig. CLEO/Pacific Rim 2003, TU4F-(5)-6 (2003).

低伝播損失の半導体導波路 QPM デバイス作製のための基礎プロセスとして、MBE 再成長の条件を最適化した。反転・非反転境界の垂直性を確保するためには MBE 成長時の V/III 比を適切な値に保つこと、表面の平坦性を確保するためには成長温度を  $400^\circ\text{C}$  いかにする必要があることを見出した。

3) "Influence of Anisotropic Diffusion of Ga Atoms on GaAs Growth on Aternately Inverted (100) Substrates," T. Yamamura, T. Matsushita, T. Koitabashi and T. Kondo, Jpn. J. Appl. Phys., 44, L1397–1399 (2005).

周期副格子交換 GaAs(100)基板上の GaAs MBE 再成長において、表面の段差発生のメカニズムを定量的に検討し、Ga 原子の異方性拡散がその原因であること、低温 MBE 成長によって段差発生を抑制できることを明らかにした。本研究の成果は、低伝播損失(高変換効率)の半導体導波路 QPM デバイスの作製に不可欠な基礎プロセスを提供することとなった。

### 須田淳

1) "Electron Injection from GaN to SiC and Fabrication of GaN/SiC Heterojunction Bipolar Transistors" J. Suda, Y. Nakano, S. Shimada, K. Amari, T. Kimoto, MATER SCI FORUM, vol.527–529, pp.1545 – 1548, 2006. (2005 年の学会発表が Proceedings として出版されたもの。)

分子線エピタキシー(MBE)により界面を制御して作製した n-GaN/p-SiC ヘテロ構造において、aN から SiC への電子注入をエレクトロルミネッセンスにより確認し、さらにそのヘテロ構造を使用した GaN/SiC ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)の試作を行い、動作を確認した研究。

2) "Molecular-beam epitaxy of AlN on off-oriented SiC and demonstration of MISFET using AlN/SiC interface" N. Onojima, J. Kaido, J. Suda, T. Kimoto, physica status solidi (c) 2, No. 7, 2643–2646, 2005. SiC の既存プロセス(オフ基板)と適合性のある SiC 上 AlN の結晶成長技術を確立し、AlN/SiC ワイドギャップヘテロ界面を使用したスタッカゲート構造を有する MISFET を試作し、AlN/SiC MISFET としては初めて良好な線形領域・飽和領域が観察される特性を実現した。

3) "High-quality AlN by initial layer-by-layer growth on surface-controlled 4H-SiC(0001) substrate." N. Onojima, J. Suda, H. Matsunami, Jpn. J. Appl. Phys. Part 2 – Lett., vol.42, No.5A, pp.L445 – L447, 2003. SiC 表面をガスエッチングにより格子定数高さを持つ 4 分子層ステップ-テラス構造に制御し、さらに、X 線光電子分光のその場観察により SiC 表面の残留酸素をモニターしながら極めて清浄な SiC 表面を得るプロセスを確立した。これらと最適化した成長条件により、世界で初めて SiC 上への安定な AlN のレイヤーバイレイヤー成長を達成し、高品質 AlN/SiC 界面形成の基礎を確立した。

### 田中健太郎

1) "A Discrete Self-Assembled Metal Array in Artificial DNA" K. Tanaka, A. Tengeiji, T. Kato, N. Toyama and M. Shionoya Science, 299, 1212–1213 (2003).

水素結合による塩基対形成を金属錯体に置き換えた人工 DNA を構築し、これらが金属イオンを加えることにより金属錯体を形成しながら二重鎖を形成することを利用し、デザインした数の金属イオンを定量的に集積化する場として有効に働くこと、金属イオン上のスピノを精密に集積化できることを見出した。

2) "Programmable Self-Assembly of Metal Ions inside Artificial DNA Duplexes" K. Tanaka, G. H. Clever, Y. Takezawa, Y. Yamada, C. Kaul, M. Shionoya, T. Carell Nature Nanotechnology, in press.

水素結合による塩基対形成を金属錯体に置き換えた人工 DNA を構築し、これらが金属イオンを加えることにより金属錯体を形成しながら二重鎖を形成することを利用し、異種金属イオンをプログラムどおりに配列化するテンプレートとなることを見出した。

3) "Heterogeneous Assembly of Silver(I) and Calcium(II) Ions Accompanying a Dimer Formation of cyclo(L-Ala-L-Met)<sub>3</sub>" T. Okada, K. Tanaka, M. Shiro, and M. Shionoya, Chem. Commun., 2005,

1484–1486 (2005).

DNA 同様、機能性ビルディングブロックを配列化する場として機能させることを目的とし、環状ペプチドからなるサンドウィッチ金属錯体分子の構築を行った。この環状ペプチドは、定量的かつ選択的な異種金属集積場として働き、高いイオン認識能を示した。

### 町田友樹

1) “Coherent control of nuclear–spin system in a quantum–Hall device”, T. Machida, T. Yamazaki, K. Ikushima, and S. Komiya, *Appl. Phys. Lett.* **82**, 409–411 (2003).

量子ホール系端状態における電子スピニ–核スピニ相互作用を利用して半導体核スピニを局所的かつ電気的にコヒーレント制御することを実現した。ラビ振動を観測している。

2) “Coherent electrical manipulation of nuclear spins in semiconductors”, T. Machida, T. Yamazaki, K. Ikushima, and S. Komiya, *Physica E* **25**, 142–149 (2004).

量子ホール系端状態を利用して半導体核スピニを制御し、スピニエコー法によるコヒーレント時間の決定などを行った。コヒーレント時間は 100μs 程度という極めて長い時間スケールになる。

3) “Spin-dependent edge-channel transport in a Si/SiGe quantum Hall system”, K. Hamaya, S. Masubuchi, K. Hirakawa, S. Ishida, Y. Arakawa, K. Sawano, Y. Shiraki, and T. Machida, *Phys. Rev. B* **73**, 121304 (2006).

