

「高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用」  
平成14年度採択研究代表者

石田 武和

(大阪府立大学大学院工学研究科 教授)

## 「超伝導ナノファブリケーションによる新奇物性と応用」

### 1. 研究実施の概要

本プロジェクトでは、実験チームと理論チームが協力しながら、ナノファブリケーション微細加工技法を生かして新奇物性発現や $MgB_2$ 中性子検出器としての応用展開を目指している。

初年度は研究チーム体制を整え、ポストドック研究員の採用、初期設備の導入、キックオフミーティングの開催、原子炉での中性子検出予備実験、 $MgB_2$ 薄膜の作成と微細加工の予備実験、理論チームの計算機資源を確保できるなど研究体制の確立に実があった。

第2年度は、プロジェクトの基盤設備（FIB装置, EDX元素分析装置、ワイヤボンダー、サンプリングオシロスコープ等）の整備、第1回国際ナノファブワークショップ（京都）の開催、超伝導微細構造や $MgB_2$ 検出器のプロセス開発の推進、地球シミュレーターの利用採択、総括助言による研究組織の見直しを行った。具体的には、d-ドットや中性子検出器の大規模計算を実現、原研研究炉で中性子検出予備実験による問題点の整理、20psパルスレーザー照射装置による中性子照射の予備実験体制の構築で成果があった。d-ドット関連の研究ではISS国際超伝導シンポジウムで招待されている。

第3年度は、中間的な研究機器の充実、第2回国際ナノファブワークショップ（大阪）の開催、 $MgB_2$ -AlN-NbNジョセフソン接合の更なる高品質化、全 $MgB_2$ -AlN- $MgB_2$ 接合に世界で初めて成功など大きな成果があった。 $MgB_2$ 検出器に関しては、20psパルスレーザーによる系統的研究により、素子の製作や検出回路への対策を立てることができた。 $MgB_2$ 検出器開発に向けたダイナミクスの大規模解析、d-ドット半整数磁束のマニピレーションの理論提案、超伝導ナノ構造体の理論的計算の進展があった。実験面ではd-ドット作製のプロセス開発が進展し、磁束像の実験と理論の比較を残留磁場の影響の観点で整理した。 $MgB_2$ 素子の作製では技術的バリアーが高い問題（メンブレン化）に直面し、安定した素子の作製を目指し条件出しに多大な時間を投入した。

今後は、更に超伝導ナノファブ리케이션の手法を高度化し、高品質の超伝導構造体の作製と物性評価、及びMgB<sub>2</sub>素子の作製に務める。また、MgB<sub>2</sub>素子の測定計の抜本的な見直しをして、原研研究炉での中性子検出実験の検証を目指す。また、超伝導ナノ構造体の理論の系統的な整備を行う。

## 2. 研究実施内容

### I. チーム全体としてのまとめ

この年度は、初期投資として整備した先端機器を活用して、具体的な研究実施を推進した。また、整備が遅れていた中間的な研究機器の充実に努力した。①研究の次段階を見据え、情報通信研究機構（旧通信総合研究所）にMgB<sub>2</sub>蒸着用のチャンバーを導入して、蒸着法による高品質MgB<sub>2</sub>薄膜装置の立ち上げを開始した。②府立産業技術総合研究所にダイシングソーを導入し、試料作製設備の充実に達成した。③CREST研究推進に必要な中型装置（FIB用マイクロサンプリング、X線回折装置改造、イメージングプレートX線回折装置、精密ワイヤーソー、小型電気炉、ヘリウム回収風船改修など）の充実に図った。④安定した研究の推進のためには集束イオンビーム加工装置FIBや走査型SQUID顕微鏡などの大型装置の維持・運転のための予算措置（保守契約）や人員の講習会等での教育訓練を行った。⑤第2回国際ナノファブワークショップ（NFS2004、大阪）を12月に開催し、チームからの発信と欧米、アジアの研究者との国内研究者の交流を実現させた。⑥原研東海実験グループ派遣の博士研究員は様々なルートでの募集要項の周知、候補者面接試問の実施、個人ルートで依頼など全力を挙げて選定にあたったが適任者を見出すことができなかった。⑦情報通信研究所のグループは高品質のMgB<sub>2</sub>-AlN-NbNジョセフソン接合の作製に成功し、さらにMgB<sub>2</sub>-AlN-MgB<sub>2</sub>接合に世界で初めて成功するなど大きな成果があった。⑧MgB<sub>2</sub>検出器に関しては、20psパルスレーザーによる系統的研究により、サンプル作成条件、検出回路の仕様などの目途をつけた。⑨地球シミュレーターを用いて、MgB<sub>2</sub>検出器のダイナミクスの比類無き大規模解析を行い検出器開発へ向けて大きな成果となった。⑩第3年度までのMgB<sub>2</sub>素子研究は固体物理誌に17ページの解説記事としてまとめた。⑪地球シミュレーターを用いて、d-ドットの擬スピンマニピュレーション方法の提案と計算による実証した。⑫d-ドットに関して、サンプル作りが大いに進展した。⑬d-ドットの磁束像に関して実験と理論の比較のために残留磁場の影響の理論的解析を行い、実験結果と矛盾しない結果を得た。⑭この年度は、研究代表者はドイツでの超伝導ナノ構造体国際会議とインドの磁束線物理国際会議で招待講演、ベルギーではMgB<sub>2</sub>関連の機関訪問講演を実施している。⑮秋の日本物理学会では、理論・実験ともd-ドットの研究でシンポジウム講演に招待された。

