

戦略的創造研究推進事業 CREST  
研究領域「新機能創成に向けた光・光量子科学技術」  
研究課題「電子相関による光と  
電子の双方向制御の実現」

## 研究終了報告書

研究期間 平成18年10月～平成24年3月

研究代表者：宮野 健次郎  
東京大学先端科学技術研究センター、教授

## § 1 研究実施の概要

### (1) 実施概要

電子相関とは固体中の電子間の相互作用が強いために、一つの代表的な電子の統計平均では固体全体が記述されない現象を指す。電子相関の程度が著しい物質群を強相関系と呼び、本チームでは強相関系と光の相互作用について研究を行った。光と物質は微視的には一粒子相互作用として記述される。したがって、強相関系において光励起は一電子から始まって固体全体の電子に波及する効果をもたらす。この機構を通じて、光と物質の強い結合を生み出し、究極的には結晶格子一層であっても光と物質の相互の影響が容易に観察できるような物質を作り出すことを目標に掲げて研究を進めた。そのためには試料の開発と、光・物質相互作用の解明が必要と考え、前者に実績を持つハロルド・ファン(東大新領域、現スタンフォード大)と後者のエキスパートである岡本博(東大新領域)を繋ぐ形で双方に経験のある宮野健次郎(東大先端研)がチームをまとめた。

試料作製は pulsed-laser deposition (PLD) 法を用いた。PLD 法は熱平衡から遥かに外れたダイナミックな製膜法であるため制御すべきパラメータが非常に多い。ファングループは通常注目されないレーザー照射面積の影響を調べ、その調整によって原子層単位で精密に制御された薄膜作りに成功した。超格子において、原子層単位で界面が急峻であることはバンド制御の上から必須である。実際、このようにして作製された SrTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub> 超格子の第二高調波の位相・強度を宮野グループが精密に測定した結果、界面電位勾配の及ぶ範囲(〜4 格子層)を明瞭に示すことができた。精密な作製条件制御は特に層数の少ない薄膜においては決定的に重要である。宮野グループは構造の良く規定された一連の薄膜を作製し、実際に永続的光誘起相転移を起こす試料を見出すとともに、光励起によってのみ到達できる状態(「隠れた」相)が存在する事を示した。強相関系の一電子励起が温度揺らぎを遥かに越えるとき、全く異なる基底状態に至る可能性を初めて示したものである。

岡本グループは光・光変調の立場から、超高速・高繰り返しで強相関系に起きる光学的変化を追求した。そのために、20 フェムト秒の時間分解能をもつポンプ・プローブ分光装置を開発し、絶縁体/金属転移においては、転移に伴う構造変化が少ない場合に瞬間的な光誘起相転移効果が大きいことを明らかにした。これは宮野グループが見出した安定相への光誘起相転移の条件と丁度逆の関係にあり、両グループで目指している現象が対照的な関係にあることが分かった。

ところで、電子相関がもたらす拮抗状態はさらに多様である。岡本グループはハロゲン架橋遷移金属錯体を例にとり、電荷密度波/モット絶縁体/金属の三者の間を励起光強度や波長の違いによって選択的に遷移することが可能であることを示した。これは、光励起パルスを選択することによって、自由に電子状態間を行き来する新しいタイプの光スイッチの方向性を示したものである。これらの錯体は一次元強相関系であり、励起状態の電子対称性が非常に強い電子光相互作用を生むことが本質的に重要である。

さて、以上の光効果は全て強相関系の励起状態をそのまま利用するものであった。しかし、近接する他の材料を光励起して、励起キャリアを強相関系に注入するというシナリオも成り立つ。このようなアイデアに立って、岡本グループは強相関系へ Ti 酸化物から光キャリアを注入することに成功した。注入されたキャリアの寿命は単純に強相関系を光励起した場合よりも格段に長く、光ドーピングによる物性制御がより現実性のあるものになった。一方、ファングループは Ti 酸化物の光励起安定性を利用して、SrTiO<sub>3</sub> 結晶表面に厚さとキャリア濃度を自在に制御できる二次元電子系を実現し、三次元通常金属から量子極限までの状況の一つの試料で実現した。

宮野グループが見出した定常的な光誘起相転移は、薄膜における基板歪みが、強相関系の強い電子格子相互作用を通して現れた結果である。特に歪みがテンソル量であることに由来する新しい対称性に基づく選択則がバルク試料では不可能な相をもたらすことが明らかになった。その一例がずり歪みに伴う電気分極の発現であり、マルチフェロイックに至る道筋の一つを示している。

## (2) 顕著な成果

### 1. 光誘起相転移、とりわけ「隠れた」相の発見

概要: 光励起で永続的な絶縁体/金属間の双方向転移をマンガン酸化物薄膜を用いて実現した。また熱平衡状態では出現しない秩序度の高い「隠れた」絶縁体相を光励起によって実現した。[*Phys. Rev. B* **75**, 052408 (2007), *Phys. Rev. Lett.* **101**, 177403 (2008), *Nature Mater.* **10**, 101 (2011)]

### 2. 超高速光誘起モット絶縁体/金属転移の実現と機構解明

概要: 強相関電子系物質における光誘起相転移のプロトタイプである光誘起モット絶縁体/金属転移を、純粋に電子系による超高速相転移として実現するとともに、そのダイナミクスの検出に成功した。過渡スペクトルとその時間発展を詳細に解析することにより、金属化とその高速緩和の物理的機構を解明した。[*Phys. Rev. Lett.* **98**, 037401 (2007), *J. Phys. Soc. Jpn.* **77**, 113714 (2008), *Phys. Rev. B* **82**, 060513(R) (2010)]

