

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2004～2008

課題番号：16076208

研究課題名（和文） 光キャリアドーピングによる遷移金属酸化物の物性制御

研究課題名（英文） Photocarrier doping to transition metal oxides

研究代表者

廣井 善二 (HIROI ZENJI)

東京大学・物性研究所・教授

研究者番号：30192719

研究成果の概要：様々な遷移金属酸化物を対象として、高品質の薄膜作製を行い、紫外線を照射することによって光キャリアドーピングを行い、それに伴う物性の変化を輸送特性の評価および光電子分光実験を通して詳しく調べた。その結果、光キャリアドーピングに伴うキャリアの導入と電気抵抗の大きな変化、および、ケミカルポテンシャルの可逆シフトを観測した。また、透明半導体である二酸化スズ薄膜において、顕著な光照射効果を発見し、その機構を明らかにした。さらに、銅酸化物超伝導体やマンガンペロブスカイト酸化物において光電子分光実験により、光キャリアドーピングの効果と電子状態の変化に関する重要な知見が得られた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	8,400,000	0	8,400,000
2005年度	13,500,000	0	13,500,000
2006年度	8,000,000	0	8,000,000
2007年度	8,200,000	0	8,200,000
2008年度	7,900,000	0	7,900,000
総計	46,000,000	0	46,000,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性

キーワード：強相関電子系、光物性、薄膜、光電子分光、光ドーピング

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、遷移金属酸化物を舞台として高温超伝導や巨大磁気抵抗などの重要な発見がなされ、強相関エレクトロニクスと呼ばれる新たな応用研究領域が発展しつつある。これらの現象はモット絶縁体に化学的要素置換を施してキャリアドーピングを行った結果現れたものであり、その物性はキャリア密度の関数として幅広く制御可能である。しかしながら、従来の化学置換法では一連の試料作製に多大な時間を要し、また、化学置換に伴

う局所的な構造の乱れがしばしば物性データの解釈を複雑にしている。デバイスとしての応用を目差して真の物性制御を行うためには、何らかの外場による動的なキャリア密度制御を行うことが必要である。ここ数年ベル研のグループによってFET構造における強電界を利用してこれを行った結果が報告されたが、残念ながらその結果は否定されている。

(2) 光は遷移金属酸化物における物性制御のための有用な外場である。銅酸化物高温超

伝導体やマンガンペロブスカイトにおいてこれまで多くの光キャリアドーピングが試されてきたが、顕著な効果が得られた例はほとんどない。例えば銅酸化物超伝導体では光照射により僅かな超伝導転移温度の変化(せいぜい数K)が起こることが報告されているが、その変化は非常に遅く(分、時間単位)また、照射をやめても戻らない場合が多い。マンガン酸化物では阪大の川合グループによって(La,Sr)MnO₃/SrTiO₃ヘテロ接合における光キャリアドーピング効果が報告されている。彼らによると紫外光の照射によってSrTiO₃に発生した電子が(La,Sr)MnO₃膜に導入されてその電気抵抗が2割程度上昇する。その変化の大きさから導入されたキャリアの量は僅かであると思われる。一方、マンガン酸化物薄膜に強力なレーザを照射することによって、絶縁体から金属への大きな伝導度の変化が観測されているが、これも不可逆であり、光による物性制御には至っていない。

2. 研究の目的

(1) 本研究ではTiO₂やSrTiO₃などのチタン酸化物の光活性に着目し、これと遷移金属酸化物の良質なpn接合を利用することにより光起電力効果を利用して、遷移金属酸化物への光キャリアドーピングを行うことを目指す。本研究の特徴は、チタン酸化物基板としてこれまで用いられてきた絶縁体ではなくn型にドーピングされた結晶を使用することにある。この時、接合のバンド構造を考えるとチタン酸化物基板内で光生成された電子とホールのうち、ホールのみが選択的に遷移金属酸化物薄膜へ効率的に注入されることが期待される。実際、本研究代表者らは、VO₂/TiO₂:Nbヘテロ接合において、VO₂の低温絶縁体相(高温相は金属)の電気抵抗が光照射によって数桁減少し金属化することを発見した。この変化は完全に可逆的であり、ミリ秒以下の時間スケールにおいて起こる。よって従来報告されてきた現象とは全く異なるものであり、その機構解明とこれを用いた応用が期待される。また、この手法(光キャリア注入法:PCI法)は他の遷移金属酸化物にも応用可能であり、今後の大きな研究の発展が予想される。