## II. 研究項目ごとのまとめ

### **研究項目**：超伝導ナノ構造体の物性解明と新奇秩序設計

#### 1. 超伝導ナノ構造の作製

チームとして持っているポテンシャルやCRESTで整備したナノテクインフラを超伝導ナノ構造体の作製に活かす努力を行った。PbやNbなどの小さなGLパラターをもつ等方的超伝導体に周期的な孔をナノファブリケーション技法で加工作製に成功した。試料作製は、電子ビーム描画装置EBや集束イオンビーム加工装置FIBでNb, Pbを中心に様々な格子系を実際に作製した。大面積の加工については研究の効率を上げるためにフォトリソグラフィの手法も併用した。初年度購入したSQUID顕微鏡で磁束分布の観測を開始したが、第二年度の終盤でようやく磁束量子分布の観測できる超伝導微細孔ネットワークの作製に成功した。その過程でConventional超伝導体Pbの膜厚をある程度厚くしないといけないことが明らかになった。これは、有効磁束侵入長の問題であり、作製に用いたリフトオフ手法ではあまり厚いPb膜を作製できないためであった。膜厚最適化の問題として、条件出しを行った。第三年度は、電子ビーム描画装置による試料作製、SQUID顕微鏡による磁束量子観測、SQUID磁力計による磁化測定など系統的に実施できる世界に例を見ない研究体制を固めた。

#### 2. 超伝導ナノ構造の理論

実験と呼応して理論の研究も進展した。BdG方程式を有限要素法や大規模数値対角化手法を用いて、微小な超伝導体中で生じる巨大磁束や、反磁束のナノスケール超伝導電子状態の計算を実施した。ナノ超伝導系が、磁場印加、物質の構造により非一様性を有する場合、超伝導対称性の影響、ナノ形状の効果について、数値的解析によって細かく考察した。ナノスケールの超伝導ネットワークに関して、de Gennes-Alexander理論、およびGinzburg-Landau理論に基づき相転移温度の磁場依存性を議論した。メビウスの帯超伝導体の相転移に伴うLittle-Parks振動に関してメビウスの帯特有の超伝導状態を予言し、コルビノ円盤型超伝導体などの閉じこめられた渦糸系のダイナミクスの数値シミュレーションにより異常の一端を明らかにした。

### **研究項目**：dドット系の基本的性質や超伝導位相整列

#### 1. dドットのアイデア

dドット（s波マトリックスに埋め込まれた一つのd波ドット）のコーナーには自発的に半整数量子化磁束 $\pm \Phi_0/2$ が生じる。ちょうどスピンの様であり、擬スピンと名づけた。単純な幾何学的対称性、量子二準位系、擬スピン系、ゼロ磁場磁束量子デバイス、擬スピンマニピレーション、メモリー、多体系を構成するための基本要素、エキゾチックな秩序（強磁性的、反強磁性的、・・・）などの展開が予想されるのがd-ドット系である。磁束線物理国際会議の招待講演などの機会に発表しコミュニティでは興味を示して頂いている。別の観点で述べれば、新物質開発や結