Si/SiGe 量子ホール系において量子ホール端状態伝導を観測し、そのスピニ偏極依存性を見いだした。顕著な非線形性についても議論している。

### 松田一成

1) “Near-field optical mapping of exciton wave functions in a GaAs quantum dot”, K. Matsuda, T. Saiki, S. Nomura, M. Mihara, Y. Aoyagi, S. Nair, and T. Takagahara, *Physical Review Letters* **91**, 177401–1~177401–4

高い空間分解能をもつ近接場光学顕微鏡による半導体量子ドットの光学マッピングを行った。その結果、半導体量子ドット中の電子–正孔対(励起子)の波動関数の実空間マッピングに初めて成功した。さらに、励起子と励起子分子(複合電子–正孔対)の波動関数の違いを実験的に観測した。これらの成果は、光制御による量子デバイスの実現に向けた一つのマイルストーンとなるであると考えられる。

2) “Direct optical observation of compositional fluctuation in  $\text{GaAs}_{1-x}\text{N}_x$  by near-field photoluminescence spectroscopy and microscopy with high spatial resolution”, K. Matsuda, T. Saiki, T. Yamada, and T. Ishizuka, *Applied Physics Letters* **85**, 3077~3079

次世代の半導体レーザー材料  $\text{GaAsN}$  量子井戸の光学的な評価を、高い空間分解能の近接場光学顕微鏡を行った。具体的には、 $\text{GaAsN}$  局所構造の解明を目的とし  $\text{GaAs}$  母体結晶中で  $\text{N}$  が空間的に不均一に分布している様子を直接観察に成功した。この結果から、 $\text{N}$  の分布はランダムとクラスター化している領域が存在し相分離していることがわかった。

3) “Local density of states mapping of a field-induced quantum dot by near-field photoluminescence microscopy”, K. Matsuda, T. Saiki, S. Nomura, and Y. Aoyagi, *Applied Physics Letters* **87**, (2005), 043112–1–043112–3

近接場光学顕微鏡を使い、正方メッシュ構造を有する Be ドープ単一ヘテロ界面の局所状態密度マッピングを行った。その結果、外部バイアス電圧の制御によって、二次元電子状態から0次元状態へ移行する様子を直接実空間イメージングすることに成功した。

### 山本雅哉

1) “Liver targeting of plasmid DNA with a cationized pullulan for tumor suppression.” J. Jo, M. Yamamoto, K. Matsumoto, T. Nakamura, and Y. Tabata. *J. Nanosci. Nanotechnol.* **6**, 2853–2859 (2006).

本研究では、遺伝子–高分子キャリア複合体の物理化学的性質が *in vivo* での遺伝子発現に与える影響について検討した。肝臓親和性をもつ多糖であるフルランへ、異なる導入率でスペルミンを導入した。得られたフルラン誘導体と遺伝子との複合体を用いて、マウス肝臓への遺伝子導入を行った。その結果、肝臓への遺伝子導入の最適化と抗がん効果をもつ遺伝子を肝臓へ導入することにより、肝臓への癌の転移を抑制できることを示した。

2) “Tissue engineering by modulated gene delivery.” M. Yamamoto and Y. Tabata. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **12**, 1305–1311 (2006).

本論文では、外科的再生医療と異なる内科的再生医療について概説した。また、肝臓疾患の内科的再生医療に必要な遺伝子導入法としてのプルラン誘導体について、肝癌細胞由来の HepG2 細胞を用いた *in vitro* 遺伝子導入について述べた。

### 湯浅新治

1) "High Tunnel Magnetoresistance at Room Temperature in Fully Epitaxial Fe/MgO/Fe Tunnel Junctions due to Coherent Spin-Polarized Tunneling" S. Yuasa, A. Fukushima, T. Nagahama, K. Ando and Y. Suzuki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol. **43**, L588 (2004).

酸化マグネシウム(MgO)をトンネル障壁に用いたエピタキシャル Fe(001)/MgO(001)/Fe(001)トンネル磁気抵抗素子を MBE 法を用いて作製し、室温で 88% の磁気抵抗比(MR 比)を実現した。これは、従来の酸化アルミニウム(Al-O)トンネル障壁の最高値(室温で MR 比 70%)を初めて越えた世界最高値(当時)である。また、優れた再現性やバイアス電圧耐性も同時に実証された。なお、この論文は応用物理学会 JJAP 論文賞の受賞対象論文である。

2) "Giant room-temperature magnetoresistance in single-crystal Fe/MgO/Fe magnetic tunnel junctions" S. Yuasa, T. Nagahama, A. Fukushima, K. Ando and Y. Suzuki, *Nature Materials*, vol. **3**, 868 (2004).

酸化マグネシウム(MgO)をトンネル障壁に用いた高品質のエピタキシャル Fe(001)/MgO(001)/Fe(001)トンネル磁気抵抗素子を MBE 法を用いて作製し、室温で 180% の磁気抵抗比(MR 比)を実現した(当時の世界最高値)。さらに、MgO 障壁の厚さに対して MR 比が振動するという新現象の観測に成功した。これは、スピン偏極電子のコヒーレント・トンネルに起因した現象と考えられる。なお、この論文は材料科学分野の過去2年間の引用件数第2位(Thomson ISI, 2006 年 10 月 4 日現在)にランキングされている。

3) "230% room-temperature magnetoresistance in CoFeB/MgO/CoFeB magnetic tunnel junctions" )D. D. Djayaprawira, K. Tsunekawa, M. Nagai, H. Maehara, S. Yamagata, N. Watanabe, S. Yuasa, Y. Suzuki and K. Ando )D. D. Djayaprawira, K. Tsunekawa, M. Nagai, H. Maehara, S. Yamagata, N. Watanabe, S. Yuasa, Y. Suzuki and K. Ando )D. D. Djayaprawira, K. Tsunekawa, M. Nagai, H. Maehara, S. Yamagata, N. Watanabe, S. Yuasa, Y. Suzuki and K. Ando , *Appl. Phys. Lett.*, vol. **86**, no. 9, 092502 (2005).

MgO 障壁トンネル磁気抵抗素子を MRAM やハードディスク磁気ヘッドの生産プロセスに適合させるために、素子構造と作製法を開発した。室温スパッタ成膜により CoFeB/MgO/CoFeB 構造のトンネル素子を作製し、室温で 230% という巨大な磁気抵抗比を実現した(当時の世界最高値)。成膜直後の状態では CoFeB 電極層はアモルファス構造であり、MgO 障壁層は(001)面が高配向した多結晶である。下部電極層がアモルファスであるため、この素子は任意の下地層の上に作製が可能であり、その生産プロセス適合性は理想的である。

### 3 期生(平成18年度終了研究者)

#### 磯部寛之

1) "Regioselective oxygenative tetraamination of [60]fullerene. Fullerene-mediated reduction of molecular oxygen by amine via ground state single electron transfer in dimethyl sulfoxide", Isobe, H.; Tanaka, T.; Nakanishi, W.; Lemière, L.; Nakamura, E. *J. Org. Chem.* **2005**, 70 (12), 4826–4832.