(2) 光キャリア注入によって生じる最も明確な物性変化は、界面におけるバンドの曲がり起電力である。これを直接観測するために、本研究では価電子帯および内殻準位のシフトを光電子分光法により観測する。これによって、ヘテロ接合界面における電荷分布の変化、ダイポールの形成、電子状態の変化についての知見、およびそれらの光制御に関する指針を得ることを目指す。ヘテロ界面の電子状態の研究によく用いられる光学測定では、最も重要な量のひとつであるフェルミ準

位の決定が原理的に不可能で、光電子分光測定が不可欠である。

(3) 本研究の目的は、チタン酸化物をベースとした様々な遷移金属酸化物ヘテロ接合を作製し、フォトキャリアドーピングを行うことによってその物性を制御することにある。基礎研究においては、従来、化学置換法に頼ってきたキャリア制御をよりクリーンなフォトキャリアドーピングに変えることができ、その結果としてこれまで謎であった様々な物性の解明につながるものと期待される。また、光照射により、動的なキャリア制御を行うことが可能になれば、様々なデバイスとしての応用への道が開けると思われる。特に光スイッチ、光センサー、太陽電池、超伝導デバイスとして、また、磁場と光を用いた新たな電子デバイスへの応用に向けた基礎的なデータを蓄積することが本研究の大きな目的である。

3. 研究の方法

(1) 高温超伝導銅酸化物薄膜における超伝導転移温度の制御。銅酸化物高温超伝導体であるYBa₂Cu₃O_{7-δ}(YBC)の良質なエピタキシャル薄膜の作製する。基板としてn型半導体であるNbをドーピングしたSrTiO₃単結晶を用い、レーザーアブレーション法により作製したヘテロ接合に、基板のバンドギャップより大きなエネルギーを有する紫外線を照射し、これによって基板中に生成したホールをYBC薄膜に注入し、ホール量を増大させることが出来る。さらに効率を高め、注入量を増やすために様々な試料を作製し、その評価を行う。例えば、界面での乱れによるホールのトラップを抑えるため、人工的に基板表面のステップを制御した基板を作製し、この上にエピタキシャル成長させることで、より高品質の膜作りを行う。さらに局所的なホール濃度を高めるために、YBCと同じ結晶構造を有し、超伝導を示さないPrBa₂Cu₃O_{7-δ}でYBCをサンドイッチし、YBCの膜厚を2ユニットセルまで薄くした超構造薄膜を作製する。これは基板から流れ込むホールをYBC超薄膜に濃縮することを目指すものである。

(2) YBCとは異なるタイプの超伝導体Nd₂CuO_{4-δ}はn型のキャリアを有するため、光によりホール注入を行うとそのキャリア濃度は減少すると予想される。これを確かめる目的で、Nd₂CuO_{4-δ}/SrTiO₃:Nbヘテロ接合を作製する。これに紫外線照射を行い、超伝導転移温度に対する効果を調べる。

(3) マンガン酸化物におけるフォトダイオード特性。巨大磁気抵抗を示すことで有名なマンガンペロブスカイト酸化物にも光キャリア注入を応用し、(La,Sr)MnO₃/SrTiO₃:Nbヘテロ接合が極めて良好な光ダイオードとして働くことを示す。室温と低温での電流一

電圧特性や誘電性の変化から、そのキャリア注入量を精密に求め、銅酸化物とほぼ同程度のキャリア注入がなされていることを確認する。

(4) 遷移金属酸化物ヘテロ界面における光照射効果。以上の研究の大きな展開をさらに進展させ、これを実際のデバイス応用へと結びつけることが極めて重要である。遷移金属酸化物における化学ドーピングによるフェルミ準位のシフトに関して、系統的な光電子分光実験を行っており、多くの知見の蓄積がある。酸化物半導体 p-n 接合におけるバンドの折れ曲がりをスペクトルのシフトから評価する方法を確立しつつあり、光ドーピングによるバンドの折れ曲がりの変化の測定に応用できる。