晶純良化などの従来アプローチとは異なる、キメラのように人間の手で異なる電子状態を自在に設計・接合することによる新たな物性発現の舞台装置を指向している。

## 2. dドットの作製

信頼できるd-ドットを作製することが第一義的に重要であった。第二年度に導入した集束イオンビーム加工装置FIBをチューニングすることや、装置トラブルへの対処などに時間を取られたが、FIB運転のための実験補助員の養成も着実に進展した。加工時間の問題など試料作製を効率的に行うために既存技術であるフォトリソグラフィ装置、電子ビーム描画装置、FIB加工をうまく組み合わせて行うことが必要であった。第二年度にはレーザーアブレーションによるYBCO薄膜の作製条件の最適化も行った。その際、京大化研、府立産総研、大阪府大の3台のレーザーアブレーション装置を利用して比較検討した。その結果、大阪府立大学のクリーンルームに設置してあるレーザーアブレーション装置で相当高品質のYBCO薄膜を育成することに成功した。FIB装置、SEM装置はすぐ近くに設置されており、試料作製環境が良くなった。現時点で、半整数磁束の明確な観測には成功しているとは言い難いが、残留磁場の影響であると考察できた。

## 3. dドットの理論

d-ドットの提案は物理的描像に基づいていたが、プロジェクト開始後直ちに理論的裏付けに着手した。速やかにGinzburg-Landau理論で予想通りの磁束分布を得た。d-ドットの時間依存Ginzburg-Landau方程式を用いて、磁場、電流、レーザーによる擬スピン制御の方法を探った。大規模並列数値シミュレーションによるBogoliubov-de Gennes方程式で準粒子を扱うことができるようになり、STSなどの手法を睨んでd-ドットの準粒子構造を明らかにした。d-ドットの超伝導位相のダイナミクスを引き続き調べ、s波超伝導体とd波超伝導体からなる微小な $0-\pi$ ジョセフソン接合系の位相ダイナミクスに対する量子論を建設し、generalized sine-Gordon方程式に基づくsingle-dot系の2準位量子論を完成させた。位相の量子論的挙動を利用したデバイス応用の可能性がある。我々のチームが関連研究の世界的理論研究の基地となっている。

## **研究項目** : **MgB<sub>2</sub>中性子検出器の開発**

### 1. 測定の原理

中性子は電荷をもたないことから極めて検出が困難である。中性子が $^{10}\text{B}$ と衝突すると、 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ 核反応により、2.35MeVの核エネルギーが解放される。核反応断面積は熱中性子に対して3840バーン( $10^{-24}\text{ cm}^2$ )に達する。 $\alpha$ 粒子(1.47MeV)に対する飛程は、 $3.76\text{ }\mu\text{m}$ 、 $^7\text{Li}$ 粒子(0.88MeV)の飛程は $1.96\text{ }\mu\text{m}$ であり、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度のナノファブリケーション微細加工が必要となった。 $\text{MgB}_2$ の転移温度近傍での比熱は $C_p=0.8\text{ J/moleK}$ を考慮し、半径 $1\text{ }\mu\text{m}$ の球状空間にこの熱が解放されると約1.5Kの局所的な温度上昇が起きる計算となった。 $\text{MgB}_2$ の高品質薄膜に微細加工を施したストリップラインに核反応

超伝導ホットスポットを検出できる。

## 2. いろいろな実験的アプローチ

検出器としての基礎実験は原研東海研究所の研究炉JRR-3で行うが、原子炉の運転免許の関連で運転時期と配分されるマシンタイムが限定される。放射性同位元素からの核分裂中性子や  $\alpha$ 線を利用して実験を進められないか検討した。また、より系統的な研究のために20psのパルスレーザーを用いた研究を進展させた。特にレーザーの可変減衰器を利用して、系統的に検出器素子を評価した。レーザー試験の結果、この素子では一秒間に $10^6$ カウント以上の性能を持つことを実証することができた。これは、J-PARCで要求されている性能を上回る初めての検出器となりえることを検証したことになる。