概要: 炭素クラスターを両親媒性構造をもつ分子に変換するためには、水に溶けない炭素クラスターに、水に溶けやすい置換基を導入することが必須である。しかし、ことなる親媒性をもつ物質を結合することは困難であり、これまでに効率的に両親媒性炭素クラスターを合成手法は非常に限られていた。本研究では、4つの第2級アミンを単工程で高選択的にフラーレンに導入する手法を開発した。この手法によりさまざまな構造をもつアミノ化フラーレンの効率的な大量合成が可能となった。

2) "Gene delivery by aminofullerene: Structural requirements for efficient transfection", Isobe, H.; Nakanishi, W.; Tomita, N.; Jinno, S.; Okayama, H.; Nakamura, E. *Chem. Asian J.* **2006**, 1 (1), 167–175.

概要: 独自に開発したアミノ化フラーレンの合成法を利用し、さまざまな構造をもつ誘導体のライブラリの構築を行い、遺伝子導入試薬の開発を行った。既存の市販試薬に匹敵する導入効率を示すアミノ化フラーレンを見いだすことができた。構造・活性相関研究から細胞内で DNA を放出するための構造が必須であることが明らかになった。安価なフラーレンから 2 段階 80% の収率で合成できることは特筆に値する。

3) "Cytotoxicity of water-soluble, transition-metal free carbon nanotube aggregates", Isobe, H.; Tanaka, T.; Maeda, R.; Noiri, E.; Solin, N.; Yudasaka, M.; Iijima, S.; Nakamura, E. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2006**,

published online (doi:10.1002/anie.200601718).

概要:カーボンナノチューブをはじめとするナノカーボンは、次世代の材料として期待される一方で、環境や生体への悪影響が懸念されていた。しかし、これまでナノカーボンが毒であるとする結果から無毒であるとする結果まで、さまざまな報告があり、はっきりとした結論はでていなかった。我々は、水に溶けるナノカーボンの「標準物質」をつくり出し、金属を含まないナノカーボンには強い毒性はないことを明らかにした。

### 大谷啓太

1) "Mid-infrared InAs/AlGaSb superlattice quantum cascade lasers", K. Ohtani, K. Fujita, and H. Ohno, *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 87, pp. 211113(1)–(3), 2005.

波長  $10\text{ }\mu\text{m}$  で動作する InAs/AlGaSb 超格子量子カスケードレーザを作製した。温度特性を向上させるために、発光層と注入層の基底サブバンドのエネルギー差を従来と比較して 1.5 倍程度大きくした。最高動作温度は 270 K であり、これまでの最高動作温度(220 K)を大幅に向上させることに成功した。又電流—光出力のスロープ効率の温度依存性から熱励起による発光層からのキャリアの漏れが最高動作温度を制限していることがわかった。

2) "InAs quantum cascade lasers based on coupled quantum well structures", K. Ohtani, K. Fujita, and H. Ohno, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 44, No. 4B, pp. 2573–2574, 2005.

波長  $8\text{ }\mu\text{m}$  で動作する InAs/AlSb 量子カスケードレーザの導波路損失を評価した。共振器長と閾値電流密度との関係から見積もられる導波路損失は  $8.5\text{ cm}^{-1}$  で、自由キャリア吸収から求められる導波路損失の計算結果と良い一致を示した。

3) "A low threshold current density InAs/AlGaSb superlattice quantum cascade laser operating at  $14\mu\text{m}$ ", K. Ohtani, K. Fujita, and H. Ohno, *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 43, No. 7A, pp. L879–L881(Express Letter), 2004.

大きな振動子強度を持ち、発光の基底サブバンドから高速にキャリアを取り去ることができる InAs/AlGaSb 超格子構造を用いた量子カスケードレーザを作製した。温度 77 K における閾値電流密度は  $0.92\text{ kA/cm}^2$  であり、以前の我々の素子と比較して、 $1/5$  程度まで閾値電流密度を減少させること成功した。この値はすべての量子カスケードレーザの最低閾値電流密度に近い電流密度である。

### 大友明

1) "A high mobility electron gas at the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  heterointerface," A. Ohtomo and H. Y. Hwang, *Nature* **427**, 423–426 (2004).

我々は、酸化物ヘテロ界面における分極不連続の問題について  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  界面をモデルとして取り上げ、界面終端層を制御して電子物性を調べた。この界面は、その構造に因って正孔もしくは電子を余剰に生成する。前者は絶縁体であったのに対し、後者は導電性を示し、低温で顕著な量子伝導が観測された。この結果は、酸化物ヘテロ界面の原子レベル制御によって低次元電荷状態を任意に設計できる可能性を示している。

2) "Electronic transport properties in  $\text{SrTiO}_3\text{-}\text{LaAlO}_3$  solid-solution films," A. Ohtomo, J. Nishimura, Y. Murakami, and M. Kawasaki, *Appl. Phys. Lett.* **88**, 232107–1–3 (2006).

2つのバンド絶縁体  $\text{SrTiO}_3$  と  $\text{LaAlO}_3$  からなる新しいペロブスカイト混晶薄膜を作製し、その結晶構造と電子物性の組成依存性を系統的に調べた。この混晶では、既知の  $\text{SrTiO}_3\text{-}\text{LaTiO}_3$  混晶と同様に Ti の価数変化を伴う  $\text{La}^{3+}$  の電子補償が起こるが、酸素欠損を伴う  $\text{Al}^{3+}$  のイオン補償も同時に起こることが明らかになった。この結果は、 $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  界面の電気特性とも良く一致する。

3) "Quantum Hall-effect in polar oxide heterostructures," A. Tsukazaki, A. Ohtomo, T. Kita, Y. Ohno, H. Ohno, and M. Kawasaki, *Science* in press.