(5) 高移動度半導体薄膜への光キャリア注入。キャリアが高移動度で動きうる酸化物半導体薄膜を作製する。SnO₂, In₂O₃, ZnO は大きなバンドギャップを有し、高移動度の電子をもつ透明半導体である。これらの薄膜をTiO₂, SrTiO₃ 基板上に作製し、紫外線照射を行う。最も単純な系である SnO₂/TiO₂ 系ではすでに予備実験を行っており、その結果、もともと絶縁体であった薄膜が紫外線照射により数桁電気抵抗が減少することを見出した。この減少は室温においても起こり、光を切った後でも低抵抗状態を保つ。よって、永続的光電流が観測される。興味深いことにホール測定からキャリアがホールではなく電子であることがわかっている。その原因はまだ分かっていないが、基本的には光キャリア注入により導入された電子が薄膜に蓄積され、何らかの理由により再結合が抑えられて異常に長い寿命を持ったためと考えられる。その詳細を明らかにするためにさらに様々な条件で薄膜作製を行い、光照射実験を行う。また、他の系においても同様の結果が得られるかを調べる。

(6) 光電子分光実験により、ドーピングによる電子状態の変化を調べるために、既存の光電子分光装置に励起光源（キセノンランプ）を導入する。La_{1-x}Sr_xMnO₃/SrTiO₃ の電子状態を紫外線、軟 X 線光電子分光により調べる。光ドーピングによる電子状態の変化、起電力の発生を光電子分光測定により調べるとともに、埋もれた界面の電子状態と光ドーピング効果、それらの膜厚依存性を軟 X 線共鳴光電子分光を用いて明らかにする。

(7) これまで調べてきたマンガン酸化物及び銅酸化物ヘテロ接合について光キャリア注入機構をまとめ、高効率化の可能性とその限界について整理する。高移動度半導体ヘテロ接合については、その工学的な応用の可能性を検討する。例えば、SnO₂ はガスセンサーとして有用な物質であり、光によりオンオフ可能な新しいタイプのガスセンサーとして

機能することが期待され、これを実証するための基礎データを集める。

(8) 光ドーピングにより発生する電位差をより高精度で測定できるように、既存の光電子分光装置にモノクロ X 線源を導入し、内殻準位の X 線光電子スペクトルを高分解能で測定する。光電子分光の対象を YBa₂Cu₃O_y/SrTiO₃:Nb に拡張する。

4. 研究成果

(1) n 型チタン酸化物基板と p 型遷移金属薄膜からなる p-n ヘテロ接合において、紫外光照射により起こる光キャリア注入 (photocarrier injection: PCI) について研究を行った。例えば、ルチル型酸化物VO₂薄膜をNbドーブしたTiO₂基板上に作製した系、ペロブスカイト型マンガン酸化物(La,Sr)MnO₃と銅酸化物超伝導体YBa₂Cu₃O_xをNbドーブしたSrTiO₃基板上に作製した系において光キャリア注入を行った。さらにこの手法をn型の超伝導体(Sr,Nd)CuO₂に適用したところ、若干ではあるがT_cの減少が見られた。光照射により、正孔が膜へ注入された結果であると思われる。YBa₂Cu₃O_xへの注入キャリア密度を増加させるために、YBa₂Cu₃O_x極薄膜(数ユニットセル)への光キャリア注入に取り組んだ。光照射により膜に注入されたキャリアの大半は界面から若干離れたところに存在する。よって、YBa₂Cu₃O_x極薄膜へ効率よくキャリア注入をするためには、YBCO膜と基板との間にバッファ層を挿入する必要があると考えられるため、PrBa₂Cu₃O_x(PBCO)/YBCO/PrBa₂Cu₃O_x多層膜を作製した。残念ながら現時点では光キャリア注入による明確なT_cの変化は観測されていない。さらに良質の膜や界面が必要と思われる。

(2) この手法の一つの問題点として考えられるのは、一般に遷移金属酸化物が強相関電子系であり、電子間相互作用のためにキャリアの移動度が小さいことがある。よって、光キャリア注入効果をさらに実証するためにより移動度の高い酸化物薄膜について予備実験を行った。例えば、透明半導体として有名なSnO₂薄膜をTiO₂基板上に作製し、その電気伝導度の光応答性を調べた。SnO₂薄膜は酸素欠損の導入により金属化することが知られている。ある程度、酸素欠損の入った半導体試料において紫外線を照射すると電気抵抗が急激に減少した。

