

戦略的創造研究推進事業
－CRESTプログラム－

研究領域「量子効果等の物理現象」

研究領域評価用資料

平成 15 年 3 月 26 日

1. 戦略目標

「大きな可能性を秘めた未知領域への挑戦」

我が国が、長引く景気の停滞や国内産業の空洞化を克服し、活力ある社会を維持・発展させていくためには、既存の概念にとらわれず、新たな分野・領域を開拓し、独創的・革新的な技術の創生を通じて、新技術・新産業を創出していかなければならない。また、我が国の国際的立場に鑑みれば、それ自身が価値を有するものとしての、人類の新しい知的資産の拡大にも積極的に貢献していく必要がある。

このような観点から、多くの新たな知見の獲得が期待されているが、未だ知られていないことが多い領域、例えば、複雑で多様な生命現象の解明、分子・原子単位の極微細な領域の解明及び超高圧・超高真空等の極限的な状態における現象の解明、新たな情報技術の探索を通じて、革新的な技術の確立を目指す研究を進めることが不可欠である。

したがって、戦略目標を、以上のような多くの未知を抱えた領域の現象の解明等により知的資産を拡大するとともに、新技術・新産業の創出を目指す「大きな可能性を秘めた未知領域への挑戦」とする。

2. 研究領域

「量子効果等の物理現象」（平成7年度発足）

原子レベルで制御された極微細構造に特に現れる、量子効果などの物理現象についての研究を対象とするものである。

具体的には、半導体、金属などに形成される人工ナノ構造、自己組織性分子、などに現れる電子と光子が量子性を示す現象、スピン自由度に関連する新規な現象、極微細領域に現れる量子効果以外の先端的研究などを対象とする。将来的には、量子効果を応用した新デバイスへの発展が期待されます。

3. 研究総括

氏名 川路紳治（学習院大学 教授）

3. 採択課題・研究費

(百万円)

採択年度	研究代表者	終了時 所属・役職	研究課題	研究費
平成 7 年度	青野 正和	大阪大学 教授	人工ナノ構造の機能探索	718
	潮田 資勝	東北大学 教授	STM 発光分光法と近接場光学分光法による表面極微細構造の電子物性の解明	626
	雀部 博之	千歳科学技術 教授	超構造分子の創製と有機量子デバイスへの応用	760
	清水 明	東京大学 助教授	量子場操作	723
	筒井 哲夫	九州大学 教授	自己組織性分子を用いた新規発光機能材料の設計	508
	寺崎 治	東北大学 助教授	配列したマイクロ空間での新物質系の創製と物性	603
	廣瀬 全孝	広島大学 教授	三次元集積量子構造の形成と知能情報処理への応用	569
	武笠 幸一	北海道大学 教授	スピン計測 -スピン SPM の開発とスピン制御	652
平成 8 年度	家 泰弘	東京大学 教授	微細構造におけるスピン量子物性の開拓	567
	大塚 洋一	筑波大学 教授	金属微細トンネル接合システムの物理と素子への応用	753
	岡 泰夫	東北大学 教授	ナノ構造磁性半導体の巨大磁気光学機能の創出	551
	小宮山 進	東京大学 教授	量子構造を用いた遠赤外光技術の開拓と量子物性の解明	640
	山中 昭司	広島大学 教授	ナノ物質空間の創製と物理・化学修飾による物性制御	535
	横山 正明	大阪大学 教授	有機/金属界面の分子レベル極微細構造制御と増幅型光センサー	414
平成 9 年度	井口家成	東京工業大学教授	異方的超伝導体の量子効果と新電磁波機能発現	571
	小倉睦郎	産業技術総合研究所 主任研究官	原子層制御量子ナノ構造のコヒーレント量子効果	625
	讃井浩平	上智大学 教授	自己組織化量子閉じ込め構造	574
	白田耕藏	電気通信大学 教授	量子固体と非線形光学：新しい光学過程の開拓	561
	山下幹雄	北海道大学 教授	サイクル時間域光波制御と単一原子分子現象への応用	741
			総研究費	11691

5. 研究総括のねらい

本事業の趣旨（「科学技術創造立国」を目指し、明日の科学技術を切り拓くとともに、新しい産業の創出につながる知的資産の形成を図るため、基礎研究を推進するもの）に従い、科学技術の基礎研究の推進に努めた。

具体的には、好奇心に満ち溢れた科学技術の基礎研究を目指す研究代表者と研究課題を選考して、研究の進捗状況を見守ることを心がけた。

科学の新しい道は研究者の自然に対する好奇心から生まれ、技術の新しい分野は研究者のからくりに対する好奇心から生まれる。豊かな研究費が豊かな好奇心を育てる栄養になること、参加する研究者が新天地を開拓する現場を若い研究者にも体験させること、これを通じてこれまでの型にとらわれない世代が育ってゆき、ひいては真の基礎研究の抜本的強化に繋がることを期待した。

6. 選考方針

研究代表者と研究課題の「選考」が全てを決定する。研究領域「量子効果等の物理現象」に対して事業団が期待した研究対象は、原子レベルで制御された極微細構造に特異的に現れる量子効果などの物理現象、極微細領域の現象に関する先端的研究であった。この研究対象は取り扱う物質と使用方法の両者に関して極めて広範にわたり、その枠組みを予め指定することはできない。このように緩やかな研究課題の枠組みは、選考する人々により行われてきた研究結果からは予想されないような、応募者のオリジナルな研究提案に広く門戸を開放していると理解できる。この点を重視して選考に当たった。

そのため、総括として、専門にこだわることなく、すべての提案に目を通し、基礎物理、応用物理、無機材料、有機材料など広い分野から、公正で、偏りの無い選考をすることを第一に心掛けた。また、すべての申請書は少なくとも2名のアドバイザーによって読まれるようにし、それぞれの分野のアドバイザーの所見を十分に考慮して、総括としての判断をすることに心掛けた。

7. 領域アドバイザーについて

氏名	所属	役職	任期
池上 徹彦	会津大学	学長	平成8年1月～平成14年10月
川畑 有郷	学習院大学	教授	同上
小林 俊一	理化学研究所	理事長	同上
榊 裕之	東京大学	教授	同上
寺倉 清之	産業技術総合研究所	部門長	同上
花村 栄一	千歳科学技術大学	教授	同上
渡辺 久恒	日本電気（株）	執行役員	同上

物性物理と電子工学（光・電子材料デバイス）を専門とする研究者の中から、専門分野が重複しないようにして、「量子効果等の物理現象」に関するエキスパートと考えられる7名を平成8年1月から領域終了までの任期で依頼した。

領域アドバイザーの専門分野：池上徹彦（当時NTT、通信・光デバイス）、川畑有郷（物性理論、メゾスコピック系物理）、小林俊一（低温物理、メゾスコピック系物理）、榊 裕之（半導体物性・デバイス）、寺倉清之（物性理論、計算物理、表面界面物性、磁性）、花村栄

一（量子光学、理論と実験）、渡辺久恒（NEC、光・電子材料デバイス全般）

8. 研究領域の運営について

A. 研究領域運営の基本的な方針

事業団の応募要領に示されている採択すべき研究課題は、「一先導的・独創的な研究であって、国際的に評価されうる課題」である。これにしたがって選考された研究代表者とそのチーム・メンバーが研究を進めるにあたって、外からの積極的な指導・助言は不必要であろう。研究者の自由な発想こそが最大の研究推進力となるからである。これが、私の研究領域運営の基本方針であった。すなわち、研究チームが推進する研究過程を見守ることを基本とし、必要ならば忠告して、研究成果を期待した。

けれども、本研究領域の活動が始まって1年余を経て、これまでになく豊かな研究費に恵まれている CREST 研究チーム・メンバーには、研究者としての“noblesse oblige”（高い身分に伴う規範）を自覚して欲しいとの私の願いは強くなった。また、論文、特許に現れる研究業績のほかに、次世代の研究を牽引することになる若い研究者を育成することも CREST 事業の大きな役割であろうと考えた。若手研究者は、CREST に参加して、豊かな研究費に恵まれて豊かな発想を生み出す体験を得ると同時に、豊かとは言えない研究費の環境に置かれても研究ができるように、足腰が強い研究者として育たなければならない、と願ったのである。このような私の願いを三上雅生技術参事が整理して、第2回領域シンポジウムから会場に公開した。研究事務所の壁にも掲示した「基本的考え」を下記する：

研究統括「基本的考え」

1. CREST研究チームは、達成すべく掲げた目標に挑戦し、新しい研究分野を切り開く研究集団である。研究資金を目的に烏合集散する集団であってはならない。
2. 研究者は、新しい科学の道を切り拓く豊かな好奇心と新しいからくりを工夫する強い探求心を持たなければならない。
3. 研究成果を社会に還元し、国民の付託に応えなければならない。
4. 次代を担う、足腰の強い創造性豊かな若手研究者が輩出しなければならない。

上記と同様にして、第1回シンポジウムから会場と研究事務所に貼り出した特許についての考えを下記する：

研究統括「特許のススメ」

1. 基礎研究の過程は、優先性が特許によって保証される独創的アイディアの宝庫ではないか。
2. 基礎研究者は、無防備、無認識に知的資産のたれ流しをしていないか。
3. 基礎研究者は、特許によってより速く独創の優先権を主張できるのではないか。

B. 研究チームの立ち上げ、中間、終了時の研究現場訪問

採択決定後、3か月以内に研究代表者を訪問した。CREST の研究費が注入される前の実験室の実情を観察し、代表者とチーム・メンバーから研究課題の内容を親しく聞くことを目的とした。さらに、そのほぼ1年後と終了前にも研究室を訪問して、設備の充実と研究の進捗状況を観るよう努めた。