$\text{ZnO}$  系半導体は、窒化物半導体に継ぐ紫外発光材料として最近注目されている。 $\text{ZnO}$  は  $\text{GaN}$  と同じくウルツ鉱構造を有し、 $c$  軸方向の分極効果は同構造の半導体の中では最も大きい。我々は、分極効果を制御して  $\text{ZnO}/\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}$  ヘテロ界面に 2 次元電子ガスを形成した。さらに、この界面において量子ホール効果の観測に成功した。これは、酸化物半導体を用いた量子井戸構造では初めての例である。

### 大野雄高

1) "Photoluminescence of single-walled carbon nanotubes in field-effect transistors," Y. Ohno, S. Kishimoto, and T. Mizutani, *Nanotechnology* **17**, 549 (2006).

FET構造に架橋成長したカーボンナノチューブのフォトルミネッセンス解析を行い、ナノチューブからの発光を電気的に制御することに成功した。また、発光強度のドレイン電圧依存性からキャリア速度を求める手法を提案し、ナノチューブにおけるキャリアの飽和速度が $3\sim 5 \times 10^7$  cm/sであることを明らかにした。

2) "Synthesis of carbon nanotube peapods directly on Si substrates," Y. Ohno, Y. Kurokawa, S. Kishimoto, T. Mizutani, T. Shimada, M. Ishida, T. Okazaki, H. Shinohara, Y. Murakami, S. Maruyama, A. Sakai, and K. Hiraga, *Appl. Phys. Lett.* **86**, 023109 (2005).

Si基板上にピーポッドを直接合成することに成功した。熱CVD法によりSi基板上に成長した高品質な単層カーボンナノチューブを大気中で加熱することにより開口し、フラーレンの導入を行った。TEMとラマン散乱分光によりフラーレンの内包を確認するとともに、フラーレンを内包可能なナノチューブの直径がC<sub>60</sub>に対しては1.28 nm, Gd@C<sub>82</sub>に対しては1.43 nmであることを明らかにした。

3) "Tunable Field-Effect Transistor Device with Metallofullerene Nanopeapods," T. Shimada, Y. Ohno, K. Suenaga, T. Okazaki, S. Kishimoto, T. Mizutani, R. Taniguchi, H. Kato, B. Cao, T. Sugai, H. Shinohara, *Jpn. J. Appl. Phys.* **44**, 469 (2005).

ピーポッドFETにおいて両極性伝導特性を得るとともに、バンドギャップを反映するオフ領域の電圧幅が内包しているフラーレンの種類によって異なることを明らかにした。さらに、オフ領域の電圧幅については、金属内包フラーレンにおける金属からフラーレンへの電荷移動の値数との相関を見出し、ナノチューブのバンドギャップを内包フラーレンの種類を選ぶことによりせいぎょできることを明らかにした。

### 高村禪

1) "Label-free immunosensor for prostate-specific antigen based on single-walled carbon nanotube array-modified microelectrodes", Jun Okuno, Kenzo Maehashi, Kagan Kerman, Yuzuru Takamura, Kazuhiko Matsumoto, Eiichi Tamiya, *Biosensors and Bioelectronics*, published on web, (2006).

チップ上にパターンニングされた電極に、single-wall のカーボンナノチューブを直接成長させ、抗体を固定化、前立腺癌マーカー(PSA)の測定を0.25ng/mLと臨床に耐える感度で非標識に達成した。本法はタンパク質が自ら持つ電気化学的活性を、高比表面積のカーボンナノチューブ修飾電極でアンペロメトリックに測定するもので、集積化でき、高感度で、同じ原理で汎用的に多くのタンパク質を測定できるという意味で大変有用である。

2) "Label-Free Protein Biosensor Based on Aptamer-Modified Carbon Nanotube Field-Effect Transistors", Kenzo Maehashi, Taiji Katsura, Kagan Kerman, Yuzuru Takamura, Kazuhiko Matsumoto, and Eiichi Tamiya, *Analitical Chemistry*, Published on Web, (2006).

カーボンナノチューブFETに認識分子としてアプタマーを固定化し、IgEの濃度の測定を行っている。FETに絶縁膜を用いてなく、抗体の代わりにより小さいアプタマーをもちいることで、生理活性条件に近いイオン強度の液中でも、デバイ遮蔽の内側で250pMのIgEを非標識に検出することに成功している。極小分子を測定できる高感度なバイオセンサーとして大変有望である。

3) "Single-walled carbon nanotube-arrayed microelectrode chip for electrochemical analysis", Jun Okuno, Kenzo Maehashi, Kazuhiko Matsumoto, Kagan Kerman, Yuzuru Takamura, Eiichi Tamiya, *Electrochemistry Communications* 9, 13-18 (2007)

チップ上にパターンニングしたアレイ上の電極にカーボンナノチューブを直接成長させ、これを電気化学的電極として用いてアンペロメトリーを行う。カーボンナノチューブの持つ高比表面積により、高感度に測定でき、またアミノ酸であるチロシンやトリプトファンをその分子がもつ電気化学的活性を利用して非標識で検出、濃度測定に成功した。これは、タンパク質の非標識検出につながる大きな成果である。

### 塙越一仁

1) "Pentacene nanotransistor with carbon nanotube electrodes", K.Tsukagoshi, I.Yagi, and Y.Aoyagi, *Applied Physics Letters* 85 (6) 1021-1023 (2004).

カーボンナノチューブをナノスケールの電極として、ペンタセンのナノスケール微結晶を接続し、ナノスケールトランジスタを初めて実現した。蒸着したペンタセンはカーボンナノチューブ周りから選択的に結晶化することを見出した。これはナノチューブとペンタセンのそれぞれの六員環間の相互作用に因ると推測される。この素子は室温では制御されたトランジスタ特性を示し、低温ではクーロンブロックade現象を示した。このナノ物質間の自己組織化を生かしたナノエレクトロニクスの発見は、今後の分子エレクトロニクスへの展開へと繋がることを示唆した。

2) "Direct observation of contact and channel resistance in pentacene four-terminal thin-film

transistor patterneed by laser ablation method”, I.Yagi, K.Tsukagoshi, and Y.Aoyagi, Applied Physics Letters 84 (5) 813–815 (2004).