(3) 光電子分光測定において、ペロブスカイト型マンガン酸化物に紫外光を照射すると、

ケミカルポテンシャルが可逆的にシフトする現象を見出し、電子励起によるスピン相関の乱れと解釈した。さらに高温超伝導体のアンダードープ領域で、超伝導ギャップがホール濃度の低下とともに増加しないか減少し、大きく増大する擬ギャップとは異なる振る舞いを見出した。

(4) キャリアが高移動度で動きうる酸化物半導体としてSnO₂に着目し、この薄膜をTiO₂およびAl₂O₃基板上に作製し、紫外線照射を行った。その結果、もともとワイドギャップの絶縁体であった薄膜において紫外線照射により数桁電気抵抗が減少することを見出した。この減少は室温においても起こり、光を切った後も低抵抗状態を保つ。よって、永続的光電流が観測される。興味深いことにホール測定からキャリアがホールではなく電子であることがわかった。その原因として光キャリア注入により導入された電子が薄膜に蓄積され、何らかの理由により再結合が抑えられて異常に長い寿命を持ったためと考えられる。さらにSnO₂/Al₂O₃系を作製した。この系では基盤のAl₂O₃のバンドギャップが大きいため、紫外線照射による直接のキャリア生成は期待されない。しかしながら、紫外線の照射によって抵抗が数桁減少することが分かった。その原因は、紫外線による吸着酸素の脱離とそれに伴う粒界ポテンシャルの変化が重要であると考えている。

(5) 遷移金属酸化物における化学的なキャリアドーピングに関しては、ペロブスカイト型マンガン酸化物について化学ポテンシャル・シフトの系統的な研究を行った。Pr_{1-x}Ca_xMnO₃において、低温では化学ポテンシャルが電荷整列相でピン止めされるという予想された結果に加えて、高温で電荷整列が消えた相でも化学ポテンシャルのピン止めが残り、しかもピン止めが観測されるキャリアー濃度領域が低温よりも広がるという予想に反する結果が得られた。電荷整列の揺らぎが整列転移温度でも強く残り、さらに広いキャリアー濃度領域に揺らぎが広がるとして説明された。Nd_{1-x}Sr_xMnO₃の強磁性金属相では、温度に依存した巨大な化学ポテンシャル・シフトを見出し、二重交換系に関する古川の理論的予想を検証した。

(6) 透明酸化物酸化物半導体SnO₂薄膜の永続的光電流の起源を明らかとするために、様々な酸素欠損量をもつSnO₂薄膜を作製し、紫外

線による電気抵抗の減少、その緩和課程、ホール起電力測定によるキャリア数の見積、様々なガスの効果について調べた。その結果、大きな電気抵抗変化の原因が、吸着酸素の脱離とそれに伴う粒界ポテンシャルの変化にあることを示した。これを応用して、様々な透明酸化物半導体薄膜に光で伝導パスを作製する方法を提案した。

(7) ペロブスカイト型マンガン酸化物における化学ポテンシャル・シフトの系統的な研究を進め、従来のフィリング制御によるシフトに加えて、バンド幅制御によるシフトを求めた。バンド幅制御による化学ポテンシャル・シフトを求めるために、La_{1-x}Sr_xMnO₃, Nd_{1-x}Sr_xMnO₃, Pr_{1-x}Ca_xMnO₃ (0 < x < 1) の3系の化学ポテンシャルを測定し、それらのデータをバンド幅をパラメータとして内挿した。その結果、バンド幅に依存した化学ポテンシャル・シフトを抽出でき、二重交換系に関する古川の理論の予想を検証した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計25件)

Y. Muraoka, N. Takubo, Z. Hiroi, Photo-induced conductivity in tin dioxide thin films, J. Appl. Phys., 105, 103702, (2009), 査読有.

N. Takubo, Y. Muraoka, Z. Hiroi, Conductivity switching by ultraviolet light in SnO₂ thin films, Appl. Phys. Express, 2, 045501, (2009), 査読有.

R. J. O. Mossaneck, M. Abbate, T. Yoshida, A. Fujimori, Y. Yoshida, N. Shirakawa, H. Eisaki, S. Kohno, P. T. Fonseca, F. C. Vicentin, Minimal model needed for the Mott Hubbard SrVO₃ compound, Physical Review B (Condensed Matter and Materials Physics), 79, 033104, (2009), 査読有.