### 3. 光キャリアドーピングを使ったキャリア数可変二次元電子系の実現

概要: 酸化物半導体チタン酸ストロンチウムに紫外線を照射することで、連続的にキャリア密度を変調することに成功し、低温において量子極限状態を実現することに成功した。[*Phys. Rev. B* **76**, 085129 (2007), *Phys. Rev. Lett.* **101**, 096601 (2008)]

## § 2. 研究構想

### (1) 当初の研究構想

本プロジェクト開始時点において、研究を遂行する基本的・予備的な成果は持っていた。すなわち、Mn 酸化物バルク結晶における光誘起相転移(宮野)、Cu 酸化物における非常に大きな三次光非線形性(岡本)、絶縁体界面に局在する高移動度金属相(ファン)などの研究成果である。プロジェクトはこれらの予備的成果を有機的に結合して研究を一層加速するとともに、質的にも新しい研究段階に到達することを期待して行った。チームの各グループ全員が同じ大学に属するので、特に計画的に会合の予定を組むようなことはせず、必要に応じて相互の研究室訪問、研究打合せ会議を開き、サンプルや情報の交換などを随時行った。

研究の目標は、光によって物質に大きな電子状態の変化を生じさせる事、またその結果物質の光学的性質が変化する光・光スイッチングをできるだけ少量の物質を使って実現することであり、そのために光・物質相互作用を検出する光学測定系の開発・整備、強い光・物質相互作用を生み出す試料の設計・製作が実際に行われた研究の内容である。

プロジェクト前期においては、主に装置の整備が行われ、20 フェムト秒の時間分解能を持つポンプ・プローブ測定装置、24時間連続運転可能な完全自動光学測定実験室、極低温光照射輸送測定装置などを完成させた。また、試料の作製技術向上の努力はプロジェクト期間を通じて行われ、以下の(2)で述べる予想しなかった方向へと展開する原動力になった。プロジェクト後半では、前半で整備した装置を使って § 1(2)や § 4 で述べた成果を挙げることができた。種々の困難はあったものの、測定系の完成と試料の調製いずれもほぼ当初の計画を達成し、目的とするデータを得る事ができた。この間チーム内のノウハウ(暗黙知)の交換は、研究を滞らせないために非常に重要であった。

### (2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

- プロジェクトの途中から、成果の実用性も目標に取り入れた。
  - ・ 光・光スイッチを実現するために  $10^{-9}$  esu を超える大きな三次非線形感受率を達成したが、未だ実用に十分な程には光吸収を低減できていない。
  - ・ Mn 酸化物の光誘起相転移を室温で起こすための試料の工夫(A サイト秩序膜の作製、高指数面基板上への膜成長)を試みたが、これも未だ 200 K の壁を越えたところである。今後も引き続き努力したい。
- 「絵に描いた」ような急峻な界面の作製技術が確立された結果、(光とは直接関係しないが)強相関係薄膜独自の現象を見付け、これが一分野を形成すると思わせる程に十分興味深い事例を提示する事ができた。
  - ・ 格子一層ごとに組成を制御する究極の  $\delta$ -ドーピングが可能である事が示された。次元性の制御や走査プローブ顕微鏡を使った書換え自由な電子回路など、新しいエレクトロニクスが想像される。
  - ・ 界面の両側の薄膜がある臨界膜厚以下であると、界面で生じた相転移が膜全体に波及することを発見した。電場や磁場でも容易に制御可能な相転移現象である。

### § 3 研究実施体制

#### (1)「宮野」グループ

##### ① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
宮野 健次郎	東京大学先端科学技術 研究センター	教授	H18.10～
小川 直毅	東京大学先端科学技術 研究センター	特任助手	H18.10～H19.3
小川 直毅	東京大学先端科学技術 研究センター	特任助教	H19.4～H20.11
小川 直毅	東京大学先端科学技術 研究センター	助教	H20.12～
荻本 泰史	東京大学先端科学技術 研究センター	特任准教授	H19.7～
田丸 博晴	東京大学先端科学技術 研究センター	助教	H18.10～H20.11
Sheng, Zhigao	東京大学先端科学技術 研究センター	外国人特別研究 員	H20.9～H22.8
渡邊 良祐	東京大学先端科学技術 研究センター	博士研究員	H21.4～
玉置 亮	東京大学先端科学技術 研究センター	博士課程 1～3 年	H21.4～
清水 裕勝	東京大学先端科学技術 研究センター	修士課程 2 年	H23.4～

##### ② 研究項目

- ・ 界面非線形光学測定系の構築とこれを用いた界面電子状態の解明
- ・ 光・電子相互作用の局所的測定。特に非線形光学効果による局所対称性の同定
- ・ 光と特に強く結合する電子状態をもつ界面をデザインし薄膜の接合として実現すること

#### (2)「岡本」グループ(東大)

##### ① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
岡本 博	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	教授	H18.10～
矢田祐之	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	助教	H23.5～
Li Bingsheng	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	博士研究員	H22.10～

##### ② 研究項目

- ・ 超高速分光測定系の構築
- ・ 超高速遷移ダイナミクスの検出と機構解明
- ・ 新規光誘起相転移・光スイッチング現象の開拓
- ・ 酸化物ヘテロ構造における光励起一電荷注入相制御技術の開発