有機薄膜トランジスタのドライ式パターンニング法を確立し、多端子トランジスタを作製した。伝導フィルムにダメージを入れずにパターンニングできる初めての方法である。この素子において端子抵抗と薄膜抵抗を完全に分離し、それぞれのゲート電圧変化を初めて明確に示すことに成功した。この素子での温度変化を詳細に調べ、キャリアーの活性化エネルギーと端子との相関を明示することが出来た。

3) “Proximity effect in a superconductor–metallofullerene–superconductor molecular junction (Rapid communications) ”, A.Yu.Kasumov, K.Tsukagoshi, M.Kawamura, T.Kobayashi, Y. Aoyagi, K.Senba, T.Kodama, H.Nishikawa, I.Ikemoto, K.Kikuchi, V.T.Volkov, Yu.A.Kasumov, R.Deblock, S.Guéron, and H.Bouchiat, Physical Review B 72, 033414–1 – 033414–4, (2005).

2nm のギャップを有する微小電極を精密に作製する方法を確立した。この電極間に Gd 内包フラーんの 2 連結体をはさみ、電気伝導を検出することに成功した。この電極は低温で超伝導転位することから、このフラーんダイマーを通した超伝導近接効果を検出し、それぞれのフラーんに重畳するスピンの相関によって超伝導近接効果による電流が変調を受けることを示した。

### 舟窪浩

1) “Thickness dependence of dielectric properties in bismuth layer-structured dielectrics”, Kenji Takahashi, Muneyasu Suzuki, Takashi Kojima, Takayuki Watanabe, Yukio Sakashita, Kazumi Kato, Osami Sakata, Kazushi Sumitani and Hiroshi Funakubo ,Appl.Phys.Lett. 89 082901–1–3 (2006)

自然超格子を有するビスマス層状誘電体が、15 ナノメートルの膜厚まで安定して高い比誘電率を維持する“サイズ効果フリー”特性を有し、歪に対して誘電特性が大きく変化しないことがわかった。

2) “Controlled crystal growth of layered-perovskite thin films as an approach to study their basic properties” Takayuki Watanabe and Hiroshi Funakubo, J. Appl. Phys., 100 51602–1 – 11 (2006) ビスマス層状誘電体を作成するための結晶成長をまとめた研究

3) ”Selective reaction and chemical anisotropy in epitaxial bismuth layer-structured ferroelectric thin films”, Takayuki Watanabe, and Hiroshi Funakubo, J. Solid State Che.178 64–71 (2005).

ビスマス層状誘電体を用いて、新規物質作製を試みた研究

### 3. シンポジウム等

#### 3-1 研究報告会(公開)

シンポジウム名	開催年月日	場所	入場者数
ナノテクノロジー分野 4領域合同研究報告会	H17. 01. 13	品川プリンスホテル 28F(函館)他 4 会場	471 名
ナノテクノロジー分野 3領域合同研究報告会	H18. 03. 22	学術総合センター 2F 一橋記念講堂他	248 名
ナノテクノロジー分野 2領域合同研究報告会	H18. 12. 14	東京大学武田先端知ビル 5F	180 名

#### 3-2 「ナノと物性」領域会議(非公開) 開催実績

開催 No	開催年月日	開催場所	発表者	特別講演
第1回	H14. 1. 7	(独)科学技術振興機構 東京展示館(現:JST上 野事務所)(台東区)	1 期生	
第2回	H14. 6. 18	ホテル パークサイド (台東区)	1 期生	NEC基礎研究所 所長 曾根純一アド バイザー「企業におけるナノテクノロ ジー研究」

第3回	H14. 11. 29	ホテルパールシティ神戸(神戸市)	1,2 期生	東京大学 教授 樽茶清悟アドバイザー「量子ドット中のスピン効果とその量子計算への応用へ向けて」
第4回	H15. 8. 1~8. 2	アランヴェールホテル京都(京都市)	1,2 期生	産業技術総合研究所 ナノテクノロジー研究部門長 横山浩アドバイザー「液晶のナノ構造—その科学と技術」
第5回	H16. 1. 9~1. 10	ホテルモントレ山王(大田区)	1,2,3 期生	東京工業大学 教授 青柳克信アドバイザー「ナノテクノロジーを用いた深紫外半導体発光デバイスの開発」
第6回	H16. 8. 7~8. 8	ホテルモントレ山王(大田区)	1,2,3 期生	東京大学 教授 片岡一則アドバイザー「高分子ナノミセルによる薬物・遺伝子のピンポイント・デリバリー～ナノテクノロジーが拓くフロンティアメディシン～」
第7回	H17. 1. 14	品川プリンスホテル(港区)	2,3 期生	
第8回	H17. 8. 6~8. 7	ホテルラヴィエ川良(伊東市)	1,2,3 期生	神谷武志研究総括 「超高速フォトニクスの進歩」 学習院大学 教授 川畠有郷アドバイザー 「メゾ・ナノ物理学と応用」
第9回	H18. 3. 23	学術総合センター(千代田区)	1,3 期生	
第10回	H18. 8. 5~8. 6	ベルエア会館(仙台市)	1,2,3 期生	(株)日立製作所 フェロー 神原秀記アドバイザー「研究開発 40 年の経験」 産総研 グループリーダー 小倉睦郎アドバイザー「V 溝量子細線とそのデバイス応用」

### 3-3 さきがけライブ

	開催年月日	開催場所	出展者	メインテーマ
さきがけライブ 2005	H18. 12. 22	東京国際フォーラム ホール B7	古菌勉	ソフトセラミックスが切り開く新しい医療テクノロジー
			松田一成	ナノの光で電子の波を照らす
さきがけライブ 2006	H18. 12. 15~16	東京国際フォーラム ホール B7	古菌勉	軟らかいセラミックスで医療デバイスを展開する
			湯浅新治	究極の不揮発メモリを実現するスピントロニクス技術
			大谷啓太	ナノの電子の滝で半導体レーザーを作る