## 3. 地球シミュレーターの利用

MgB<sub>2</sub>中性子検出器のシミュレーションとして、時間依存ギンツブルクランダウ方程式と熱拡散方程式を用いた大規模並列数値シミュレーションを実施した。地球シミュレーターを利用し、世界で初めて $\mu\text{m}$ スケールの3次元超伝導薄膜の非平衡数値シミュレーションに成功した。これにより、MgB<sub>2</sub>中性子検出の時空間分解能を決定し、原理的に高速検出（ナノsec程度のパルス幅で検出）が可能であることが分かった。

## 4. AlNバッファ層によるMgB<sub>2</sub>薄膜の面内配向性の改善

MgB<sub>2</sub>薄膜のas-grown薄膜における配向性の改善を目指した。AlN薄膜をc面サファイア基板とMgB<sub>2</sub>薄膜のバッファ層として使用し、薄膜の配向制御に取り組んだ。AlN薄膜をバッファ層に使用することにより、六方晶のAlNはc面サファイア基板に対し30°回転し成長し、MgB<sub>2</sub>薄膜はAlN薄膜上で同方向と30°回転した結晶成長が確認できた。AlNバッファ層なしでは、面内配向性は全く確認できなかったことから、AlNバッファ層が結晶の面内配向性を促進していることが確認された。

## 5. 共蒸着法によるMgB<sub>2</sub>薄膜の作成

より高品質のAs-grown薄膜作成を目指して、共蒸着法による成膜条件の最適化の実験を開始している。蒸着チャンバーにおいては、Mgを熱蒸着、Bを電子ビーム蒸着によりそれぞれを独立にレート制御した蒸着を行う。現在、Mgの蒸着レート125 Å/s、Bの蒸着レートを20 Å/s、基板温度を362°Cとしたとき、オンセットで35.7K、オフセットで34.7Kの臨界温度が得られている。Mgの高蒸着レートが基板上の局所的なMg圧を上げ、35K程度の臨界温度を持つMgB<sub>2</sub>薄膜の作製に成功した。

### **研究項目** : MgB<sub>2</sub>トンネル接合中性子検出器の開発

#### 1. 測定原理

MgB<sub>2</sub>-AlN-MgB<sub>2</sub>などのMgB<sub>2</sub>のみのトンネル接合が次の大きな研究ターゲットである。素子のなかで核反応をおこし、直接準粒子を励起し、接合に電圧をかけて準粒子（電子やホール）を電極に引き寄せて外部にパルス信号として取り出す。金属中での電子やホールの移動度や熱伝導度は大きいので、この検出器は高速動作が可能である。

## 2. MgB<sub>2</sub>トンネル接合の試作に成功

スパッタリングにより作製したMgB<sub>2</sub>薄膜を用いて、SIS(超伝導-絶縁体-超伝導)接合の作製を試みて、現在、MgB<sub>2</sub>/AlN/MgB<sub>2</sub>接合の作製に世界ではじめて成功した。電流-電圧特性において、明瞭なジョセフソン電流とギャップ構造が確認された。これらの結果をもとに、将来のデバイス応用に向けた最適な接合の作製を試みている。

### **研究項目** : MgB<sub>2</sub>の基礎物性

#### 1. 単結晶育成

MgB<sub>2</sub>の応用面での進展を支えるために基礎物性の研究も推進した。気相反応法によるMgB<sub>2</sub>の単結晶の育成は大阪府大のアルゴン高圧炉、スーパーカンタル炉を用いてモリブデンシートで内張したステンレス管を坩堝とし、MgとBを原料とし様々な条件出しを行った。また、参照物質としてNbB<sub>2</sub>単結晶の育成をトリアーク炉で試みたが、高融点、相分離のため引き上げの条件が大変難しく困難を極めている。

#### 2. 物性評価

MgB<sub>2</sub>単結晶の磁気トルク異方性など系統的に研究を行った。大阪府立大学の自作のパルス磁場についても、MgB<sub>2</sub>の高いH<sub>c2</sub>に対応するために35Tまで磁場出力を上げること成功した。

#### 3. コミュニティーの形成

議論の場を積極的に提供し、わが国におけるMgB<sub>2</sub>の研究を総合的に支援し、相乗効果を期待し、NFS2003、NFS2004とワークショップを開催した。