### (3)「岡本」グループ(産総研)

#### ① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
岡本 博	独立行政法人産業技術 総合研究所	第 5 号契約職員 (招聘研究員)	H20.4～
松原正和	独立行政法人産業技術 総合研究所	第 1 号契約職員	H20.4～H21.5
矢田祐之	独立行政法人産業技術 総合研究所	第 1 号契約職員	H21.4～H23.3
Li Bingsheng	独立行政法人産業技術 総合研究所	博士研究員	H22.8～H22.9

#### ②研究項目

- ・ 超高速分光測定系の構築
- ・ 超高速遷移ダイナミクスの検出と機構解明
- ・ 新規光誘起相転移・光スイッチング現象の開拓
- ・ 酸化物ヘテロ構造における光励起一電荷注入相制御技術の開発

### (4)「ファン」グループ

#### ①研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
Harold Y. Hwang	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	准教授	H18.10～H21.3
Harold Y. Hwang	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	教授	H21.4～H22.8
Harold Y. Hwang	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	特任教授	H22.9～H23.8
Harold Y. Hwang	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	特任研究員	H23.9～
疋田育之	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	助教	H18.10～H23.7
疋田育之	米国 SLAC 国立加速器研 究所	Associate Staff Scientist	H23.8～
Christopher Bell	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	博士研究員	H19.10～H22.3
Christopher Bell	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	特任助教	H22.4～
Christopher Bell	米国 SLAC 国立加速器研 究所	Associate Staff Scientist	H23.6～
田中真紀子	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	学術支援専門職 員	H22.4～H23.8
原島慧	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	技術補佐員	H21.11～H22.3
原島慧	東京大学大学院工学系 研究科	修士課程 2 年	H23.4～
養原誠人	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	博士研究員	H22.4～

矢嶋赳彬	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	博士課程 2～3 年	H22.4～
金民祐	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	博士課程 1～2 年	H22.4～
細田雅之	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	博士課程 2 年	H23.4～
佐藤弘樹	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	博士課程 1 年	H23.4～
立川卓	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	修士課程 2 年	H23.4～
井上悠	東京大学大学院新領域 創成科学研究科	修士課程 2 年	H23.4～

②研究項目

- ・ 酸化物半導体における光励起一電荷注入による相制御
- ・ 酸化物ヘテロ界面におけるナノスケール伝導性制御
- ・ 酸化物を用いた熱電子トランジスタの開発
- ・ クリーンな酸化物半導体における高移動度二次元電子系と二次元超伝導相の創成

## § 4 研究実施内容及び成果

(文献番号は § 5(1)より引用)

### 4.1 強相関係の光励相転移 (東京大学 宮野グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

強相関物質を光励起して著しい電子状態の変化を起こす事が本プロジェクトの主要な目標の一つであるが、光生成された電子状態の詳細をミクロな描像に基づいて理解する必要がある。そこで電子状態や構造の微視的な知見を得るため、光電子分光や軌道放射光など本プロジェクト外部の専門家と積極的に協力し、光励起との同時測定というこれらの専門家にとっても新しい実験を行い、相互に有益な成果があった。その結果、金属と絶縁体状態の曖昧さの無い判定、構造と電子状態の一対一対応など、光誘起効果がもたらすものを明確に提示することができた。

#### 4.1.1 光誘起相転移:熱平衡相間の転移

光によって永続的な相転移を起こすことは「光と電子の双方向制御」の一方を実現することである。典型的な強相関物質である Mn 酸化物を(擬)立方晶(110)基板上に作製することにより変形を許容し、これによって基板に強く拘束されているにもかかわらずバルク試料と同様の相転移を薄膜において容易に起こすことができるようになった。この薄膜作製法は、現在、構造相転移を許容する薄膜製造法のデファクト・スタンダードとなっている。

#### ○光誘起絶縁体/金属転移:X線構造解析・光電子分光を併用したバルク金属の検証

我々はプロジェクト開始以前に Mn 酸化物バルク結晶において光誘起絶縁体/金属(IM)転移を見出し、これに続く多くの研究の嚆矢となった。ところで、絶縁体/金属転移は通常、光照射下で電気伝導度を測定することだけで判定されるが、それでは真の相転移であるのか系の不均一性の変化(例えば、パーコレーションパスの接・断)でしかないのかの区別はつかない。そこで我々は赤外透過スペクトルのほかに構造解析と光電子分光を併用することにより、構造変化や金属と絶縁体の電子状態の変化を直接モニターして IM 間の電子状態の転移が起こっている事を確認した(前者はKEK(当時)の若林、後者は東大新領域の溝川との共同研究)。実際に金属相に属する電子の分率が光照射後に増大あるいは減少する様子を光電子分光法で検証した例を図 1 に示す。この試料は  $\text{Pr}_{0.55}(\text{Ca}_{0.75}\text{Sr}_{0.25})_{0.45}\text{MnO}_3$  を LSAT(110)基板上に PLD 法で製膜したものである。これらの観測を総合すると、光誘起相転移の起こるメカニズムの本質は、(1)軌道とスピン・電荷が密接に結びついた、まさに強相関電子系であること、(2)物質が二重臨界点近傍にあること、(3)薄膜試料であるために基板からの歪みが軌道自由度をバイアスさせる外場として作用していること、(4)IM 転移は電荷秩序を弱める電荷移動遷移が、MI 転移は強磁性を弱めるスピン緩和遷移が引き金になること、などにあることが明らかになった[文献 37]。この研究を通じて、基板が及ぼす歪みが薄膜の電子状態に自明ではないが決定的な影響を及ぼすことが認識され、以下に述べる発見に繋がった。これに加えて、たとえ強相関係であっても光励起が全く系に擾乱を与えない場合があることを見出した。このことは、励起電子状態の対称性が基底状態と拮抗するものであることが光誘起現象の発現に不可欠であることを示している[文献 34]。