### 4. 受賞等

		年 月	受賞機関	受賞内容
1期生	王 正明	H15. 3	(財)エレキテル尾崎財団	源内賞

古賀 貴亮	H16. 3	NTT	物性科学基礎研究所所長 表彰業績賞
	H16. 9	応用物理学会	JJAP 論文賞
田中 秀和	H16. 12	日本応用磁気学会	学術奨励賞(内山賞)
	H16	Korean Physical Society	Best Poster presentation award
	H16. 4	粉体工学会	春季研究発表会 講演奨励賞
	H15. 3	応用物理学会	講演奨励賞
	H15. 11	日本応用磁気学会	第 27 回学術講演会優秀 講演賞
渡辺 正裕	H14. 3	丸文研究交流財団	研究奨励賞
2期生	尾上 順	財団法人手島工業教育資金団	手島記念研究賞
	近藤 高志	高岡市	高岡市民文化賞(学術研究)
2期生 (続)	須田 淳	日本結晶成長学会	第 33 回結晶成長国内会議講演奨励賞
	田中 健太郎	錯体化学会	研究奨励賞
		文部科学省	科学技術分野文部科学大臣表彰若手科学者賞
	松田 一成	文部科学省	科学技術分野文部科学大臣表彰若手科学者賞
		光科学技術研究振興財団	研究表彰
		丸文研究交流財団	研究奨励賞
	湯浅 新治	丸文研究交流財団	学術賞
		応用物理学会	JJAP 論文賞
		新技術開発財団	市村学術賞(貢献賞)
		文部科学省	科学技術分野文部科学大臣表彰若手科学者賞
		日本応用磁気学会	優秀研究賞
3期生	磯部 寛之	日本化学会	進歩賞
		フラー・ナノチューブ学会	大澤賞
	大谷啓太	文部科学省	科学技術分野文部科学大臣表彰若手科学者賞
		丸文研究交流財団	研究奨励賞
	塚越一仁	丸文研究交流財団	学術賞
	舟窪 浩	応用物理学会	秋季第 66 回応用物理学 会講演奨励賞
		MRS	MRS Fall Meeting, Poster award

## 5. 取材など

### 1期生

研究者名	取材題材・表題	メディア名	掲載日
------	---------	-------	-----

古賀 貴亮	「日系先端技術」から 電子の自転を電圧で制御	日経産業新聞	H15.3.3
古菌 勉	「アパタイトとシリコーンで物材研が経皮デバイス」他	日刊工業新聞 他4紙	H.13.11.20
古菌 勉	「組織工学とナノテク融合 3種を複合した経皮材」	化学工業日報	20,000号記念特集号 H.14.11.18
古菌 勉	「国循研の古菌室長ら 無機ナノ粒子に優れた生体適合性 線維芽細胞が接着、増殖を確認 複合材料で人工臓器の開発に期待」	日経先端技術	No.43, p.1(表紙)-3 H.15.8.11
古菌 勉	「無機ナノ粒子・有機・細胞三元複合体による生体活性材料の開発」	Japan NanoNet Bulletin	Vol.1, No.6, p.11 H.15.10
古菌 勉	「複合材料使う新しいカテーテル開発に挑戦 最先端のナノテクノロジーを駆使」	JST 基礎研究最前線	No.4, p.12-13 H.16.01.
渡辺正裕	異なる性質の材料／原子レベルで接合 ナノテクで新産業革命先端研究室の挑戦	日刊工業新聞	H14.1.31
渡辺正裕	シリコン表面に超ヘテロ・ナノ結晶作製-フッ化物で共鳴トンネル構造メモリ素子や光スイッチに有望	日経先端技術	H15.4.14

## 2期生

研究者名	取材題材・表題	メディア名	掲載日
van der Wiel	Nano-Earthquakes: Acoustic Waves Excite Artificial Molecules <u>Phyics News Update, American Institute of Physics, 12 April 2006</u>	Phyics News Update	H18.4.12
van der Wiel	Surface Acoustic Waves <u>http://www.mesaplus.utwente.nl/nanoelectronics/news/ptjune2006.pdf</u>	Physics Today	H18.6
van der Wiel	表面弹性波で揺れ動く二重量子ドット観測 ナノスケール格子振動も高感度に検出	NIKKEI Nanobusiness	H18.9.11
van der Wiel	Wilfred van der Wiel appointed member of De Jonge Akademie <u>http://www.mesaplus.utwente.nl/nanoelectronics/news/jonge_akademie.doc/</u>	University of Twente	H18.11.6
尾上順	「薄膜状フラーレン分子(C60)室温で金属的電気特性-東工大と物材機構電子デバイス応用へ」他	日刊工業新聞 他2紙	H17.2.13(木)
須田 淳	研究者通信 SiC基板の表面ナノ構造制御による高品質AINヘテロエピタキシャル成長の実現	Japan Nanonet Bulletin (web)	91号 H17.6.22

田中健太郎	DNAの中心に金属 -東大グループ合成に初成功ナノ電線開発 に道- 他	毎日新聞 他36紙	H15.2.21
田中健太郎	DNA strings along metal atoms	nanotechweb.org <a href="http://www.nanotechweb.org/articles/news/2/2/10/1">http://www.nanotechweb.org/articles/news/2/2/10/1</a>	H15.2.21
田中健太郎	混ぜるだけでナノテク素材-DNA使って銅 線開発	朝日新聞	H15.9.17
田中健太郎	Biomolecules Organize Nanomaterials	Materials Today	vol. 6, Issue 5, p12 (2003)
田中健太郎	Artificial DNA Stacks Metal Atoms	TECHNOLOGY REVIEW <a href="http://www.technologyreview.com/articles/review_091803.asp">http://www.technologyreview.com/articles/review_091803.asp</a>	H15.9.18
田中健太郎	Artificial DNA Stacks Metal Atoms	Technology Research News <a href="http://www.trnmag.com/Stories/2003/092403/Artificial_DNA_stacks_metal_atoms_Brief_092403.html">http://www.trnmag.com/Stories/2003/092403/Artificial_DNA_stacks_metal_atoms_Brief_092403.html</a>	H15.9.24
田中健太郎	人工DNAを媒介に金属イオンを並べる。世 界で最も細い電線ができるかもしれない。	HARIMA Quarterly (ハリマ化成工業)	No. 77, p4-6 (2003)
田中健太郎	科学館って何だろう？	MeSci Magazine	第5号
田中健太郎	座談会「若手研究者たちと考える、新しい 科学館の姿」	(科学技術振興機構科 学未来館)	H16.1
田中健太郎	金属を選択的に捕捉する機能性分子を合 成-ナノ構造を設計する手がかりに	日経ナノビジネス	No. 9, p8-9 2005/3/14
田中健太郎	個人型研究さきがけから-錯体型人工DN A合成。、金属イオンを定量的に集積-	科学新聞	H18.10.13
町田友樹	半導体核スピン制御	日経ナノビジネス	2005/1/17
松田一成	量子ドット中の電子密度分布の観察に成功	日経ナノビジネス	H18.1.6
松田一成	カーボンナノチューブで特異な物理現象発 見	日経ナノビジネス	H16.8.3
山本雅哉	ナノ複合体を用いた遺伝子治療による内 科的再生医療	Japan Nanonet Bulletin	No.03 H18.7
山本雅哉	非侵襲で臓器復元を促す	日経ナノビジネス	No. 36 H18.4.24
湯浅新治	スピントロニクスの研究動向	読売新聞社	H14.12.27
湯浅新治	若手研究者の紹介記事	読売新聞社	H15.1.4
湯浅新治	MRAMの開発状況	日経先端技術	H16.1.12
湯浅新治	MRAMの開発状況と展望	プレスジャーナル	H17.6.20