R. J. O. Mossaneck, M. Abbate, T. Yoshida, A. Fujimori, Y. Yoshida, N. Shirakawa, H. Eisaki, S. Kohno, F. C. Vicentin, Evolution of the spectral weight in the Mott Hubbard series SrVO₃-CaVO₃-LaVO₃-YVO₃, Phys. Rev. B, 78, 075103-075107, (2008), 査読有.

K. Ebata, M. Takizawa, A. Fujimori, H. Kuwahara, Y. Tomioka, Y. Tokura, Chemical potential landscape in band

- filling and bandwidth control of manganites: Photoemission spectroscopy measurements, *Phys. Rev. B*, 78, 020406, (2008), 査読有.
- M. Rini, Z. Hao, R. W. Schoenlein, C. Giannetti, F. Parmigiani, S. Fourmaux, J. C. Kieffer, A. Fujimori, M. Onoda, S. Wall, A. Cavalleri, Optical switching in VO_2 films by below-gap excitation, *Appl. Phys. Lett.*, 92, 181904, (2008), 査読有.
- M. Nakajima, N. Takubo, Z. Hiroi, Y. Ueda, T. Suemoto, Photoinduced metallic state in VO_2 probed by the terahertz pump-probe spectroscopy, *Appl. Phys. Lett.*, 92, 011907, (2008), 査読有.
- K. Ebata, M. Hashimoto, K. Tanaka, A. Fujimori, Y. Tomioka, Y. Tokura, Temperature-dependent photoemission spectra, spectral weight transfer and chemical potential shift in $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$: Implications for charge-density modulation, *Phys. Rev. B*, 76, 184441, (2007), 査読有.
- K. Maekawa, M. Takizawa, H. Wadati, T. Yoshida, A. Fujimori, H. Kumigashira, M. Oshima, Y. Muraoka, Y. Nagao, Z. Hiroi, Photoemission study of TiO_2/VO_2 interfaces, *Phys. Rev. B*, 76, 115121, (2007), 査読有.
- M. Hashimoto, T. Yoshida, K. Tanaka, A. Fujimori, M. Okusawa, S. Wakimoto, K. Yamada, T. Kakeshita, H. Eisaki, S. Uchida, Distinct Doping Dependences of the Pseudogap and Superconducting Gap of $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ Cuprate Superconductors, *Phys. Rev. B*, 75, 140503, (2007), 査読有.
- K. Tanaka, T. Yoshida, K.M. Shen, D.H. Lu, W.S. Lee, H. Yagi, A. Fujimori, Z. X. Shen, Risdiana, T. Fujii, I. Terasaki, Distinct Fermi Momentum Dependent Energy Gaps in Deeply Underdoped Bi2212 , *Science*, 314, 1910 (2006), 査読有.
- M. Takizawa, H. Wadati, K. Tanaka, M. Hashimoto, T. Yoshida, A. Fujimori, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, M. Oshima, K. Shibuya, T. Mihara, T. Ohnishi, M. Lippmaa, M. Kawasaki, H. Koinuma, S. Okamoto, A. J. Millis, Photoemission from Buried Interfaces in $\text{SrTiO}_3/\text{LaTiO}_3$ Superlattices, *Phys. Rev. Lett.*, 97, 57601, (2006), 査読有.
- Y. Muraoka, T. Muramatsu, Z. Hiroi, Photogenerated carrier injection to an n-type copper oxide superconductor, *Thin Solid Films*, 486, 82, (2005), 査読有.
- T. Muramatsu, Y. Muraoka, Z. Hiroi, Photocarrier Injection and Current-Voltage Characteristics of a $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3:\text{Nb}$ Heterojunction at Low Temperature, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 152, 385 (2005), 査読有.
- M. Takizawa, D. Toyota, H. Wadati, A. Chikamatsu, H. Kumigashira, A. Fujimori, M. Oshima, Z. Fang, M. Lippmaa, M. Kawasaki, H. Koinuma, Manifestation of Correlation Effects in the Photoemission Spectra of $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_3$, *Phys. Rev. B*, 72, 060404, (2005), 査読有.
- T. Yoshida, K. Tanka, H. Yagi, A. Ino, H. Eisaki, A. Fujimori, Z. X. Shen, Direct Observation of the Mass Renormalization in SrVO_3 by Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy, *Phys. Rev. Lett.*, 95, 146404, (2005), 査読有.
- T. Muramatsu, Y. Muraoka, T. Yamauchi, J. Yamaura, Z. Hiroi, Photocarrier injection to perovskite manganites, *J. Mag. Mat.*, 272-276, E297-E298, (2004), 査読有.
- D. Asakura, J.W. Quilty, K. Takubo, S. Hirata, T. Mizokawa, Y. Muraoka, Z. Hiroi, Photoemission Study of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ Thin Films under Light Illumination, *Phys. Rev. Lett.*, 93, 247006, (2004), 査読有.
- K. Okazaki, H. Wadati, A. Fujimori, M. Onoda, Y. Muraoka, Z. Hiroi, Photoemission study of the metal-insulator transition in VO_2/TiO_2 (001): Evidence for strong electron-electron and electron-phonon interaction, *Phys. Rev. B*, 69, 165104, (2004), 査読有.
- X. J. Zhou, T. Yoshida, D. H. Lee, W. L. Yang, V. Brouet, F. Zhou, W. X. Ti, J.W. Xiong, Z.X. Zhao, T. Sasagawa, T. Kakeshita, H. Eisaki, S. Uchida, A. Fujimori, Z. Hussain, Z. X. Shen, The Dichotomy between Nodal and Antinodal Quasiparticles in Underdoped $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ Superconductors, *Phys. Rev. Lett.*, 92, 187001, (2004), 査読有.