C. 年度始め打ち合わせ（前年度成果の報告と次年度研究計画の説明）

予算決定の前に、研究事務所で約2時間、必要ならば2時間以上、研究代表者（必要なら同伴者と共に）から前年度の成果報告と次年度の研究計画の説明を受けた。この年度始め打ち合わせは、毎年12月に開催された領域シンポジウム（後述）の成果発表を含め、各研究チームの1年間の研究進捗の状況と、その後の研究方針を研究代表者と深く共有する場として機能した。この場において、研究代表者の相談にのり、研究の進め方などに統括としての

建設的なアドバイスを心掛けた。

D. チーム研究会と研究現場訪問

各チームが行う国内研究会、国際ワークショップ等に参加して、チーム・メンバーからの研究報告、研究課題に関連するチーム外の研究者からの研究状況の報告を得て、そのチームの研究分野の状況を把握するように努めた。

E. 領域シンポジウム

平成9年度採択の研究チームが決まり、「量子効果等の物理現象」研究領域の19チームが完成した後、平成9年12月18、19日、第1回領域シンポジウムを開いた。7年度と8年度採択チームからは研究成果の報告を代表者による口頭発表とチーム・メンバーによるポスター発表により行い、9年度採択チームは、研究代表者の紹介と研究計画のポスター発表を行った。

以後、第5回シンポジウムまで、12月に年1回の定例のシンポジウムを行うことにした。これは、研究領域の研究代表者と研究メンバーが1年間の研究の成果を省みて、次年度の研究構想をたてる機会とすること。また、広く外部からも参加者を得て、活発な討論がある「真のシンポジウム」が行われることにより、本領域の研究を活性化することを狙いとした。狙いは、ほぼ成功したと思われる。

基礎物性物理から有機無機材料、電子・光デバイス等まで、広い分野の成果発表が行われるので、参加した研究者によって異なる専門分野の発表から新しいアイデアが生まれ、重要な研究テーマになるなどの相互交流効果が多く見られた。

領域シンポジウムの詳細は、添付資料を参照されたい。

F. 中間評価と事後評価

領域アドバイザーを評価者として行った。研究代表者に自己評価票を提出してもらい、事前に、研究提案および評価時点までの研究成果の概要とともに、領域アドバイザーに渡して評価に臨んでもらった。研究代表者（必要ならチーム・メンバーも加え）による40分間の成果報告と15分の質疑・応答を行った。提出されたアドバイザーの評価コメントを参考にして、評価をまとめた。評価会議では、厳しい議論も出て、その後の研究推進の助けになった。特に、中間評価では、評価後に日を改めて、研究事務所で、研究代表者（乃至は同伴の研究グループ代表）に、アドバイザーによる中間評価の内容をそのまま伝達して、評価に対する研究代表者の意見を聞き、統括としての見解を述べることで、研究期間後半の研究の進め方の参考としてもらった。この作業は、各研究チームのその後の研究を進展させるのに大きく役立った。

G. 研究の進め方などのアドバイス

領域シンポジウムにおける研究チームの成果報告、領域アドバイザーの評価結果などを受け、年度始め打ち合わせ、中間評価およびその事後打ち合わせなどを通して、研究代表者に必要と思われるコメント、アドバイスをしてきた。

9. 研究を実施した結果と所見

研究課題に対するそれまでの準備状況と世界的な研究の発展状況等、研究環境はチームにより異なるが、それぞれの研究チームが5年間のプロジェクト研究によって上げた研究成果は、大変に豊かなものであった。世界のトップレベルに行く成果が枚挙にいとまないほど多数であった。その成果の中から、特に、この研究期間でその独創性、新奇性が著しく示された成果をいくつか選んで採択年度順にあげると、以下のようになる。

① 低電圧（ $\sim 10\text{mV}$ ）、高速動作のイオン伝導体の量子電導原子スイッチの実現（平

成7年度採択青野チーム)。

- ② 原子レベルの空間分解能とピコ秒レベルの時間分解能をもつ STM 発光分光システムの構築 (平成7年度採択潮田チーム)
- ③ 原子波をコヒーレントに増幅することに世界で初めて成功 (平成7年度採択清水チーム)
- ④ ミクロ・メソ多孔体開発の有用なツールとなるミクロ・メソ多孔体の電子構造解析法の開発 (平成7年度採択寺崎チーム)。
- ⑤ 超伝導微小ジョセフソン接合を用い、固体電子素子による世界で最初の量子ビットの実現 (平成8年度採択大塚チーム)。
- ⑥ 遠赤外単一光子の検出に世界で初めて成功。量子ドットを用いた独創的方法で従来の検出器に比べて1万倍の高感度を実現。(平成8年度採択小宮山チーム)。
- ⑦ 独自に発見した有機/金属電極界面の光電流増倍現象を用いた光演算素子 (NOT、OR、AND 素子) 及び有機トランジスターの実現 (平成8年度採択横山チーム)。
- ⑧ コヒーレンス長が $\sim 3 \mu\text{m}$ にも達する世界最高品質の半導体量子細線を作成し、量子細線レーザーの室温発振と負性抵抗 FET を実現 (平成9年度小倉チーム)。
- ⑨ 有機・無機ペロブスカイト量子閉じ込め構造の励起子発光を用いた超高速応答のシンチレーターの実現 (平成9年度採択讃井チーム)。
- ⑩ モノサイクル時間域のフェムト秒光パルス発生の汎用システムを開発 (平成9年度採択山下チーム)。

これらの成果にも現れているように、本研究領域の成果は、ナノサイズに現れる量子現象を観測し、それらを制御、利用しようとするもので、ここ数年、広く喧伝されているナノサイエンス、ナノテクノロジーを先見的に推し進めたもので、科学的、技術的、また、社会的、国民生活的にも大きいインパクト与える成果である。

例えば、⑤の固体素子としての世界初の量子ビットの実現は、現在の半導体集積回路のプロセス技術を用いて量子コンピューターの実現を可能にするものとして、量子コンピューターの実現に向けた大きな1歩である。世界的に固体素子を用いた量子コンピューターの発展に向けた研究を盛んにする大きなきっかけとなった。この成果が認められ、仁科記念賞が授与されている。①は、科学技術振興事業団継続研究に採択され、大手半導体メーカーとの共同研究で微細なメモリセルアレイの研究開発が進められており、将来的には、新しい半導体製品に使われる可能性が高い。②では、極低温超高真空 STM システム、微弱光分光システム、ピコ秒レーザーを組み合わせて構築に成功した本システムに、銀探針、超伝導ニオブ探針の STM 探針作成法、複数の集光ファイバー法などの独創的方法を導入して、各種の極微細表面構造の原子・分子レベル及びピコ秒時間分解の発光分光計測に成功した。③は、Rb原子を用いて原子気体のボーズ凝縮に日本で初めて実現した後、これを用いた発展として、原子波のコヒーレント増幅に世界で初めて成功した成果で、これは原子波レーザーの開発に発展する可能性をもつ。④は X 線回折では困難なミクロ・メソ多孔体の骨格構造を透過電子顕微鏡像から一義的に決定する構造解析法を開発したもので、新奇な機能性が期待されるミクロ・メソ多孔体の研究開発に有力な武器となる。⑥の遠赤外単一光子の検出素子の実現は半導体量子ドットの高感度光センサー機能をはじめて実現したもので、今まで未踏の分野としてテラヘルツ領域の研究開発に有効な計測ツールを提供する。これも科学技術振興事業団継続研究として採択され、遠赤外から中赤外に及ぶ単一光子の検出素子の開発、更にはそれら検出素子を用いた走査顕微鏡の研究が進められている。半導体励起現象などの固体物性評価だけでなく、例えば、分子の運動を分子レベルで観測可能とし、細胞中の生体分子の活動を直接捉えて、バイオ技術にインパクトを与えることも期待される。⑦は、光-光変換素子、光コンピューター、各種センサーなどの興味深い多様な有機材料の可能性を示す成果である。⑧は、世界的に見ても最高の品質の半導体量子細線作成技術を開発したもので、可視領域での室温発振にすでに成功しているが、これを $1.5 \mu\text{m}$ 波長帯の量子細線レーザーとし

て研究を発展させれば、光通信産業へ貢献することが期待される。⑨は、放射線応答速度が、市販されているシンチレータにくらべて数桁も高い革新的なシンチレータを提供する成果で、科学技術振興事業団権利化試験プロジェクトに採択され、シンチレータ企業と共同研究契約を結んで実用化のための研究を進めている。今後大きな市場が期待されるポジトロンエミッショントモグラフィ診断装置（PET）を制することが期待できる。⑩は、光のモノサイクル時間域であるフェムト秒光パルス発生として世界最短光パルスの発生に成功し、それにコンピューターによる位相制御システムを組み込み、素人でも最短光パルスを発生できるシステムを構築した成果で、これも⑨と同様にベンチャーの可能性がある。

以上は、数ある成果の中から独創性と新奇性を示す少数の例を説明したに過ぎないが、基礎研究からデバイス実用に近い成果まで、多彩な成果が本研究領域の研究活動から得られたことを伺えると思う。例えば、研究課題名「三次元集積量子構造の形成と知能情報処理への応用」に示されるような現在のエレクトロニクスに果敢に挑戦した重厚な研究、あるいは物性物理の基礎を築く地味な研究など、ここに示さなかった研究成果については、研究課題ごとに示されている事後評価（課題評価）を参照されたい。