湯浅新治	MgOトンネル素子を用いたMRAMの展望	日経エレクトロニクス	H17.1.2
湯浅新治	東京テクノ・フォーラム21「ゴールド・メダル賞」受賞紹介記事	読売新聞社	H18.4.4

### 3期生

磯部寛之	Ship in a bottle	米化学会会報 Chemical & Engineering News	H16.5.31
磯部寛之	原子「一粒」元素を識別 他	朝日新聞 他 7 紙	H16.5.25
磯部寛之	原子ひとつひとつの分析実現	科学新聞	H16.6.4
磯部寛之	ナノテクノロジー特集	日本経済新聞	H16.9.24
磯部寛之	フラー・レンに遺伝子保護機能	日刊工業新聞	H17.12.8
磯部寛之	ナノテク材料の体内移動を追跡	日本経済新聞	H18.8.11
磯部寛之	「毒性低い」標準物質 ナノカーボンで研究 チーム 金属など不純物含まず 他	毎日新聞 他 3 紙	H18.9.8
磯部寛之	ナノカーボンの低毒性実証 安全性評価標 準物質作製	科学新聞	H18.9.15
磯部寛之	ナノテク素材の毒性正確に	朝日新聞	H18.9.19
大谷啓太	ひらめきの瞬間 21世紀の担い手達 vol. 50 (50 段の滝:量子カスケードレーザに関する研究)	月刊誌日経サイエンス 2005年3月号 広告 記事(提供:日東电工)	H17.3.1
大友 明	酸素欠陥超格子構造を作製	日刊工業新聞	H16.8.5
大友 明	絶縁体境界に電流	日経産業新聞	H16.1.30
大野雄高	名古屋大 大野助手,トランジスタ Si 基盤 上に直接ピーポッド合成する技術を開発	日経ナノテクノロジー	H16.4.5
大野雄高	Optical technique explores nanotube chirality	nanotechweb.org, News	H16.3.17
大野雄高	CNT の巻き方を光電流で高感度解析 FET の特性改善に手がかり	日経先端技術	H16.4.26
高村禪	DNA 抽出 10 分に短縮	北國新聞	H16.1.11
高村禪	低価格の分析装置開発	建設工業新聞	H16.10.14
高村禪	学術の森 バイオとナノの融合	北國新聞	H17.9.30
高村禪	元素分析装置を小型化	北國新聞	H17.12.30
高村禪	関東経済産業局、「第4回大学発ベンチャ ー等マッチング会」を開催	日経BP先端技術事業化	H18.3.29
高村禪	【共同研究最前線】「超小型原子発光分光 分析装置」でベンチャー起業へ	日経BP先端技術事業化	H18.6.2
高村禪	微小ポンプ シリコン樹脂で安価に 医療 向け応用期待	日経産業新聞	H18.10.31
高村禪	どこでも、誰でも分析できる「ハンディタイプ の元素分析器」を開発	記者会見	H18.12.25

塚越一仁	有機材料をナノチューブ間で選択成長 炭素六員環同士が引き合い密着 ナノスケール電極加工に利用期待	日経先端技術	H16.5.10
塚越一仁	隙間2nm の電極を創生	日刊工業新聞	H16.09.15 朝刊
舟窪 浩	ナノメータの膜厚で安定した特性が得られる“サイズ効果フリー”高容量キャパシタ材料のビスマス層状誘電体を発見	日刊工業新聞	H18.9.22
舟窪 浩	ナノメータの膜厚で安定した特性が得られる“サイズ効果フリー”高容量キャパシタ材料のビスマス層状誘電体を発見	日経エレクトロニクス	未定

## 6. ビデオ放送

研究者名	番組名	タイトル	放送時間	製作年度
渡辺正裕	スカイパーフェクトTV サイエンスチャネル サイエンスフロンティア21 ( <a href="http://sc-smn.jst.go.jp/">http://sc-smn.jst.go.jp/</a> )	半導体集積化の限界を超える 人工ナノ結晶による共鳴トンネル素子	29分	H16
湯浅新治	同上	スピントロニクスが開く次世代の扉～コンピュータを進化させる TMR 素子	29分	H17

## 7. 研究期間修了後の主要な研究展開（1, 2期生）

### 1期生

研究者名	プロジェクト参加	共同研究・開発
市田正夫	*文部科学省(H17～21) 私立大学オープン・リサーチ・センター整備事業「ナノ構造システムにおける量子相関の研究」	*情報通信研究機構関西先端研究センター(H17-)カーボンナノチューブの赤外領域の非線形光学応答の研究
王 正明	*環境省地球環境保全等試験研究費(H18-H20) 「吸着濃縮機能を持つ光分解法による極微量な残留性有機汚染物質(POPs)の高効率無害化処理技術に関する研究」	
古賀貴亮	(独)科学技術振興機構 CREST(H17-19) 「半導体スピエンジニアリング」 (新田代表の共同研究者として)	