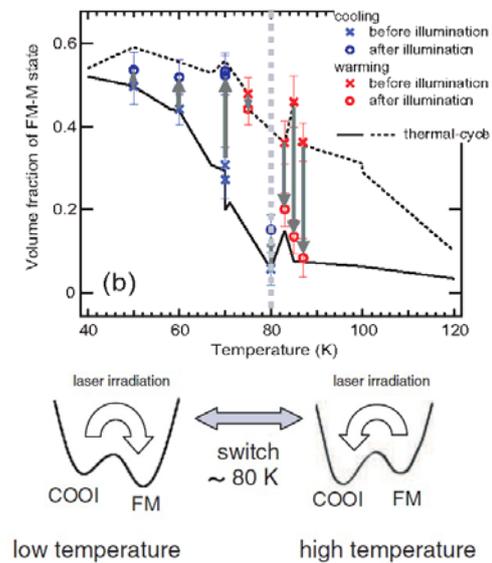


図1:光電子分光法によって金属相に属する電子の割合が光照射によって実際に変化することを確認。FM:強磁性金属、COOI:電荷・軌道秩序絶縁体

#### 4. 1. 2 光誘起相転移:「隠れた相」の発見

前項において、光誘起されて双方向転移する相は、温度を変化させたときに熱平衡状態で出現する相に他ならない。つまり、もともと二相共存が可能な一次転移点近傍において、準安定相から絶対安定相への転移の引き金を光が効率よく引くということに尽きる。この効率の良さは、光が強相関係にある自由度に、大きなエネルギー量子をもって作用することに起因し、光による相制御である。しかし、物理的に興味深い転移現象は、光によって大きなエネルギー障壁を越え、熱平衡状態では出現しない相(これを仮に「隠れた相」と呼ぶことにする)に到達することである。

##### ○光誘起による「隠れた」相の発見:時間分解 X 線構造解析

光誘起相転移を疑いの余地なく検証するには、結晶構造を追跡する必要がある。東工大の腰原らの協力を得て、KEK に設置された時間分解 X 線回折装置を用い、100 ピコ秒の時間分解能をもって光励起後の構造変化を調べた。試料は  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3(110)$  である。これは降温時  $T_C \sim 160 \text{ K}$  で強磁性金属から反強磁性電荷・軌道秩序絶縁体に転移する。構造的には擬立方晶から擬正方晶に転移し、これに伴い高温では等価であった(004)と(040)の回折ピークが分裂し、図 2 のようになる。低温の絶縁体相でも僅かの高温相が共存することが赤いピークに見られる。実際、このピークは図 3 左のように温度に依存して変化し、格子温度の絶好のインジケータとなっている。この系を 100 K で光励起すると、回折ピークは励起強度に応じて図 3 右のように変化する。注目すべきは、温度と共に増加するはずの中央のピークが全く変化しない、つまり相当量のエネルギーが注入されているにもかかわらず格子温度は上昇せず、代わりに全体としてより均一な構造へと移行することである。電子状態的にも絶縁体の底の状態密度が増え、より秩序の高い状態が実現されていることが分かった。このような状態は温度を変化させても出現する事は無く、冒頭に述べた「隠れた相」を初めて見出したものである [文献 90]。

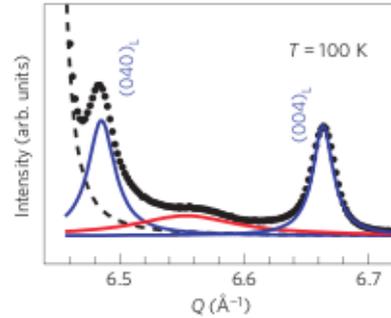


図 2:低温相(正方晶)(青)中に僅かに共存する高温相(擬立方晶)(赤)の回折ピーク

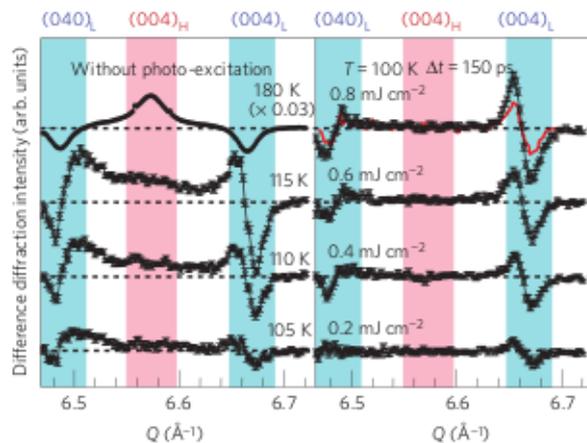


図 3:100 K のピーク(図 2)からの差分回折ピーク。左:温度上昇による高温相の割合の増加。右:光励起後 150 ps における励起強度依存性。

本研究と類似の研究は最近 1 年程の間に数多く発表されるようになって来た。特にヨーロッパでは光源の開発が組織的に行われていて、桁違いに時間分解能の高いデータが出つつある。我が国は、装置に関しては残念ながらかなり遅れをとったと言わざるを得ない。