10. 総合所見

採択された研究課題は、平成7年度は8件、平成8年度は6件、平成9年度は5件、合計19件であった。これらの研究は、研究課題名に示されているように、多様な物質を対象に、多様な手段で作成された極微細構造に現れる電子、光子、原子が示す量子現象を多様な方法で探索し、これらの極微細構造が示す新機能を開拓しようとする基礎研究である。研究課題に対するそれまでの準備状況と世界的な研究の発展状況等、研究環境はチームにより異なるが、それぞれの研究チームが戦略的基礎研究推進事業による5年間のプロジェクト研究によって上げた研究成果は、外部発表数、特許取得数（本研究領域の研究者は主として理学系であり、特許取得の実績は殆ど皆無であった）が示すように、それぞれの研究者による従来の同様の期間内の研究成果に比べて、著しく大きかったと評価できる。

研究遂行過程で充実された研究設備とそれを使用する技術のノウハウ等は、今後の研究の発展に極めて有効であろう。それにも増して長い将来の研究推進に期待出来るのは、各チームの研究活動で育成された若い研究者集団である。

上記のような本研究領域が上げた成果は、本事業の計画、すなわち研究費、研究期間、3年間にわたる研究提案公募による本領域全体の研究チーム構成、領域アドバイザー、技術参事、事務参事を含む研究事務所等による研究支援システムが、全体として成功したことを示す。

本研究領域としての成果について、上述した総合的な所見を導いた領域運営の中で、研究課題の選考結果を点数で評価するならば、85点であろう。全体で19名の研究代表者の中で、研究能力・実績を、選考にあたるまでに、研究総括が個人的に理解していたのは7名であった。各アドバイザーについても、多少の差はあれ、同様であったと想像される。オリジナルと考えられた提案を採択することを目指した結果として生まれた選考の誤差はあったと考えられる。けれども、その選考方針は正しかったと考える。当初、「選考が全てを決定する」とした考えは、いま、間違っていない。予想された研究成果と合わせて、予想されなかった優れた研究成果が得られていることは、まことに喜ばしい。

研究推進にあたっての基本方針は、いま、正しかったと考えている。

中間・事後評価を含めて、領域全体の運営は領域アドバイザーの能力・協力と、研究事務所の技術参事・事務参事・事務職員の能力・努力によって円滑に行われた。

本研究領域の研究課題の枠組みが緩やかであることを示す「量子効果等の物理現象」の領域名は、基礎研究を推進するために極めて有効であった。そのことは、最近の長大な研究領域名と比較して、痛感される。本研究領域は、最近、多方面で推進されているナノテクノロジー

ジー・ナノサイエンスを先駆けるものであり、本研究領域の研究成果と合わせて、本領域の研究推進過程で培われた極微細構造作成等の技術は、今後のナノテクノロジー・ナノサイエンスの発展に大きく役立つであろう。本領域を設定した先見性は誇るべきである。

本領域の研究は、3年間にわたって公募・採択された19研究チームにより行なわれてきた。領域シンポジウムで、同じ研究条件を与えられた他の研究チームの研究成果を学ぶことにより、それぞれのチームが研究を推進するための活力を得ていたと考えられる。異なる年度に採択されたチームにより全体が構成されていることも含めて、研究領域単位による研究遂行のメリットは大きい。

・感想

本領域の研究統括はまことに厳しい仕事であったが、努力する価値ある仕事であった。

目白研究事務所での仕事は、私個人にとっては全く新しい体験であった。この事務所で技術参事、事務参事、事務職員にそれぞれ適任者を得たことは、私の大きな喜びである。

平成14年3月末までは学習院大学理学部における本務があり、本務との兼務は厳しかった。けれども、研究室の助手、院生等にとって、厳しさはさらに大きかった。それは、外部のCREST関係の研究者、院生等の中には、研究総括の研究室にも科学技術振興事業団から多額の研究費が注入されているとの誤解があったからである。私個人は、事業団から研究費を得ていないことは幸いであり、学習院大学で小さくてもオリジナルな仕事をしてきたことを誇りに思ってきた。

本研究領域の研究総括の仕事につくまでは、私は科学技術振興事業団とは無関係であった。そのことは、いま、良かったと思う。全てが新鮮な体験であったからである。

企業の研究者を技術参事に迎えた現在の領域運営システムは大変良いと思う。実務として、特許関係の仕事では、企業の研究者としての体験が大きく生かされていた。それ以外にも、領域運営に関して、大学関係者では手が届かない部分があったと考えられる。さらに、研究についての価値観が私のものと合致した三上技術参事を得たことは、私にとってまことに幸いであった。三上技術参事は私に合わせていたのかも知れないが、もしも、それさえ出来ない程度に価値観の不一致があれば、研究総括の仕事は務まらなかったと思う。

以上

領域評価用資料 添付資料（CRESTプログラム）
研究領域「量子効果等の物理現象」

1. 応募件数・採択件数

応募件数・採択件数一覧表

採択年度	(A)応募件数	(B)採択件数	(C)倍率
7年度	197件	8件	24.6倍
8年度	111件	6件	18.5倍
9年度	84件	5件	16.8倍

2. 主要業績

1) 平成7年度採択課題

研究代表者名	論文発表		学会発表		外部発表計	特許出願件数
	英文	和文	国際	国内		
青野 正和	64	11	62	55	192	8
潮田 資勝	55	1	131	24	211	9
雀部 博之	87	2	125	149	363	5
清水 明	85	7	71	99	262	3
寺崎 治	161	12	40	93	306	2
筒井 哲夫	65	4	25	81	175	3
廣瀬 全孝	19	15	8	77	119	2
武笠 幸一	25	8	15	175	223	20
合計	561	60	477	753	1851	52

青野 正和 「人工ナノ構造の機能探索」

- ① Y.Okawa and M.Aono: “Chain polymerization triggered by a scanning probe tip at designated points”, Nature 409 (2001) 683.

任意の位置から別の任意の位置まで導電性の分子ナノワイヤーを配線する技術の開発に初めて成功。走査トンネル顕微鏡の探針を用いた1点刺激によってドミノ倒し的な連鎖重合反応を誘起することに成功したことによる。

- ② T.Nagao, T.Hilderbrandt, M.Henzler, and S.Hasegawa: “Sheet plasma in a two-dimensional electron liquid in a surface-state band”, Phys. Rev. B86 (2001) 5747.

ある固体表面において表面電子エネルギーバンドによる2次元電子液体層が形成されている時、そこに金属原子を付与すると2次元プラズマという興味深い“人工ナノマテリアル”が形成されることを発見した。

- ③ T.Nakayama, J.Onoe, K.Nakatsuji, J.Nakamura, K.Takeuchi, and M.Aono: “Photoinduced products in a C₆₀ monolayer on Si(111)√3×√3-Ag”, Surf. Rev. Lett. 6 (1999) 1073.

C₆₀ フラーレン分子の薄膜に光を照射して分子間化学反応を誘起するとき人工ナノマテリアルとして興味深い様々な反応生成物が形成されることを見出し、その各々について特性を予測した。

潮田 資勝 「STM 発光分光法と近接場光学分光法による 表面極微細構造の電子物性の解明」

- ① Y.Uehara, T.Fujita, and S.Ushioda, “Scanning tunneling microscope light emission spectra of Au(110)-(2×1) with atomic spatial resolution”, Phys. Rev. Lett. **83**, no. 12, 2445-2448 (1999).

Au(110)-(2×1)表面の原子像を得て、その金原子列上からの発光は局所プラズモンを介した発光として理解できるが、原子列間からの発光には原子レベルで局在した電子遷移からの発光が含まれていることを発見した。原子スケールの位置分解能で可視分光が可能なことを初めて実証した。

- ② T.Tsuruoka, Y.Ohizumi, R.Tanimoto, and S.Ushioda, “Light emission spectra of individual

GaAs quantum wells induced by scanning tunneling microscope”, Appl. Phys. Lett. **75**, No. 15, 2289-2291 (1999).

個々の量子井戸構造を STM で観測し、そこからの発光のピークエネルギーは井戸幅の 2 乗に反比例し、この現象は量子閉じこめ効果で完全に説明できることを実測から初めて明らかにした。

- ③ Y.Uehara, A.Yagami, K.J.Ito, and S.Ushioda, “Scanning tunneling microscope light emission spectroscopy with picosecond time resolution”, Appl. Phys. Lett. **76**, No. 18, 2487-2489 (2000).

ピコ秒の時間分解能を有する STM 発光計測手法を開発した。その結果、表面ナノ構造の物性研究が、ピコ秒の時間分解能と原子位置分解能で可能になった。

- ④ H.Ishikawa, H.Tamaru, and K.Miyano, “Microsphere resonators strongly coupled to a plane dielectric substrate: coupling via optical near field”, J. Opt. Soc. Am. A **17**, 802-813 (2000).

光ガイド中の伝播モードと微小球共振器の共鳴モードとの結合を簡便に表す近接場を介した記述法を開発した。誘電体基板上の微小球への結合様式を位相も含めて観察することにより、この記述の有効性を実証した。

雀部 博之「超構造分子の創製と有機量子デバイスへの応用」

- ① Zhang, T. Wada and H.Sasabe, “Carbazole Photorefractive Materials”, J. Materials Chem., **8**, 809-828 (1998).