〔学会発表〕(計15件)

鶴巻厚, 廣井善二、周期的ステップ構造
基板上に作製した $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 極薄膜の
超伝導状態と磁束状態、日本物理学会第
64 回年次大会、平成 21 年 3 月 30 日、
立教大学

Naoko Takubo, Yuji Muraoka, Zenji
Hiroi, Effect of UV light irradiation
in SnO_2 thin films, 3rd INTERNATIONAL
CONFERENCE ON PHOTO-INDUCED PHASE
TRANSITIONS and Cooperative
Phenomena (PIPT2008), 平成 20 年 11
月 11-15 日, 大阪市立大学

鶴巻厚, 廣井善二、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ の極薄膜
化と超伝導特性、物理学会 2008 年秋季
大会、平成 20 年 9 月 22 日、岩手大学
田久保直子, 村岡祐治, 廣井善二、 SnO_2
薄膜における紫外線照射効果、日本物理
学会 2007 年秋季大会、平成 19 年 9 月
23 日、北海道大学

江端一晃, 滝沢優, 藤森淳, 富岡泰秀,
十倉好紀、 $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ の化学ポテンシ
ャルのドーピングおよび温度依存性、
2007 年秋季大会、平成 19 年 9 月 23
日、北海道大学

田久保直子, 村岡祐治, 廣井善二、 SnO_2
薄膜における光キャリア注入、日本物理
学会 2007 春季大会、平成 19 年 3 月 1
8 日、鹿児島大学

鶴巻厚, 竹下直, 村岡祐治, 廣井善二,
高木英典, 十倉好紀、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 薄膜に
おける界面構造に影響された伝導特性、
日本物理学会 2006 秋季大会、平成 18
年 9 月 23 日、千葉大学

前川考志, 滝沢優、和達大樹、藤森淳、
組頭広志, 尾嶋正治, 長尾洋平, 村岡祐
治, 廣井善二、 TiO_2 でキャップした VO_2
薄膜の光電子分光、日本物理学会第 61
回年次大会、平成 18 年 3 月 27 日、愛
媛・松山大学

村岡祐治, 村松孝樹, 廣井善二、
 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 極薄膜への光キャリア注入、
日本物理学会第 60 回年次大会、平成 1
7 年 3 月 14 日、東京理科大学

村岡祐治, 村松孝樹, 廣井善二、 $(\text{Sr},$
 $\text{Nd})\text{CuO}_2$ 薄膜への光キャリア注入、日本
物理学会 2004 年秋季大会、平成 16 年
9 月 11 日、秋田大学

廣井善二、酸化物界面における光電荷注
入による物性制御、日本物理学会 2004
年秋季大会、平成 16 年 9 月 11 日、秋
田大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣井 善二 (HIROI ZENJI)
東京大学・物性研究所・教授
研究者番号：30192719

(2) 研究分担者

藤森 淳 (FUJIMORI ATSUSHI)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号：10209108

〔その他〕

ホームページ

<http://hiroi.issp.u-tokyo.ac.jp/>

<http://wyvern.phys.s.u-tokyo.ac.jp/>