### **研究項目** : その他の基礎物性

#### 1. 新奇超伝導発現機構へのアプローチ

原研計算科学(理論)では、超伝導を模擬するフェルミ原子ガス系の新奇超流動発現機構を超大規模行列の対角化計算により探索した。ハバードモデル+トラップポテンシャルの系において反発力Uやトラップの位置を制御することにより、4つの相(超流動、常磁性、反強磁性、強磁性)を自在にコントロールできることを示し、PRL誌に論文として受理された。これらの発現機構を調べることは、固体物理の難問である強相関電子系をトラップされたナノスケール系という新たな視点である。この予言された超伝導は、トラップされたフェルミ原子系においては近い将来実現する可能性がある。

#### 2. π-d系有機磁性半導体における強磁性発現

大阪府大先端研の杉本グループ(小林チーム)と共同でπ-d系有機磁性半導体における強磁性発現機構の解明を目指した。2:1電荷移動塩(EDT-TTFV0)<sub>2</sub>FeBr<sub>4</sub>は、低磁場パルスで強磁性転移温度を新たに開発した共振回路法で精密に評価し、強磁場では飽和磁化を測定した。共振回路法は、強磁性転移温度が低く常磁性ブリルアン関数との区別が不明確な場合に特に有効である。最近、1:1の電荷移動塩(BEDT-

TTFVS)FeBr<sub>4</sub>を開発し、これが2K付近で強磁性を示すことを見いだした。

### 3. コバルト酸化物の電気伝導

最近発見されたコバルト酸化物超伝導の本質は、層状三角格子を形成するCoO<sub>2</sub>層における強相関物理と考えられている。府立大では3.5 Tパルス強磁場を用いて、ミスフィットCoO<sub>2</sub>層化合物Ca<sub>3</sub>Co<sub>4</sub>O<sub>9</sub>のCaサイトをYで置換した系の磁気抵抗を系統的に測定し、ゼロ磁場抵抗が大きいほど負の磁気抵抗が増大するという結果を得た。この異常な振る舞いは、CoO<sub>2</sub>層の磁気伝導機構がトンネル磁気抵抗効果で説明した。CoO<sub>2</sub>層のCoイオンが絶縁相と伝導相に電荷分離しているという仮説を考えている。

## 3. 研究実施体制

### 関西地区実験グループ

- ① 研究分担グループ長：石田 武和（大阪府立大学大学院工学研究科、教授）
- ② 研究項目：超伝導ナノファブリケーションによる超伝導微細系の設計・製作

### 原研東海地区実験グループ

- ① 研究分担グループ長：岡安 悟（日本原子力研究所 先端基礎研究センター、副主任研究員）
- ② 研究項目： MgB<sub>2</sub>超伝導検出器の開発と実証実験

### 超伝導理論グループ

- ① 研究分担グループ長：加藤 勝（大阪府立大学大学院工学研究科、助教授）
- ② 研究項目： スーパーコンピューターを用いた超伝導微細系の理論計算

## 4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

### (1) 論文発表

- 整理番号 160101097

著者氏名 K. Kitamoto, Y. Taguchi, K. Mimura, K. Ichikawa, S. Kawamata, T. Ishida, and O. Aita

論文題目 Valence state of Mn in charge-ordering Pr<sub>0.5</sub>Ca<sub>0.5</sub>MnO<sub>3-δ</sub> studied by Mn 3s photoemission spectroscopy

書誌事項 Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Vol.137-140, P.747-750. (2004)

公表日付 20040318

- 整理番号 160101056

著者氏名 Masuo Yamamoto, Satoru Noguchi, Shuichi Kawamata, Keiichi Koyama, and Takekazu Ishida

論文題目 DEPolarisation PEAK AT 34 GHz ACCOMPANYING CHARGE ORDERING

TRANSITION IN

$\text{Pr}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{MnO}_{3-\delta}$

書誌事項 Journal of Magnetism and Magnetic Materials (Elsevier B. V.),  
Vol.272-276, P.288-289 (2004)

公表日付 20040500

○ 整理番号 160101057

著者氏名 S. Noguchi, S. Miyagawa, H. Aruga Katori, and T. Ishida

論文題目 HALL EFFECT AND SPECIFIC HEAT UNDER MAGNETIC FIELDS IN CeSi

書誌事項 Journal of Magnetism and Magnetic Materials (Elsevier B. V.),  
Vol.272-276, P.e1533-e1534 (2004)