フォトリフラクティブ効果を示すカルバゾール誘導体をレビューし、我々の研究グループで推進しているモノリシックなカルバゾール超構造分子の設計・合成・評価の位置付けを明らかにした。

- ② Nakajima, R. Micheletto, K. Mitsui, T. Isoshima, M. Hara, T. Wada, H. Sasabe and W. Knoll, “Nanosopic Studies Investigated by Hybrid SNOM/STM”, Appl. Surface Sci., **144-145**, 520-524 (1999).

近接場光学を利用した SNOM と操作型トンネル顕微鏡 STM の機能を同時に有するハイブリッド型プローブ顕微鏡を開発し、それを用いて分子凝集体のナノ構造を評価した。

- ③ T.Sugawara, H.Sakurai and A.Izuoka, “Electronically Controllable High Spin Systems Realized by Spin-Polarized Donors”, in ‘Hyper-Structured Molecules II: Chemistry, Physics and Applications’, H.Sasabe (Ed), Gordon & Breach Sci. Publ., Amsterdam, 2001, pp. 35-58.

スピン偏向したドナーをビルディングブロックとし、πトポロジーを考慮して種々の高スピン系分子を設計・合成した。それらの電子状態の詳細な解析から、有機フェリ磁性体あるいは有機強磁性体分子として機能することを明らかにした。

清水 明「量子場操作」

- ① M.Kozuma, Y.Suzuki, Y.Torii, T.Sugiura, T.Kuga, E.W.Hagley, and L.Deng, Phase-coherent amplification of matter waves, Science, **286**, 2309-2312 (1999).

原子のボーズ・アインシュタイン凝縮とレーザーを用いて、世界で初めて、物質波の

コヒーレントな増幅に成功した。

- ② F.Shimizu, Specular reflection of very slow metastable neon atoms from a solid surface, Phys. Rev. Lett. vol 86(no 6) 987-990 (2001)

レーザー冷却した準安定状態ネオンを使って初めて固体表面からの量子反射を観測し、かつ定量的な議論を行った。これは、より汎用性の高い高精度原子光学部品開発への道を開くものである。

- ③ A.Shimizu and T.Miyadera, Robustness of Wave Functions of Interacting Many Bosons in a Leaky Box, Phys. Rev. Lett. 85 (2000) 688-691.

相互作用するボゾン系の基底状態として従来考えられてきた状態は、ほとんどが環境に対して脆弱であり、環境に対して頑丈な唯一の純粋状態は、我々が発見して CSIB と名付けたものだけであることを示した。

筒井 哲夫 「自己組織性分子を用いた新規発光機能材料の設計」

- ① T.Yamasaki, T.Tsutsui, Fabrication and Optical Properties of Two-Dimensional Ordered Arrays of Silica Microspheres, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.38, Part1-10, 5916-5921(1999).

シリカ微粒子を二次元的に配列する新しい手法を開発し、550 ナノメートルのサイズのシリカ微粒子を配列したミリメートルサイズの二次元フォトリソグラフィッククリスタルを作製した。透過スペクトルの測定から二次元フォトリソグラフィッククリスタルの光学的バンド図を決定した。

- ② S.Tokito, Y.Tagu, T.Tsutsui, Microcavity Organic Light-Emitting Diodes for Strongly Directed Pure Red, Green, and Blue Emissions, J. Appl. Phys., Vol.86, No.5, 2407-2411(1999).

マイクロ共振器構造を組み込んだ有機薄膜発光ダイオードを作製し、強い指向性を持ち色純度が良く、しかも高い発光効率を維持した発光を取り出すことが可能なことを実証した。

- ③ T.Tsutsui, M.Yamg, M.Yahiro, K.Nakamura, T.Watanabe, T.Tsuji, Y.Fukuda, T.Wakimoto, S.Miyaguchi, High Quantum Efficiency in Organic Light-Emitting Devices with Iridium-Complex as a Triplet Emissive Center, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.38, Part2-12B, 1502-1504 (1999).

三重項発光を示すイリジウム錯体を発光中心に用いた有機薄膜発光ダイオードで13.7%の高い外部量子効率を示す発光デバイスが作製できることを実証した。

寺崎 治 「配列したマイクロ空間での新物質系の創製と物性」

- ① S. Inagaki, S. Guan, Y. Fukushima, T. Ohsuna & O. Terasaki; Novel Mesoporous Materials with Uniform Distribution of Organic and Inorganic Oxide in their Frameworks J. Am. Chem. Soc., **121**(1999), 9611-9614.

「骨格に有機基と無機基を一様に含む新奇なメソ多孔体」

世界で初めて、一様なシリカと有機基からなる壁を有するメソ多孔体を合成し、その

構造が $p6mm$ の二次元ヘキサゴナル、および三次元ヘキサゴナルの構造を持つことを明らかにした。

- ② Y. Sakamoto, M. Kaneda, O. Terasaki, D.Y. Zhao, J.M. Kim, G. Stucky, H.J. Shin & R. Ryoo; Direct Imaging of the Pores and Cages of three-dimensional Mesoporous Materials, *Nature* **408** (2000), 449-453.

「三次元メソ多孔体のケージと細孔の直接観察」

サイズが 20 から 500 Å の特徴的な空隙が周期的に配列した三次元メソ多孔体の構造は、これまでの回折手法によっては求められない。我々は電子顕微鏡像を用いて三次元メソ多孔体の構造を直接に一義的に決定する一般的な方法を示した。また、この方法により SBA-1, -6, -16 の 3 次元構造を解いた。

- ③ S. H. Joo, S. J. Choi, I. Oh, J. Kwak, Z. Liu, O. Terasaki and R. Ryoo Ordered Carbon Nanopipes with Tunable Diameter Exhibiting Extraordinary High Dispersion of Pt Nanoparticles *Nature* **412** (2001), 169-172.

「白金ナノ粒子を高分散に担持できる、炭素の規則的なナノ細孔配列」

均一で、調節可能な細孔径（典型的には内径 6 nm、外径 9 nm）が規則的に配列したナノ細孔炭素をメソポーラスシリカを鋳型に用いて合成した。これには、他の一般的なマイクロ細孔炭素材料とは較べものにならずに白金ナノ粒子（直径：、3 nm 未満にまで制御可）を高分散に担持することが出来、酸素還元用として有望な電極触媒活性が生まれた。

- ④ T. Nakano, Y. Ikemoto & Y. Nozue ; Loading Density Dependence of Ferromagnetic Properties in Potassium Clusters Arrayed in a Simple Cubic Structure in Zeolite LTA, *Physica B* **281&282** (2000), 688-690.

「ゼオライト LTA 中に単純立方構造で配列した K クラスターが示す強磁性の吸蔵量依存性」

K クラスター当たりの電子数の関数として磁気的性質をしらべた。2 を越えたところから出現する強磁性について、Curie-Weiss 則が成り立つこと、Weiss 温度は負であること、自発磁化の発現機構としてスピンキャント磁性、軌道縮退のある 1p 準位が重要な役割を果たしていることを論じた。

廣瀬 全孝 「3 次元集積量子構造の形成と知能情報処理への応用」

- ① T. Yamanaka, T. Morie, M. Nagata and A. Iwata, "A single-electron stochastic associative processing circuit robust to random background-charge effects and its structure using nanocrystal floating-gate transistors," *Nanotechnology*, Vol. 11, No. 3, pp. 154-160, 2000.

連想メモリなどに応用可能なハミング距離演算回路を、微細 MOSFET のゲート電極上に量子ドットを規則的に配置した構造の単電子回路として提案している。これは、単電子デバイスの確率的な特性を利用して、確率的な連想処理を実現できる。

- ② Atsushi Kohno, Hideki Murakami, Mitsuhiro Ikeda, Seiichi Miyazaki and Masataka Hirose, "Memory Operation of Silicon Quantum-Dot Floating-Gate Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistors", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 2001, vol. 40, No. 7B, pp. L721-L723.

自己組織化形成した Si 量子ドットをフローティングゲートとして絶縁膜中に埋め込んだ MOSFET は、室温でメモリ動作する。ドットへの電子注入はゲート電圧に対して多

段階的に起こり、室温、ゲート電圧 0V でドットあたり電子約一個が安定に保持される。

- ③ H. Murakami, T. Mihara, S. Miyazaki and M. Hirose, "Etch Damage of n+poly-Si Gate Side Wall as Evaluated by Gate Tunnel Leakage Current", Extended Abstracts of the 2000 International Conference on Solid State Devices and Materials, pp. 194-195 (Sendai, 2000).