##### ○永続的な「隠れた相」の発見

前項で見出した相は、時間分解(多数回繰り返し)測定ができることから分かるように長時間持続しない。このような瞬間的に現れる状態を「相」と呼んでよい理由は、一般に電子・格子系の熱平衡はピコ秒以下で達成され、項目 4. 2 で述べるように強相関係では 100 ピコ秒は相を定義するに十分な長時間であると考えられるからである。しかし、我々は

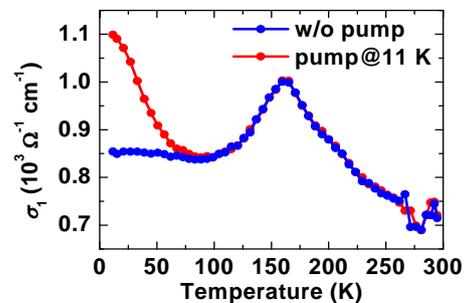


図 4:0.76 eV における光学伝導度の温度依存性。昇温しつつ測定。赤線:11 K で試料を強励起した後、青線:光励起なし

同じ試料を更に低温で強励起すると、永続的な「隠れた相」へ至ることを発見した。一例を図4に示す。試料を11 Kまで冷却して1.55 eVの光をパルス当たり6 mJ/cm<sup>2</sup>という強度で照射すると130 フェムト秒のパルス一発で吸収スペクトルが変化し、その電子状態は永続的である。しかし、これを熱するとおよそ70 Kでこの相は消失することから、熱平衡的過程では到達することのできない安定相ができたことが分かる。光学伝導度スペクトルが前項の瞬間的に現れる「隠れた相」に近いことから、光励起によって準安定状態から安定状態まで色々な状況が各温度で現れることが示唆され、熱力学変数ではないものの、光励起強度を軸にとった隠れた相を含む相図を考えることが可能である。

## (2)研究成果の今後期待される効果

光によって電子状態を変えるというアイデアは、物質科学で古くから試みられてきた。しかし、これまで実現されて来た現象は一次相転移に伴う二相共存ヒステリシス領域における準安定/絶対安定状態間の遷移を光で起こすものであり、相図の中に現れない状態に安定的に遷移した例は本研究が初めてである。ここでは、薄膜試料に基板の歪みが定常的に外力として加わっている状況が本質的であり、バルクとは異なる物性を示す薄膜を、独立した物質群として捉える必要がある。本プロジェクトでは、後出の項目4. 5、項目4. 6に示す例とともに、界面や薄膜が独自の物質科学の舞台になり得るという研究の方向性を明確に示した。

## 4. 2 超高速遷移ダイナミクスの検出と機構解明 (東京大学・産総研 岡本グループ)

### (1)研究実施内容及び成果

本研究項目では、項目4. 1 で述べたような強相関電子系において観測される光誘起相転移を高時間分解能、かつ、高精度で検出し、その物理的機構を解明するとともに、高速かつ高効率の光誘起相転移実現のための物質設計指針を明らかにすることを目的とした。特に、強相関電子系の光誘起相転移のプロトタイプである光誘起モット絶縁体/金属転移と光誘起反強磁性電荷秩序絶縁体/強磁性金属転移を中心的対象として研究を進めた。

#### 4. 2. 1 超高速分光測定系の構築

既存の時間幅130フェムト秒のレーザーパルスを用いたポンププローブ反射・吸収分光システム(時間分解能200フェムト秒)を整備するとともに、チタンサファイアレーザー再生増幅器励起の非同軸オプティカルパラメトリックアンプ(NOPA)を用いたポンプ・プローブ反射・吸収分光システムを構築した。NOPAを最適化することにより、時間幅15フェムト秒以下の超短パルスの発生を実現し(図5)、可視から近赤外域(2.5 eV ~ 0.75 eV)において過渡反射、吸収変化の測定を約20フェムト秒の時間分解能で行うことが可能となった。チャープを制御することにより、低温(クライオスタット中)においても、時間分解能20フェムト秒での測定が実現できることが確認された。また、時間原点を高精度で決定する手法も同時に確立した。測定可能な反射率(透過率)変化は $2 \times 10^{-4}$ であり、20フェムト秒クラスの時間分解能での感度としては世界最高水準のものであると考えられる。(東大)

スピンドYNAMIXの測定に関しては、時間分解光磁気 Kerr 効果測定系の整備を進めた。時間分解能は、200フェムト秒、測定感度は、0.1 mdeg 以下である。(産総研)