公表日付 20040500

○ 整理番号 160102034

著者氏名 加藤勝, 赤穂雅之, 町田昌彦, 小山富男, 石田武和

論文題目 Structure of Magnetic Flux of Nano-Scaled Superconductors

書誌事項 Journal of Magnetism and Magnetic Materials (Elsevier B. V.),  
Vol.272-276, P.171-172 (2004)

公表日付 20040500

○ 整理番号 160101081

著者氏名 Takuya Matsumoto, Toyonari Sugimoto, Hiroko Aruga Katori, Satoru  
Noguchi, and Takekazu Ishida

論文題目 Ferrimagnetic Ordering Due to Fe(III) d and Donor  $\pi$  Spins in  
(Ethylenedithiotetrathiafulvalenoquinone-1,3-dithiolemethide) $_2 \cdot \text{FeBr}_4$

書誌事項 Inorganic Chemistry, Vol.43, No.13, P.3780-3782 (2004)

公表日付 20040528

○ 整理番号 160102043

著者氏名 町田昌彦, 小山富男, 加藤勝, 石田武和

論文題目 Direct Numerical Experiments for Neutron Detection using Super-  
conductor  $\text{MgB}_2$

書誌事項 Nucl. Instrum. Methods, Vol. 529, No.1-3, P.409-412 (2004)

公表日付 20040821

○ 整理番号 160101060

著者氏名 三木茂人, 高橋健一, 藤原大祐, 島影尚, 王鎮, 佐藤和郎, 四谷任, 森  
脇耕介, 福田宏樹, 岡安悟, 片桐政樹, 森井幸生, 北條喜一, 新村信雄, 石田武和

論文題目 Nanofabrication of superconducting  $\text{MgB}_2$  neutron detector

書誌事項 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A,  
Vol.A529, No.1-3, P.405-408 (2004)

公表日付 20040821



- 整理番号 160102055  
著者氏名 Tomio Koyama  
論文題目 Optical response of the Josephson vortex lattice in a stack of intrinsic Josephson junctions  
書誌事項 J. Phys. Soc. Jpn., Vol. 73, No.9, P. 2505-2511 (2004)  
公表日付 20040900
- 整理番号 160102032  
著者氏名 Tomio Koyama, M. Machida, M. Kato, and T. Ishida  
論文題目 Phase Dynamics in a d-dot embedded in a s-wave superconductors  
書誌事項 Physica C (Elsevier), Vol.412-414, P. 358-361 (2004)  
公表日付 20041000
- 整理番号 160102036  
著者氏名 加藤 勝, 赤穂雅之, 町田昌彦, 小山富男, 石田武和  
論文題目 Ginzburg-Landau calculations of d-wave superconducting dot in s-wave superconducting matrix  
書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, P. 352-357 (2004)  
公表日付 20041000
- 整理番号 160102037  
著者氏名 佐藤修, 加藤 勝  
論文題目 Fluxons in superconductive networks  
書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, P. 262-265 (2004)  
公表日付 20041000
- 整理番号 160102038  
著者氏名 赤穂雅之, 町田昌彦, 小山富男, 石田武和, 加藤 勝  
論文題目 Vortex state of nano-scaled superconducting complex structures (d-dot)  
書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, P. 544-547 (2004)  
公表日付 20041000
- 整理番号 160102039  
著者氏名 末松久孝, 町田昌彦, 小山富男, 石田武和, 加藤 勝  
論文題目 Finite element method for Bogoliubov-de Gennes equation: Application to nano-structure superconductors  
書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, P. 548-551 (2004)  
公表日付 20041000
- 整理番号 160102033  
著者氏名 Tomio Koyama  
論文題目 Phase oscillation modes of a Josephson vortex lattice in layered

high- $T_c$  superconductors

書誌事項 Physica C (Elsevier), Vol.412-414, P. 407-410 (2004)

公表日付 20041000

○ 整理番号 160101055

著者氏名 Kazumasa Katayama, Yuzo Yoshida Takato Machi, Seiji Adachi, and Takekazu Ishida

論文題目 Coexistence of superconductivity and spin density wave in underdoped  $YBa_2Cu_4O_8$