ゲート長 20 μ m-30nm、ゲート酸化膜厚 1.6nm-1.86nm の nMOSFET を作成し、ゲートトンネル電流のゲート長依存性を測定したところ、ゲート長 0.5 μ m 以下の領域で理論値からずれることがわかった。これは、n+poly-Si 側壁/SiO₂ 界面へリン原子が偏析し、ゲートバルク中のキャリアが空乏化したことが原因であることがわかった。

武笠 幸一 「スピン計測—スピン S T M とスピン制御—」

- ① K.Nakamura, H.Hasegawa, T.Oguchi, K.Sueoka, K.Hayakawa and K.Mukasa: First-principles calculation of the exchange interaction and the exchange force between magnetic Fe films, Phys. Rev.B, (1997) 56, p3218

Fe(100)薄膜の探針—試料 に対して、交換相互作用、交換相互作用力について第一原理計算を行ない、その大きさが原子間力顕微鏡の測定可能範囲内にある事を示した。これは交換相互作用力顕微鏡の可能性を示すものである。

- ② A.Subagyo, K.Sueoka and K.Mukasa: Growth Morphology of Epitaxial Fe Films on Annealed MgO (001) Surface, IEEE Trans. on Mag., (1999) 35, p3037

スピン偏極 S T M の実験用の試料として MgO 基板上的 Fe エピタキシャル薄膜を作成した。原子オーダーで平らなテラスと角型のアイランドが得られ、スピン偏極測定に適した素性の良く分かった試料が得られた。

- ③ H.Hosoi, M.Kimura, K.Hayakawa, K.Sueoka and K.Mukasa: Non-contact atomic force microscopy of an antiferromagnetic NiO(100) surface using ferromagnetic tip, Applied Physics, (2001) A27, S23

交換相互作用の測定を目指して NiO(100)単結晶へき開表面について Fe 探針による非接触原子間力顕微鏡を用いた観察を行ない、原子分解能の像を室温で観測する事が出来た。

2) 平成 8 年度研究課題

研究代表者名	論文発表		学会発表		外部発表計	特許出願件数
	英文	和文	国際	国内		
家 泰弘	77	11	82	113	283	1
大塚 洋一	82	13	81	134	310	3
岡 泰夫	94	1	43	263	401	2
小宮山 進	68	8	74	76	226	4
山中 昭司	117	12	77	222	428	8
横山 正明	20	3	20	91	134	15
合計	458	48	377	899	1782	33

家 泰弘 「微細構造におけるスピン量子物性の開拓」

- ① A.Endo, M.Kawamura, S.Katsumoto and Y.Iye: Magnetotransport of $\nu=3/2$ Composite Fermions under Periodic Effective Magnetic-Field Modulation Phys. Rev. B63 (2001) 113310-1-4.

GaAs/AlGaAs 2 次元電子系試料に微細加工によって 1 次元短周期変調ポテンシャルを付加した系においてランダウ準位占有率 $\nu=3/2$ 近傍の複合フェルミオンによる幾何学共鳴を観測し、その解析から複合フェルミオンがスピン偏極状態にあることを結論した。

- ② F. Komori, K.D. Lee, K. Nakatsuji, T. Imori, and Y.Q. Cai: Growth and Magnetism of Co Nanometer-Scale Dots Squarely Arranged on a Cu(001)-c(2x2)N Surface, Phys. Rev. B63 (2001) 214420(8).

窒素吸着 Cu(001) 面上に形成されるナノメートル・スケールの規則構造をテンプレートとして、コバルト微粒子の規則アレイを作製した。磁気光学カー効果によってその磁性を調べ、一様膜とは様相を異にするナノドット・アレイ独特の磁性を明らかにした。

- ③ K.Kobayashi, H.Aikawa, S.Katsumoto and Y.Iye: Tuning of the Fano Effect through a Quantum Dot in an Aharonov-Bohm Interferometer Phys. Rev. Lett., to be published.

量子ドットを片側のアームにもつアハラノフ・ボーム (A B) リングにおいて、メゾスコピック系におけるファノ効果 (量子ドットの離散準位と反対側アームの連続準位との共鳴効果) を見出した。A B 振動およびクーロン振動の位相解析からファノ共鳴を特徴付ける q パラメーターが複素数となるべきことを結論した。

大塚 洋一 「金属微細トンネル接合システムの物理と素子応用の研究」

- ① Y.Nakamura, Yu.A.Pashkin and J.S.Tsai, Coherent control of macroscopic quantum states in a single-Cooper-pair box, Nature 398 (1999) 786.

ジョセフソン接合でつながれた微小超伝導金属 (単一クーパー対箱) における電荷数の異なる 2 つの状態間の量子重なり状態を実時間における振動として観測した。これによって固体電子素子を用いた量子ビットのコヒーレンス制御を初めて実現した。

- ② T.Yamaguchi, R. Yagi, A. Kanda, Y. Ootuka and S. Kobayashi, Superconductor - Insulator Transition in a Two-Dimensional Array of Resistively Shunted Small Josephson Junctions,

Phys. Rev. Lett. 85 (2000) 1974.

微小超伝導接合の2次元配列の基底状態を、接合のパラメータと人工的に接合に取り付けた並列抵抗の関数として初めて決定した。超伝導位相という巨視変数の量子力学的揺らぎに対する散逸の影響を実験的に明らかにした。

- ③ K. Ono, H. Shimada, and Y. Ootuka, Spin Polarization and Magneto-Coulomb Oscillations in Ferromagnetic Single Electron Devices, J. Phys. Soc. Jpn. 67 (1998) 2852-2856.

強磁性金属で作った単電子デバイスで発見した磁気クーロン振動についての報告。この現象がゼーマン効果によるフェルミエネルギーの変化に基づく機構で説明できることを明らかにした。

岡 泰夫 「ナノ構造磁性半導体の巨大磁気光学機能の創出」

- ① Y. Oka, K. Takabayashi, N. Takahashi, E. Shirado, J.X. Shen, I. Souma: "Magneto-optical properties of nanostructure diluted magnetic semiconductors", Proc. SPIE 4086 (2000) 62.

磁性半導体の量子ナノ構造を作製して、量子ドット内での励起子と磁性イオンのエネルギー授受、量子細線からの1次元励起子の発光、量子井戸でのスピン注入など、ナノ構造の次元性に敏感な巨大磁気光学特性を開拓した。

- ② K. Kayanuma, E. Shirado, M.C. Debnath, I. Souma, Z. Chen, Y. Oka: "Spin transport dynamics of excitons in CdTe/Cd_{1-x}Mn_xTe quantum wells", J. Appl. Phys. 89 (2001) 7278.

磁性半導体2重量子井戸において、光励起で生成された励起子がスピン分極を保ちながら輸送され、非磁性量子井戸に注入される過程を、ピコ秒時間分解発光分光により調べ、スピン注入過程とスピン緩和時間を明らかにした。

- ③ K. Shibata, E. Nakayama, I. Souma, A. Murayama and Y. Oka: "Exciton recombination processes in Cd_{1-x}Mn_xSe/ZnSe quantum dots under magnetic fields", Phys. Stat. Sol. (b) 229 (2002) 473.

自己組織化法によりサイズを制御した磁性半導体量子ドットを作製し、ドット内での励起子や磁性イオンの発光強度、発光エネルギーや寿命が、外部磁場で制御できることを示し、その磁気光学特性の発現機構を明らかにした。

小宮山 進 「量子構造による遠赤外光技術の開拓と基礎物性の解明」

- ① S.Komiyama, O.Astafiev, V.Antonov, H.Hirai and T.Kutsuwa, "A single-photon detector in the far-infrared range" Nature **403**, 405-407 (2000)

遠赤外領域（波長 0.17-0.20mm）で単一光子検出に成功し、従来の検出器に比べて1万倍の感度を達成した。GaAs系の量子ドットによる単電子トランジスターを強磁場中で動作し、ドット中のサイクロトロン共鳴を利用した。

- ② O.Astafiev, S.Komiyama and T.Kutsuwa, "Double quantum dots as a highly sensitive submillimeter-wave detector", Applied Physics Letters **79**, 1199-1201 (2001).

極めて高感度のサブミリ波検出（波長 0.6mm）に、磁場を使用せずに成功した。GaAs系2重量子ドット構造におけるプラズマ振動励起を用いたもの。さらに最近、単一サブミリ波光子検出に成功し、平成14年3月現在、同誌に投稿中。

- ③ T.Machida, S.Ishizuka, and K.Muraki, "Spin polarization in fractional quantum Hall edge

channels", Physica E **12**, 76-79 (2002).

分数量子端状態のスピン分極が微細相互作用によって核スピンの極めて大きな偏極を起こすことを見出し、量子ホール端状態による核スピンの「初期化」「制御」「読み出し」が行えることを示した。より進んだ結果を Physical Review Lett. と Applied Phys. Lett. に投稿中（平成 14 年 3 月現在）。

山中 昭司 「ナノ物質空間の創製と物理・化学修飾による物性制御」

- ① S. Yamanaka, K. Hotehama, H. Kawaji: (1998) "Superconductivity at 25.5 K in Electron-doped Layered Hafnium Nitride", Nature, 392 (1998) 580.

電子をドーピングした層状窒化物 β -HfNCl は 25.5 K の高い臨界温度を示す新規超伝導体となることを見出した。その後、物性研究が活発に展開されており、特異なエキゾチック超伝導体として注目されている。

- ② S. Yamanaka, E. Enishi, T. Yasukawa, H. Fukuoka: (2000) "High-Pressure Synthesis of a New Silicon Clathrate Superconductor, $\text{Ba}_8\text{Si}_{46}$ ", Inorg. Chem., 39 (2000) 56.

高圧合成により、バリウムを内包するシリコンクラスレーターの合成に成功した。これは、8.0 K に臨界温度を有する超伝導体であり、Si-sp³ ネットワークを有する最初の超伝導体として注目できる。

- ③ M. Hirasawa and T. Ishihara: "Exciton lifetime in quantum well with vicinal high-density excitons", Physica E 7 (2000) 600.

量子井戸内の励起子の発光寿命がバリア層を隔てた励起子の散乱によって長くなることを実験的に示した。これは励起子の重心運動のコヒーレントな拡がりが発光寿命を決めることを意味している。

横山 正明 「有機/金属界面の分子レベル極微細構造制御と増幅型光センサー」

- ① Ken-ichi Nakayama, Masahiro Hiramoto, and Masaaki Yokoyama, Direct Tracing of Photocurrent Multiplication Process in Organic Pigment Film, J. Appl. Phys., **84**, 6154-6156 (1998).