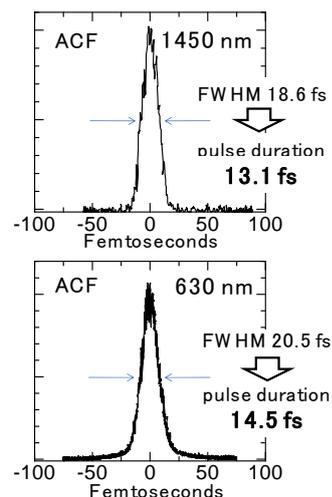


図5:フェムト秒レーザーの短パルス化による自己相関関数(ACF)の改善

#### 4. 2. 2 超高速遷移ダイナミクスの検出と機構解明

##### ○ 一次元モット絶縁体の光誘起絶縁体/金属転移

モット絶縁体に光を照射すると金属化が生じることが予想されている。この光誘起絶縁体/金属転移に関する詳細な知見を得るために、一次元モット絶縁体である有機電荷移動錯体 ET-F<sub>2</sub>TCNQ について、可視から中赤外域までの広いエネルギー領域において、時間分解能 200 フェムト秒のポンプ・プローブ分光測定を行った。光照射によって、赤外領域の反射率が低エネルギーに向かって単調に増加する変化が観測され、金属的な状態へ転換していることが確認された。重要な結果は、非常に弱い強度の励起(分子あたり0.003光子)においても、金属的な反射率変化の挙動が見られることである(図 6)。このような弱励起による金属状態の生成は、荷電キャリアが一次元反強磁性スピン配列の上を自由に動くことができるというスピン電荷分離の性質に基づくものである。この結果は、光を使って、強相関一次元系に本質的なスピン電荷分離に基づく金属化の挙動を捉えた初めての結果である。

(東大)[文献 5]

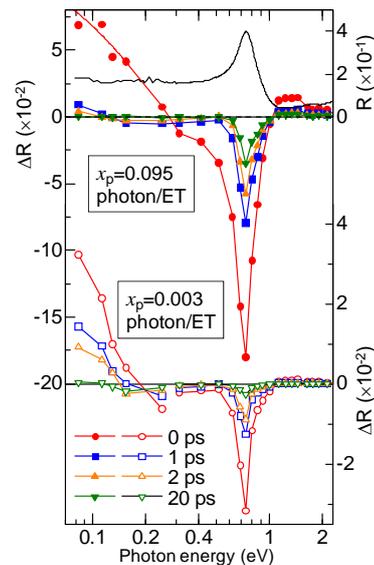


図 6: 一次元有機電荷移動錯体における光誘起モット絶縁体/金属転移

##### ○ 一次元モット絶縁体における超高速光キャリアダイナミクスの直接観測

上述のように、モット絶縁体に光を照射すると、瞬時に金属状態への転移が起こるが、その金属状態はピコ秒以下の時間で元の絶縁体状態に戻る。しかし、その超高速緩和のダイナミクスは、時間分解能 200 フェムト秒の分光では十分に解明できない。そこで、上述の NOPA を用いた高時間分解能のポンプ・プローブシステムを用い、モット絶縁体である三種の有機一次元物質 (ET-F<sub>2</sub>TCNQ, Rb-TCNQ, K-TCNQ) における光キャリアダイナミクスを系統的に調べた。これらの物質では、電子格子相互作用の大きさが、ET-F<sub>2</sub>TCNQ < Rb-TCNQ < K-TCNQ の順で大きくなる。詳細な測定の結果、電子格子相互作用が小さい ET-F<sub>2</sub>TCNQ では、光照射によって瞬時に金属化が生じ、その金属状態は時定数 200 フェムト秒でもとの絶縁体状態に戻ることがわかった。一方、Rb-TCNQ および K-TCNQ では、光照射によって生じたキャリアは 70 フェムト秒の時定数でただちに局在化し(ポーラロン形成が起こり)、それらは、約 0.8 ピコ秒 (Rb-TCNQ) および約 1.3 ピコ秒 (K-TCNQ) の時定数で対消滅する。この 70 フェムト秒という時定数は、キャリアを局在化させる分子変位に対応する格子振動の周期に関係していることが明らかとなった。また、キャリア消滅の時定数は、電子格子相互作用が大きくなり、キャリアの局在性が強まるにつれて長くなるものと解釈できる。(東大) [文献 38]

##### ○ 二次元モット絶縁体の光誘起絶縁体/金属転移

最も代表的なモット絶縁体である二次元銅酸化物 La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> (LCO)、Nd<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> (NCO) のエピタキシャル薄膜において可視から赤外にわたる広帯域の過渡吸収分光測定を行い、光誘起絶縁体/金属転移とそのダイナミクスを調べた。図 7 のように光励起直後には、低エネルギーになるにつれて吸収が増加し、金属状態が生成することがわかる。この金属状態は、その寿命が 40 フェムト秒以下であり、極めて高速に消失することがわかった。金属状態の消失後、残った光キャリアはミッドギャップ状態を形成するが(図 7)、そのキャリアの寿命も約 200 フェムト秒と極めて短い。一次元系との比較から、これらの高速の緩和には強相関二次元系に特有のスピン・電荷結合が重要な役割を果たしていることが示された。さらに、光誘起金属化の励起光子密度依存性を精密に測定したところ、金属化に明瞭な閾値的挙動が確認された。これは、一次元モット絶縁体が極めて低い励起光子密度でも金属化することと対照的であり、二次元系に特有のスピン・電荷結合の効果が現れたも

のと解釈できる。

(東大、産総研)[文献 81、88]