書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, P.526-529 (2004)

公表日付 20041001

○ 整理番号 160101149

著者氏名 Toshiyuki Atsumi, Mingxiang Xu, Hideaki Kitazawa, and Takekazu Ishida

論文題目 Multiple superconducting gaps in  $MgB_2$  single crystals from magnetic torque

書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, Part 1, P.254-257 (2004)

公表日付 20041012

○ 整理番号 160101150

著者氏名 Hirokazu Yoshikawa, Kuniaki Sata, Shin' ichiro Nakata, Osamu Sato, Masaru Kato, Jyunpei Kasai, Tetsuya Hasegawa, Kazuo Satoh, Tsutomu Yotsuya, and Takekazu Ishida

論文題目 Vortex configurations in the nanofabricated network of Nb: direct observations and calculations

書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, P. 552-556 (2004)

公表日付 20041012

○ 整理番号 160101151

著者氏名 Ken' ichi Takahashi, Shigehito Miki, Kazuo Satoh, Kosuke Moriwaki, Koki Fukuda, Tsutomu Yotsuya, Hisashi Shimakage, Zhen Wang, Satoru Okayasu, Masaki Katagiri, Yukio Morii, Kiichi Hojou, Nobuo Niimura, and Takekazu Ishida

論文題目 Neutron detector by using a metallic high- $T_c$  superconductor  $MgB_2$

書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, Part 2, P.1597-1601 (2004)

公表日付 20041012

○ 整理番号 160101152

著者氏名 Shigehito Miki, Ken' ichi Takahashi, Daisuke Fujiwara, Hisashi Shimakage, Kazuo Sato, Tsutomu Yotsuya, Kousuke Moriwaki, Hiroki Fukuda,

Atsushi Saito, Zhen Wang, and Takekazu Ishida

論文題目 Superconducting dc characteristics of meander lines made by  $^{10}\text{B}$  enriched  $\text{MgB}_2$  thin films

書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol. 412-414, Part 2, P.1387-1390 (2004)

公表日付 20041012

○ 整理番号 160102112

著者氏名 Masahiko Machida, Tomio Koyama, Masaru Kato, and Takekazu Ishida

論文題目 Electronic Structure of a Half Quantized Vortex

書誌事項 Physica C (Elsevier B. V.), Vol.412-414, Part 1, P.367-371 (2004)

公表日付 20041012

○ 整理番号 160101103

著者氏名 Takeyuki Sekimoto, Satoru Noguchil, and Takekazu Ishida

論文題目 Electron doping effect on the magnetic and electric properties of  $\text{Ca}_{3-x}\text{Y}_x\text{Co}_2\text{O}_6$

書誌事項 Journal of the Physical Society of Japan, Vol.73, No.11, P.3217-3218 (2004)

公表日付 20041115

○ 整理番号 160102078

著者氏名 Masahiko Machida, Susumu Yamada, Yoji Ohashi, and Hideki Matsumoto

論文題目 Novel superfluidity in a trapped gas of Fermi atoms with repulsive interaction loaded on an optical lattice

書誌事項 Physical Review Letters, Vol.93, No.20 200402\_1-4 (2004)

公表日付 20041116

○ 整理番号 160101101

著者氏名 Ken'ichi Takahashi, Toshiyuki Atsumi, Nariaki Yamamoto, Mingxiang Xu, Hideaki Kitazawa, and Takekazu Ishida

論文題目 Reply to "Comment on 'Superconducting anisotropy and evidence for intrinsic pinning in single crystalline  $\text{MgB}_2$ '"

書誌事項 Physical Review B, Vol.70, No.22, P.226502\_1-2 (2004)

公表日付 20041201

○ 整理番号 160101079

著者氏名 S. Noguchil, T. Sekimoto, and T. Ishida

論文題目 TUNNELING MAGNETORESISTANCE OF MISFIT LAYERED COBALTITE  $\text{Ca}_{3-x}\text{Y}_x\text{Co}_4\text{O}_9$  ( $x = 0, 0.1, 0.2$ )

書誌事項 Journal of Physics, Vol.16, No.48, P.S5769-S5772 (2004)

公表日付 20041208

(2) 特許出願

H16年度特許出願件数：2件（CREST研究期間累積件数：2件）