光電流増倍素子における過渡光電流波形の観測に成功し、増倍光電流が明確に 1 次光電流の後続現象であることを示す結果を得、有機半導体薄膜における光電流増倍現象が、有機/金属界面に光生成ホールが蓄積することによって引き起こされる電極からトンネル電子注入によることを明らかにした。

- ② Ken-ichi Nakayama, Masahiro Hiramoto, and Masaaki Yokoyama, Photocurrent Multiplication at Organic/Metal Interface and Surface Morphology of Organic Films, J. Appl. Phys., **87**, 3365-3369 (2000).

有機顔料薄膜で観測される光電流増倍現象が、有機顔料薄膜のモルホロジーに強く依存することを示し、有機/金属界面の非接触部位が増倍電流の引き金となるキャリアトラップとして働くことを明らかにし、Field-assisted Charge Trap の概念を導いた。

- ③ Masahiro Hiramoto, Ken-ichi Nakayama, Ichiro Sato, Hiroyuki Kumaoka, and Masaaki

Yokoyama, Photocurrent Multiplication Phenomena at Organic/Metal and Organic/Organic Interfaces, Thin Solid Films, **331**, 71-75 (1998).

光電流増倍現象が、有機/金属界面だけでなく、有機/有機ヘテロ接合界面でも起こることを見出し、さらに光照射で観測される増倍光電流が、第2の光を重ねて照射することで抑制されることを見出した。この光電流増倍層と有機EL層を積層一体化することで、有機薄膜ではじめて「NOT」光演算が可能であることを示した。

3) 平成9年度採択研究課題

研究代表者名	論文発表		学会発表		外部発表計	特許出願件数
	英文	和文	国際	国内		
井口 家成	213	11	183	150	557	7
小倉 睦郎	34	1	25	12	72	3
讃井 浩平	59	12	65	149	285	13
白田 耕藏	59	5	60	59	183	5
山下 幹雄	97	23	107	190	417	8
合計	462	52	440	560	1514	36

井口 家成 「異方的超伝導体の量子効果と新電磁波機能発現」

- ① T. Imaizumi, T. Kawai, T. Uchiyama and I. Iguchi Tunneling between Dissimilar High-Tc Oxide Superconductors Phys. Rev. Lett. **89** (2002) 017005

異種高温超伝導体を電極とする $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ と $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ のランプエッジ型ヘテロ接合の作製に初めて成功し、そのトンネル特性を調べた。そしてこの接合にジョセフソン電流が流れ、またコンダクタンス特性は d 波の計算結果とほぼ一致した。

- ② I. Iguchi, T. Yamaguchi and A. Sugimoto Diamagnetic Activity above T_c as a Precursor to Superconductivity in $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ Thin Films Nature Vol.412 (2002) 412

アンダードープ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ 薄膜の転移温度 T_c 以上で、その表面の局所磁束を走査 SQUID 顕微鏡で測定することにより、高温超伝導の前駆状態と考えられる反磁性ドメインを発見した。またこのドメインが温度を下げるに従い発展することを示した。

- ③ I. Iguchi, W. Wang, M. Yamazaki, Y. Tanaka and S. Kashiwaya: Angle-resolved Andreev Bound States in Anisotropic d -wave High-Tc $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ Superconductors Phys. Rev. B **62** (2001) R6131

異なった接合角をもつ6つの $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ を電極とするランプエッジ接合を作製し、そのトンネル特性を測定した。そしてゼロバイアスコンダクタンスピークの角度依存性が $d_{x^2-y^2}$ 波対称性のふるまいと一致することを検証した。

小倉 睦郎 「原子層量子ナノ構造のコヒーレント量子効果」

- ① T.G.Kim, X.L.Wang, Y.Suzuki, K.Komori, R.Kaji, M.Shimizu, K.Hikosaka, and M.Ogura, "Characteristics of the Ground State Lasing Operation in V-grooved Quantum Wire Lasers" IEEE J. Selected Topics Quantum Electron. **6** (2000) 511-521.

MOCVD 流量変調法により均一性を改善した GaAs 量子細線を用いて、ファブリペロー型半導体レーザにおける基底サブバンドレベルからの室温発振を初めて達成した。

- ② X.L.Wang and M.Ogura, “Flow Rate Modulation Epitaxy of High-quality V-shaped AlGaAs/GaAs Quantum Wires Using Tertiarybutylarsine as the Arsenic Source” *J. Cryst. Growth* **221** (2000) 556-560.

有機砒素(TBA)を用いたV溝基板上のGaAs量子細線が均一性や、発光効率において、アルシン(AsH₃)を用いた場合よりも遙かに優れていることを明らかにした。

- ③ T. Sugaya, M. Ogura, Y. Sugiyama, K. Matsumoto, Kee-Youn Jang "Observation of negative differential resistance of a trench-type narrow InGaAs quantum-wire field-effect transistor on a (311)A InP substrate" *Appl. Phys. Lett.* Vol. 78, No. 16, pp.2369-2371 (Apr. 16, 2001)
(311)InP基板上にAs₂や原子状水素添加MBEで成長されたトレンチ型量子細線FETを開発し、極めて低いドレイン電圧にて負性抵抗効果を見出した。

讃井 浩平 「自己組織化量子閉じ込め構造に関する研究」

- ① J. Ishi, H. Kunugita, K. Ema, T. Ban and T. Kondo, “Influence of exciton-exciton interactions on frequency-mixing signals in a stable exciton-biexciton system”, *Phys. Rev. B*, **63**, 073303 (2001).

有機・無機複合型物質の励起子共鳴での大きな非線形性の起源を調べるために非縮退方の四光波混合測定を行い、励起子・励起子分子までを含めた7準位モデルで非線形性を解析した。その結果、非線形パラメーターの定量的な評価に成功した。

- ② Y. Takeoka, K. Asai, M. Rikukawa, and K. Sanui, “Incorporation of Conjugated Polydiacetylene Systems into Organic-Inorganic Quantum-Well Structure”, *Chem. Commun.*, 2592-2593 (2001).

新たな有機・無機超格子の構築を目的として、有機・無機層状ペロブスカイト型化合物へのπ共役系高分子(ポリジアセチレン)の導入を試みた。その結果、γ線を用いた固相重合により、ポリジアセチレン-ハロゲン化鉛系新規超格子が得られることが分かった。

- ③ M. Era and S. Ohba, “PbBr based layered perovskite films using Langmuir-Blodgett technizue”, *Thin Solid Films*, **376**(1-2), 232 (2000).

Langmuir-Blodgett法を用いて、ハロゲン化鉛系層状ペロブスカイト型化合物の薄膜化が可能であることを見出した。また、この手法が多様な層状ペロブスカイト型化合物に応用可能であることが明らかとなった。

白田 耕藏「量子固体と非線形光学：新しい光学過程の開拓」

- ① J. Q. Liang, M. Katsuragawa, Fam Le Kien, and K. Hakuta, “Sideband generation using strongly-driven Raman coherence in solid hydrogen”, *Physical Review Letters*, Vol. 85, 2474-2477 (2000).

固体水素のバイブロン系に準備した強結合コヒーレンスを用いることにより、高効率で任意なパラメトリックな非線形サイドバンド発生が、従来厳密な要請とされてきた位相整合の制約なしに、実現できることを示した。

- ② S. Uetake, M. Katsuragawa, M. Suzuki, and K. Hakuta, “Stimulated Raman scattering in liquid hydrogen droplet”, Physical Review A, Vol. 61, 011803R (2000).

液体水素の液滴を用い、可視領域において Whispering Gallery Mode により 10^9 を超える超高 Q 値が達成できることを示した。この液滴をパルスレーザーにより励起すれば、可視・近赤外をカバーするコヒーレントな誘導ラマン系列が実現できることを示した。

- ③ Q. Liang, M. Katsuragawa, Fam Le Kien, and K. Hakuta, “Slow light produced by stimulated Raman scattering in solid hydrogen”, Physical Review A, Vol. 65, 031801R (2002).

真空紫外域まで透明な媒質においても、光パルスの群速度は数桁にわたって制御可能であることを固体水素のバイブロンラマン相互作用を用いて実証した。また、伝播には二つのサイドバンド間の線形結合で表されるノーマルモードが存在することを実証した。

山下 幹雄「サイクル時間域光波制御と単一原子分子現象への応用」

- ① N. Karasawa, R. Morita, H. Shigekawa, M. Yamashita Generation of intense ultrabroadband optical pulses by induced-phase modulation in an argon-filled single-mode hollow waveguide Opt. Lett., 25, 183-185 (2000).

提案した誘起位相変調法により、近赤外・可視から紫外の 700 THz 帯域に渡って位相の確定した超広帯域高出力コヒーレント光波の発生に成功した。この結果は、理論計算結果とよく一致することを確認した。

- ② N. Karasawa, L. Li, A. Suguro, H. Shigekawa, R. Morita, M. Yamashita Optical pulse compression to 5.0-fs by use of only a spatial light modulator for phase compensation”, J. Opt. Soc. Am., B18, 1742-1746 (2001).