○ マンガン酸化物の光誘起電荷秩序融解と反強磁性/強磁性転移

強相関電子系において高速の光スピン制御を実現する有力なアプローチの一つは、反強磁性電荷(軌道)秩序絶縁体と強磁性金属の相境界近傍に位置する電荷秩序絶縁体に光照射を行い、強磁性金属相へ転移させる方法である。このような観点から、マンガン酸化物において光誘起電荷秩序絶縁体/強磁性金属転移が研究されてきた。本チームの例も項目4. 1. 1. に示す通りである。しかし、実際に強磁性金属になっていることが実証されている物質はほとんどない。本項目では絶縁体相と金属相の境界近傍に位置する三種類のマンガン酸化物単結晶( $Gd_{0.55}Sr_{0.45}MnO_3$ ,  $Nd_{0.5}Sr_{0.5}MnO_3$ ,  $Pr_{0.55}(Ca_{0.8}Sr_{0.2})_{0.45}MnO_3$ )にフェムト秒ポンプ・プローブ反射分光と時間分解Kerr効果測定を同時に適用し、光照射後の電荷ダイナミクスと磁化(スピン)ダイナミクスを詳細に調べた。その結果、絶縁体相と金属相の構造変化が大きい場合( $Nd_{0.5}Sr_{0.5}MnO_3$ ,  $Pr_{0.55}(Ca_{0.8}Sr_{0.2})_{0.45}MnO_3$ )は、光照射によって、より伝導性の高い状態に遷移するものの光誘起強磁性金属相を生成するには至っていないことが明らかとなった。これらの結果は、同じ物質系の薄膜試料に関する結果(項目4. 1参照)と相補的な知見を与える。構造変化を抑制するには、Aサイトイオンのイオン半径を制御することによって電荷秩序の相関長を抑制することが有効であり、実際のそのような系( $Gd_{0.55}Sr_{0.45}MnO_3$ )では、光誘起強磁性金属相が実現できることがわかった。(産総研)[文献20、41]

このマンガン酸化物の光誘起相転移の初期ダイナミクスの詳細を明らかにするには、光誘起電荷・軌道秩序融解における電荷と格子のダイナミクスを高い時間分解能で検出することが重要である。そこで、典型的な電荷・軌道秩序絶縁体である  $Nd_{0.5}Ca_{0.5}MnO_3$  にNOPAを用いたポンプ・プローブ分光を適用した。その結果、光照射後、時間分解能30フェムト秒以内に電荷秩序が融解すること、また、融解の効率が一光子あたり約100マンガンサイトであり極めて大きいことがわかった。この結果から、電荷秩序は主として電子相関効果によって安定化しており、光照射(光キャリア生成)によって、電荷秩序の高速・高効率の融解が可能であることが実証された。電荷秩序の融解に引き続き、酸素の変位の解放に対応するコヒーレント振動が観測された。この振動は4つのモードからなるが、その中で、Jahn-Tellerモードに対応するコヒーレント振動が他のモードに比べて極めて大きい振幅で生じる(図8)。以上の結果から、電荷秩序状態の安定化には、電子相関効果に加えて、軌道秩序も重要な役割を果たしていることが示された。

(東大、産総研)[文献 48]

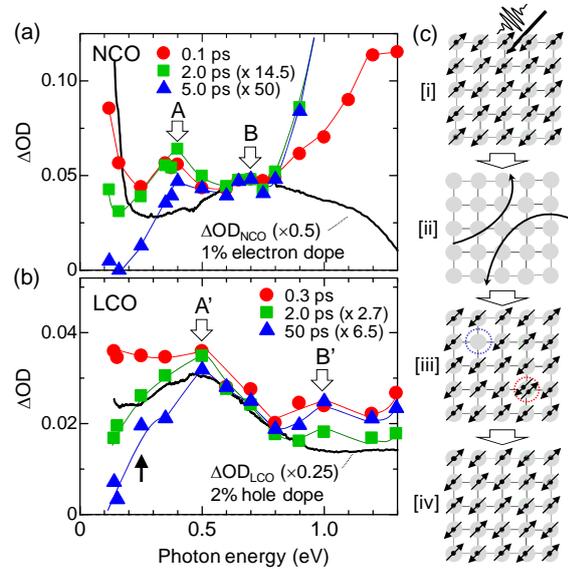


図 7:(a,b) 銅酸化物における超高速光キャリアドーピング効果と化学ドーピングのスペクトル比較。(c) 光照射による電子状態変化の模式図

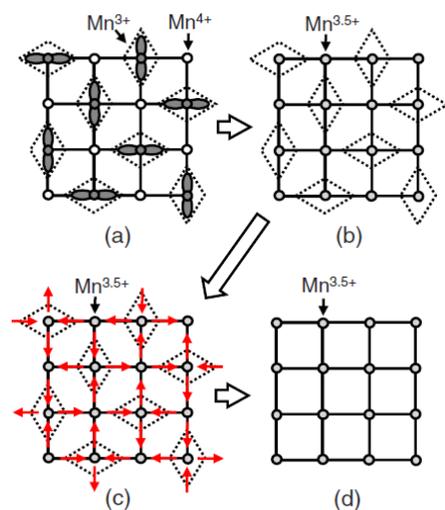


図 8:マンガン酸化物における光誘起電荷秩序融解の模式図。超高速の電荷秩序融解に引き続き、酸素変位の解放とその振動が生じる。

(2)研究成果の今後期待される効果

#### 4. 2. 1 超高速分光測定系の構築

○ 本研究で構築した、低温での測定が可能な、高感度(反射率、透過率変化  $2 \times 10^{-4}$ )、高時間分解能(20 fs)、広帯域(2.5 eV $\sim$ 0.75 eV)ポンプ・プローブ分光測定系は、今後、この種の光誘起超高速現象の解明のための主要装置になると考えられる。現在、本技術をもとに自作のレーザーシステムの開発を行い、15 fs までの時間分解能の向上が可能となっている。今後、光誘起相転移において生じるすべての格子変形・分子振動に加え、トランスファーエネルギー約 0.2 eV に対応する電子応答の実時間観測までが可能となり、より詳細な遷移ダイナミクスの検出と機構解明が可能になるものと期待される。