菅原聰	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 科学研究費補助金 若手 A(H16-H18) シリコン強磁性半導体の創製とそのスピンドバイスへの応用</li> <li>* 新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO) 産業技術研究助成事業(H17-H19)</li> <li>シリコン・スピントランジスタの開発とその新機能・高機能集積回路への展開</li> <li>* 科学研究費補助金 基盤研究(S)(H18-H22)</li> <li>リコンフィギュラブル・ナノスピンドバイス</li> <li>* 新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO) ナノテク先端部材実用化研究開発(H18-H21)</li> <li>高スピニ偏極材料を用いたスピン MOSFET の研究開発</li> </ul>	
竹内 淳	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 科研費(H18-20)基盤研究B(研究代表) 「光による結合量子ドットのスピニ操作」</li> <li>* 学術フロンティア(H17-21)(研究代表) 「新機能性物質における自己組織化ナノ領域の計測と制御」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* H17,H18 スタンレー電気(株) 「窒化物半導体の研究」</li> </ul>
田中秀和	<ul style="list-style-type: none"> <li>*科学技術振興機構 :シーズ育成試験(H17) “酸化物ヘテロ構造による電界制御型磁気メモリ(MRAM)素子の開発</li> <li>*科学技術振興機構シーズ発掘試験(H18) “新規強相関電子酸化物の探索と高効率電界制御型磁気メモリ素子への応用”</li> <li>*科研費基盤研究(B): (H16-18) “強相関電子酸化物ナノ構造による室温スピントロニクスデバイスの創成</li> </ul>	
戸田泰則	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 科研費(H18) 「トポロジカル物性解析のための非線形分光計測手法の開発」</li> <li>* 創成科学共同研究機構流動研究部門 (H17-) 「時空間制御光波で探るトポロジカル物性」</li> <li>* JST シーズ発掘試験研究(H18) 「四光波光回折技術を利用した表面解析装置の開発」</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* H18 年度 「四光波光回折技術を利用した表面解析装置の開発」(株トリマティス)</li> </ul>
古賀 勉	<ul style="list-style-type: none"> <li>* 科学技術振興機構研究成果活用プラザ大阪 育成研究(H17-19)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* フロック加工装置の開発(精密機械系企業)</li> <li>* ナノアパタイト製造(無機材料系企業)</li> <li>* アパタイト複合体製造(ガス製造企業)</li> <li>* カテール製造(医療機器製造企業)</li> </ul>
水野清義	<ul style="list-style-type: none"> <li>* NEDO 産業技術研究助成事業(H17.7-H20.6) 微小領域への低エネルギー電子線照射とナノ材料の表面構造解析</li> </ul>	

渡辺正裕	* 科研費基盤(B)(H15-H17) 「絶縁体／半導体超格子を用いたサブバンド間遷移レーザの基礎研究」	
------	---	--

2期生

研究者名	プロジェクト参加	共同研究・開発
Wilfred van der Wiel	* Member of De Jonge Akademie (Young Academy) by the Royal Netherlands Academy for Arts and Sciences (KNAW) November 2006～	
岩井伸一郎	* 科研費 基盤B H16-H18 「強相関電子系における光励起状態の位相緩和ダイナミクス」 * 科研費 基盤 C H18 「ナノ光制御による巨視的秩序形成と物性発現に関する研究」 * 大川情報通信基金研究助成 H18「超高速、顕微、圧力下分光による強相関二次元有機導体の超高速スイッチング」	* H18 「ダイマーモット系有機伝導体の超高速光応答に関する研究」東北大学金研 * H18「テラヘルツ分光による光誘起相転移の研究」情報通信機構
大岩 順	* 科研費 基盤研究(B)(H18-20) 「単一光子注入による少数電子系の電子・核スピニ制御の研究」 * 三菱財団自然科学研究助成(H18) 「光子-電子スピニ間の量子情報転写に関する基礎研究」	
尾上順	* H15-19 科学技術振興機構 CREST「カーボンナノ材料を用いた量子ナノデバイスプロセスの開発」(研究分担) 担当課題「フラー-レン重合技術の研究開発」 * H17-18 電源開発(株)先端技術共同研究助成 「分子ナノ集積機能調和型高効率光電変換機能物質の研究開発」(研究代表) * H18-19 日本テレコム SCAT 助成 「低次元ピーナッツ型ナノカーボンの創成と量子機能探索」(研究代表)	
近藤高志		* H17～18 年度 窒化物半導体の非線形光学デバイスへの応用(京大・須田淳先生) * H18 年度～ 副格子交換半導体界面の応用の模索(北大・古賀貴亮先生)

須田 淳	<p>* 科研費若手(A) H16-18 ヘテロバレント・ヘテロポリタイプ SiC 上 III 族窒化物結晶成長の総合的理解と制御 * NEDO 産業技術研究助成事業 H17-19 省エネルギーデバイス基盤材料 SiC 基板上 AIN ヘテロエピタキシャルテンプレートのトータルプロセスの確立</p> <p>*H17-18 GaN の結晶性評価(化学系企業) *H17-18 ナイトライド用 SiC 基板開発(ベンチャー企業)</p>	
田中 健太郎	<p>* 科研費 若手研究(A) (H16-18) 「生体高分子をモティーフとした金属錯体集積場の構築と動的機能発現」(研究代表者) * 科研費 特定領域研究 (H17-19) 「生体高分子をテンプレートとした金属錯体の機能集積」(公募研究代表者) * 科研費 基盤研究(S) (H16-20) 「人工多座配位子を用いた金属錯体の空間配列および特異な動的機能のプログラミング」 (研究分担者)</p>	
町田友樹	<p>* 科研費若手 A(H18-H20) 量子ホール系端状態における局所的スピン偏極率決定 * 科学振興調整費先端融合領域イノベーション創出拠点(H18-H27(最長)) ナノ量子情報エレクトロニクス連携研究拠点</p>	
松田 一成	<p>* 科研費(若手研究(A):H16-19)代表 「光ナノプローブによる單一カーボンナノチューブの光物性の探索と量子光デバイス応用」 * 科研費(学術創成:H17-21)分担 「高周期典型元素不飽和化合物の化学:新規物性・機能の探求」</p>	
山本雅哉	<p>* 科学研究費 基盤研究 B 一般 研究代表者 (H17-18) 「生体因子グラジエント化足場材料を利用した幹細胞からの骨-軟骨組織界面の再生」</p>	
湯浅新治	<p>* NEDO スピントロニクス不揮発性機能技術プロジェクト(H18-23) * NEDO ナノテク・先端部材実用化研究開発 (H17-20)</p>	<p>* H17-18 年度:スピントロニクス技術の開発(キヤノンアンセルバ株式会社)</p>