500-1000 nm の超広帯域コヒーレント光波を、空間光位相変調チャープ補償法のみにより初めて、4.1 fs・1.78 サイクル光パルス圧縮 (2.5 μ J, 1 kHz) させることに成功した。

- ③ O. Takeuchi, R. Morita, M. Yamashita, H. Shigekawa Development of time-resolved scanning tunneling microscopy in femtosecond range Jpn. J. Appl. Phys. 7B, 4994-4997(2002)

光学的なポンプ・プローブ測定の手法とトンネル電流をプローブ信号とする S T M を融合することにより、時空両極限領域の物性測定が可能な装置・手法の開発に成功した。GaAs(100)の表面のショットキー障壁を対象に実験を行った結果、パルス間隔 t_d を 1fs 程度の精度で制御可能であり、装置の時間分解能が実効的なパルス幅 $\sim$ 30fs にのみ制限されることを確認した(空間分解能 0.1 nm・トンネル電流感度 1 pA)。

3. シンポジウム等

シンポジウム名	日時	場所	入場者数	特記事項
第 1 回シンポジウム	平成 9 年 12 月 18 日、19 日	JA ホール	465	
第 2 回シンポジウム	平成 10 年 12 月 21 日、22 日	JA ホール	430	

第3回シンポジウム	平成11年12月21日、22日	津田ホール	450	
第4回シンポジウム	平成12年12月20日、21日	津田ホール	498	
第1回終了シンポジウム (平成7年度採択課題)	平成13年6月6日	アルカディア 市ヶ谷	273	
第5回シンポジウム& 第2回終了シンポジウム (平成8年度研究課題)	平成13年12月18日、19日	津田ホール	278	
第3回終了シンポジウム (平成9年度研究課題)	平成14年10月22日	アルカディア 市ヶ谷	205	

4. 受賞等

受賞者名	賞の名称	授与者名	受賞日(時期)
清水富士夫	仁科記念賞	仁科記念財団	1997年
中村泰信	仁科記念賞	仁科記念財団	1999年
柏谷聡、 田仲由喜夫	第14回 日本IBM科学賞	日本IBM	2000年
五神真	第15回 日本IBM科学賞	日本IBM	2001年
武笠幸一	文部科学大臣賞	文部科学省	2002年

その他の受賞についてはその他添付資料を参照。

5. その他の重要事項(新聞・雑誌・テレビ等)

特になし。

6. その他の添付資料

- ① 受賞一覧表
- ② 出願特許一覧

7. 中間評価結果、事後評価結果

添付資料参照。

受賞一覧

1/2

量子効果等の物理現象

西 暦 年	賞名	受 賞 者	受賞研究
1997	I E E E フェロ ー賞	山西 正道	His contribution to the theory of electro-optic properties in semiconductor quantum well structures
1998	仁科記念賞	清水 富士 夫	原子波ホログフィーの開拓
1998	応用物理学会講 演奨励賞	藤田 澄、 北林 和 大、 石原 照也	分布帰還型微小共振器中の層状ペロブスカ イト半導体薄膜におけるポラリトン効果
1998	Outstanding Poster Paper Award(IDW'98)	山口 淑久	"Synthesis and Blue Emission from Bis[2-(0-Hydroxyphenyl)naphthoxazolate] Zinc(II) Complex Compounds"
1999	第 4 回日本物理 学会論文賞	大野 圭 司、 島田 宏、 大塚 洋一	Enhanced Magnetic Valve Effect and Magneto-Coulomb Oscillations in Ferromagnetic Single Electron Transistor
1999	Fellow of the American Physical Society	清水 富士 夫	Outstanding contribution to laser spectroscopy, laser cooling and atom optics
2000	第 14 回日本 I B M 科学賞 (物理分野)	柏谷 聡、 田仲 由喜 夫	異方的超伝導体におけるトンネル現象の研 究
2000	第 16 回井上研究 奨励賞	大野 圭司	Enhanced magnetic valve effect and magneto-Coulomb oscillations in ferromagnetic single-electron transistor

西暦年	賞名	受賞者	受賞研究
1999	仁科記念賞	中村泰信	超伝導素子を用いたコヒーレント 2 準位系の観測と制御
2001	第 1 回 Sir Martin Wood 賞	中村泰信	Quantum coherence in single-electron-pair box
2001	第 15 回日本 IBM 科学賞 (物理分野)	五神真	非線形レーザー分光を用いた励起子の量子統計性の研究
2001	応用物理学会 第 2 回光・量子エレクトロニクス 業績賞	山西正道	量子井戸構造における電気光学効果、非線形光学および量子制御発光デバイスの研究
2001	松尾学術賞	白田耕藏	固体水素を用いた量子コヒーレンス非線形光学の研究
2001	花王研究奨励賞	中山知信	C ₆₀ , CaF 単層結晶膜の形成と欠陥導入の原子プロセス研究
2001	2001 年 日本電子顕微鏡学会 論文賞	寺崎治	The structure of MCM-48 determined by electron crystallography
2001	応用物理学会講演奨励賞	中山健一	電荷注入制御型有機トランジスター
2001	応用物理学会講演奨励賞	澁谷憲悟	二次元量子閉じ込め構造を利用した新規超高速シンチレーターの開発
2002	文部科学大臣賞	武笠幸一	磁気顕微鏡の研究
2002	応用物理学会講演奨励賞	道祖尾恭之	金属上単一分子のトンネル電子誘起反応

出願特許一覧（量子効果等の物理現象）

平成 15 年 1 月 31 日

チーム	採択 年度	事業団整理番号	日本国出願番号	特許名称	PCT 出願番号
青野	H 7	A041P17	特願平 11-132857	走査型トンネル顕微鏡、その探針及びそれを用いた微細構造作製方法	PCT/ J P 99/063
青野	H 7	A041P30	特願平 11-360274	電気特性評価装置	PCT/JP00/057
青野	H 7	A041P47	特願 2000-176833	走査トンネル顕微鏡を用いる重合分子鎖の作成方法	
青野	H 7	A041P48	特願 2000-224970	重合分子鎖の作成方法	PCT/JP00/058
青野	H 7	A042P55	特願 2000-265344	コンダクタンスの制御が可能な電子素子	PCT/JP01/07514
青野	H 7	A042P66	特願 2000-314832	チューブ型ピエゾアクチュエーター	
青野	H 7	A041P68	特願 2000-334686	ポイントコンタクトアレイ	PCT/JP01/09464
青野	H 7	A041P84	特願 2001-138103	NOT 回路、およびそれを用いた電子回路	PCT/JP01/09464
潮田	H 7		特願平 10-85770	STM の探針位置固定のためのサーボ機構	
潮田	H 7	A041P09	特願 H10-23426	走査トンネル顕微鏡の銀探針製法	
潮田	H 7	A041P20	特願平 11-167194	走査トンネル顕微鏡のニオブ製探針の製法	
潮田	H 7	A041P25	特願平 11-269847	マニピュレーション制御システム	
潮田	H 7	A041P26	特願平 11-269778	マイクロマニピュレーション方法	PCT/JP00/057
潮田	H 7	A041P27	特願平 11-269779	光回折素子とそれを用いた光合分波器	
潮田	H 7	A041P29	特願平 11-289763	走査トンネル顕微鏡発光集光装置	PCT/JP00/05498
潮田	H 7	A041P41	特願 2000-139463	光導波路結合器	PCT/JP100/08775
潮田	H 7	A041P82	特願 2001-117776	走査トンネル顕微鏡観察のためのイリジウム製探針作成法	
雀部	H 7	A041P19	特願平 11-173395	有機無機複合磁性材料とその製造方法	PCT/ J P 00/039
雀部	H 7	A410P38	特願 2000-54949	SHG 特性を有するポリマーフィルムの製造方法…	SN09/650,296
雀部	H 7	A041P43	特願 2000-76122	分子の絶対配向方向と実効的な二次非線形光学定数との同時測定法およびその装置	
雀部	H 7	A041P90	特願 2001-334925	有機磁性膜（スピン活性分子を用いた高密度磁気記録媒体）	
雀部	H 7	A041P91	特願 2001-311698	分子性スピン素子	
清水	H 7	A041P12	特願平 10-270149	量子暗号システム	PCT/JP99/07098
清水	H 7	A041P44	特願 2000-166768	原子ビーム発生装置	PCT/JP01/01820
清水	H 7	A041P83	特願 2001-100825	原子反射光学素子	PCT/JP02/03196
筒井	H 7	A041P32	特願平 11-345837	有機薄膜エレクトロルミネッセンス素子およびその駆動方法	
筒井	H 7	A410P37	特願 2000-54545	電界発光素子の量子効率を測定する方法及びそれを用いたシステム	
筒井	H 7	A042P51	特願 2000-245210	有機エレクトロルミネッセンス薄膜の作成方法と作製装置	
寺崎	H 7	A041P42	特願 2000-145480	ソフトマテリアルの構造解析法	PCT/JP00/08326
寺崎	H 7	A041P80	特願 2001-038166	骨格構造を有するミクロ多孔体物質の構造決定方法	
廣瀬	H 7		特願平 9-248558	量子構造体を用いた半導体記録装置	

廣瀬	H 7	A041P39	特願 2000-131633	情報処理構造体	PCT/JP01/02469
武笠	H 7		特願平 9-97132	交換相互作用力の測定装置	
武笠	H 7	A041P01	特願平 9-252199	走査型トポグラフィ顕微鏡を用いたサンプル表面の電子スピンの観測・測定方法	
武笠	H 7	A041P02	特願平 9-252200	走査型トポグラフィ顕微鏡を用いたサンプル表面の電子スピンの状態の制御方法及びそのスピンの読み出し方法	
武笠	H 7	A041P03	特願平 9-252201	スピントリカトロン	
武笠	H 7	A041P04	特願平 9-308421	光近接場励起スピントリカトロン走査型トポグラフィ顕微鏡プローブ	
武笠	H 7	A041P05	特願平 10-10807	蛍光検出型モット検出器	
武笠	H 7	A041P06	特願平 10-83994	磁気記録方法及びその磁気記録装置	PCT/JP99/00546
武笠	H 7	A041P07	特願平 10-10426	同軸円筒型 2 次電子引き込み電極及びその電極の調整方法	
武笠	H 7	A041P08	特願平 10-178263	光導波路付き探針及びその製造方法	PCT/JP99/02643
武笠	H 7	A041P11	特願平 10-251486	走査プローブ顕微鏡用探針の作製方法	
武笠	H 7	A041P14	特願平 10-358937	磁気共鳴型交換相互作用顕微鏡及びそれを用いた交換相互作用力の測定方法	PCT/JP99/07098
武笠	H 7	A041P87	特願 2001-322986	スピンプローブによる遺伝子操作方法及びその装置	
武笠	H 7	A041P85	特願 2001-334218	DNA スピンマッピング・医療方法及びその装置	
武笠	H 7	なし(北大)	特願 2001-059440	走査型磁気検出装置、及び走査型磁気検出用探針	
武笠	H 7	なし(北大)	特願 2001-012644	周波数通倍方法及び周波数通倍機	
武笠	H 7	なし(北大)	特願 2001-058528	プローブ及びその製造方法ならびにプローブを有する顕微鏡	
武笠	H 7	なし(北大)		スピントリカトロン	
武笠	H 7	なし(北大)		スピン測定用の分子修飾のカーボンナノチューブ	
武笠	H 7	なし(北大)		半導体上の強磁性体薄膜電極構造の形成方法	
武笠	H7	A041P35		磁気記録方法及びその磁気記録装置	PCT/JP99/00546
家	H8	A042P60	特願 2000-277852	磁性半導体薄膜の製造方法	
大塚	H8	A041P28	特願平 11-277907	不揮発性メモリー	PCT/JP00/06159
大塚	H8	A041P36	特願平 11-352965	金属微粒子秩序構造形成法	PCT/JP00/08638
大塚	H8	A041P113	特願 2002-118471	カセンサ及び力検出装置並びに力検出方法	
岡	H8	A041P86	特願 2001-187021	磁気光学素子	
岡	H8	A041P88	特願 2001-187022	磁気光学素子	
小宮山	H8	A041P21	特願平 11-202261	ミリ波・遠赤外検出器	PCT/JP00/045
小宮山	H8	A041P33	特願平 11-334196	ミリ波・遠赤外検出器	PCT/JP00/045
小宮山	H8	A041P108	特願 2001-373146	固体中核スピン量子演算素子	
小宮山	H8	A041P112	特願 2002-17422	量子ドット赤外光検出器	
小宮山	H8	A041P114	特願 2002-381521	中赤外光単一光子検出器	
山中	H8	A041P31	特願平 11-296342	シリコンクラスレートとその製法	
山中	H8	A041P53	特願 2000-248164	励起子ポラリトン光スイッチ	PCT/JP01/07090
山中	H8	A041P54	特願 2000-292422	非対称分極率分布周期配列型光第二高調波発生装置	
山中	H8	A042P57	特願 2000-271352	結晶材料およびその製造方法	
山中	H8	A042P65	特願 2000-313480	窒化物単結晶とその製造方法	PCT/JP01/08925
山中	H8	A041P74	特願 2000-397352	シリコン結晶材料およびその製造方法ならびに積層体	

山中	H8	A042P75	特願 2001-019740	多孔質体およびその製造方法	PCT/JP02/00166
山中	H8	A041P95	PCT 出願自国指定	周期構造をもつ導波路による狭帯域吸収線を利用した光スイッチ	
山中	H8	A042P115	特願 2002-47523	分子認識機能を有する光触媒	
横山	H8	A040P59	特願 2000-265225	有機共蒸着膜の製造方法	PCT/JP01/06995
横山	H8	A041P45	特願 2000-166769	有機物／金属界面電子注入エネルギーバリアの測定法	PCT/JP00/07698
横山	H8	A042P50	特願 2000-291079	有機光電流増倍デバイス	PCT/JP01/02384
横山	H8	A042P52	特願 2000-265224	樹脂分散有機半導体膜を用いた増倍素子とその製造方法	PCT/JP01/02378
横山	H8	A042P56	特願 2000-290288	有機・無機複合薄膜太陽電池とその製造方法	
横山	H8	A040P62	特願 2000-265226	光電流増幅現象を利用したガス検地方法及びガスセンサー	PCT/JP01/06996
横山	H8	A042P63	特願 2000-265227	有機半導体薄膜太陽電池（有機共蒸着薄膜太陽電池）	
横山	H8	A042P64	特願 2000-315384	光電流増倍型感光体装置	
横山	H8	A042P73	特願 2001-142016	有機光演算デバイス	
横山	H8	A042P77	特願 2000-386074	高速応答光電流増倍装置	PCT/JP01/10458
横山	H8	A042P100	特願 2001-323490	光電流増倍装置及びその増倍率制御方法	
横山	H8	A042P99	特願 2001-301575	高速応答光電流増倍装置	
横山	H8	A042P97	特願 2001-288511	電荷注入制御型有機トランジスター	
横山	H8	A041P111	特願 20002-27437	分子結晶を用いた光電流増倍装置及びその製造方法	PCT/JP02/07822
横山	H8	A042P118	特願 2002-83760	異種有機半導体の混合薄膜による高速応答光電流増倍	
横山	H8	A042P119	特願 2002-265713	直立型超格子、デバイス及び直立型超格子の製造方法	
井口	H9	A041P120	特願 2002-311510	キャップメルト薄膜作製方法と本方法で作成された MgB ₂ 薄膜	
井口	H9	A041P10	特願平 10-262384	超伝導電流検出装置	
井口	H9	A041P15	特願平 11-58702	ミリ波・サブミリ波帯分光装置	
井口	H9	A041P16	特願平 11-164112	超伝導コヒーレント電磁波発振装置及びその製造方法	PCT/JP00/036
井口	H9	A041P18	特願平 11-196723	テラヘルツ帯複素屈折率測定装置	
井口	H9	A041P23	特願平 11-230087	光超伝導回路素子	PCT/JP00/05328
井口	H9	A041P49	特願 2000-308973	複合酸化物系単結晶膜の製造方法及びその方法で製造した複合酸化物系単結晶膜	
小倉	H9	A041P76	特願 2000-404645	量子細線または量子井戸層の形成方法、及び該形成方法により形成された量子細線または量子井戸層を用いた分布帰還半導体レーザー	
小倉	H9	A042P78	特願 2000-094464	負性抵抗電界効果素子	PCT/JP01/08535
小倉	H9	A041P105	特願 2002-51548	量子ナノ構造半導体レーザ、及び量子ナノ構造アレイ	
讃井	H9	A041P40	特願 2000-147507	有機アンモニウム・無機層状ペロブスカイト化合物薄膜の作製方法	PCT/JP00/08944
讃井	H9	A041P46	特願 2000-184604	光信号の超高速時間空間変換方法	PCT/JP00/08365
讃井	H9	A042P58	特願 2000-274233	有機アンモニウム・無機層状ペロブスカイト化合物とその製造方法	
讃井	H9	A041P72	特願 2001-006132	放射線検出装置	PCT/JP01/10763
讃井	H9	A041P71	特願 2000-382274	有機無機層状ペロブスカイト型重合化合物	
讃井	H9	A041P79	特願 2001-036429	有機・無機層状ペロブスカイト型重合化合物	PCT/JP01/10090

讃井	H9	A041P81	特願 2001-104310	臭化鉛系層状ペロブスカイト化合物を 発光層とした電界発光素子	PCT/JP01/11016
讃井	H9	A041P94	特願 2001-231205	放射線検出装置	
讃井	H9	A041P93	特願 2001-223801	ハロゲン化鉛系有機アンモニウム・無機 層状ペロブスカイトの燐光を利用した 電界発光素子	
讃井	H9	A042P102	特願 2001-351085	ポジトロンエミッショントモグラフ装 置	PCT/JP02/07293
讃井	H9	A041P107	特願 20002-061579	放射線検出装置 (A041P94 の優先権主張)	PCT/JP02/07235
讃井	H9	A041P110	特願 2001-369585	放射線検出装置 (A041P72 の優先権主張)	
白田	H9	A041P70	特願 2000-367709	遠赤外検出器および遠赤外検出方法	
白田	H9	A041P69	特願 2000-314832	共振器長可変レーザー共振器とパルスレー ザー光源装置	
白田	H9	A042P96	特願 2001-259787	レーザ変調装置及びレーザ変調方法	
白田	H9	A042P101	特願 2001-303337	波長変換装置及び波長変換方法	
白田	H9	A041P109	特願 2001-36502	共振器及びレーザーの安定化装置	
山下	H9	A041P67	特願 2000-329355	複合型高精度広帯域位相補償・位相制御 装置	PCT/JP01/06865
山下	H9	A041P22	特願平 11-233366	超短パルス広帯域光波発生方法及びそ の装置	
山下	H9	A041P24	特願平 11-259820	超広帯域光パルス発生方法	PCT/JP00/058
山下	H9	A041P34	特願平 11-354871	超広帯域可変波長多重パルス波形整形 装置	PCT/JP00/07699
山下	H9	A041P89	特願 2001-159710	シリコンナノパーティクルのパターニ ング法及びこの方法を用いる有機分子	
山下	H9	A041P104	特願 2001-360047	遅延時間変調型フェムト秒時間分解走 査プローブ装置	
山下	H9	A041P116	特願 2002-143884	自律型超短パルス圧縮・位相補償・波形 整形装置	
山下	H9	A041P117	優先権特許とする	多波長空間位相変調器を用いた光パル ス形状変調時間分解走査プローブ顕微 鏡装置	