#### 4. 2. 2 超高速遷移ダイナミクスの検出と機構解明

○ モット絶縁体を光励起した場合に生じる光誘起金属状態の寿命は1ピコ秒以下であり、非常に短い。このような超高速応答は、通常の半導体では得ることができないものであり、超高速光スイッチング素子の動作原理として期待される。特に、一次元モット絶縁体 ET-F<sub>2</sub>TCNQ のモットギャップに対応する吸収ピークは通信波長帯 1.55  $\mu\text{m}$  にあるため、この物質の超高速応答を利用した光スイッチング素子への展開は有望である。光スイッチング素子の実現には、良質の薄膜作製が可能な化合物の探索など、材料開発からのアプローチが必要であり、今後の研究の進展が期待される。

○ マンガン酸化物の光誘起電荷秩序絶縁体/強磁性金属転移において、巨視的な相転移を高速かつ高繰り返して誘起するには、構造変化を可能な限り抑制することが必要であることがわかった。不規則性を導入することで電荷・軌道秩序の長距離相関の抑制が可能であり、それによって、高速、高繰り返しの伝導性制御、磁化制御が可能であることが実証された。これは、マンガン酸化物をはじめとする電荷・軌道秩序系の遷移金属酸化物を用いて超高速光誘起相転移を実現し、その現象を機能性デバイスへ結びつける上での基本的かつ最も重要な指針となるものである。

### 4. 3 新規光誘起相転移・光スイッチング現象の開拓 (東京大学・産総研 岡本グループ)

(1)研究実施内容及び成果

項目4. 2の結果を踏まえ、本研究項目では、様々な遷移金属酸化物およびハロゲン化物を用いて、新しい物理的機構に基づく超高速光誘起相転移現象の探索、および、三次非線形光学効果を用いた光スイッチング現象の実証を目的として研究を行った。

#### 4. 3. 1 新規超高速光誘起相転移の探索

○ 励起光子密度の変化による三相間光誘起相転移

通常の光誘起相転移は、光励起(光キャリアドーピング)によって、二つの電子相間の相転移を引き起こすものである。励起光子密度や光子エネルギーを変化させることによって、複数の異なる相への相転移を選択できれば、より高度な光スイッチング機能実現に結びつくものと考えられる。このような光誘起相転移の制御の対象として、本研究では、一次元ハロゲン架橋遷移金属錯体を選択した。

我々は、これまでに、この物質系において光誘起電荷密度波 $\rightarrow$ モット絶縁体転移、および、光誘起モット絶縁体 $\rightarrow$ 金属転移を見出してきた。しかしながら、電荷密度波、モット絶縁体、金属という三相の間で相転移を起こす系は見出されていない。電荷密度波 $\rightarrow$ モット絶縁体転移を起こすには、二相の相境界近傍の物質が必要である。一方、モット絶縁体 $\rightarrow$ 金属転移のためには、電子の遍歴性が大きい物質が適している。そこで、その両者を満たす物質として、相境界に位置し、電子トランスファーエネルギーの大きな物質であるヨウ素架橋 Pt 錯体([Pt(chxn)<sub>2</sub>]I<sub>2</sub>)を選択し、光誘起相転移の励起光子密度依存性を詳細に調べた。その結果、弱励起では電荷密度波 $\rightarrow$ モットハ

バード相転移を、強励起では電荷密度波→金属転移を起こすことができることが明らかとなった。すなわち、この系では、励起光子密度の選択によって三つの相間の光誘起相転移の実現が可能であることが実証された。(東大) [文献42]

○ 励起光子エネルギーの選択による光誘起相転移の制御

ハロゲン架橋遷移金属錯体では、これまで、温度変化で電荷密度波/モット絶縁体相転移を起こす系は見出されていない。臭素架橋 Pd 錯体において配位子にアルキル鎖を導入し、それによる低温での一次元鎖方向の格子定数の減少効果(化学圧力効果)を利用することによって、温度低下による電荷密度波/モット絶縁体転移を実現した。この錯体([Pd(en)<sub>2</sub>Br](C<sub>5</sub>-Y)<sub>2</sub>)のモット絶縁体相において光照射を行うと、励起光子エネルギーが励起子吸収ピークに一致する場合は、モット絶縁体→電荷密度波転移が、より高い光子エネルギーでの励起の場合は、モット絶縁体→金属転移が生じることを見出した。この結果は、光子エネルギーの選択による相制御という新しい電子相制御手法の可能性を示す成果である。(東大) [論文準備中]

○ 二つの軌道秩序相間の光誘起相転移の実現

ペロブスカイト型マンガン酸化物では、上述のように光照射による電荷秩序や軌道秩序の融解、あるいは、電荷秩序相から強磁性金属相への相転移が実現した。しかし、異なる電荷秩序相あるいは軌道秩序相の間で光誘起相転移を起こす系はない。バナジウム酸化物(YVO<sub>3</sub>)は、77K以下でC-type軌道秩序相(orbital order :OO)を、77K~200KでG-type軌道秩序相をとる(図9(a))。そこで、C-typeとG-typeの軌道秩序相間の光誘起相転移の可能性を調べた。C-type軌道秩序相を光励起したところ、励起後時間分解能200fs以内にC-type軌道秩序が融解すること、0.5psから1psの時間領域で軌道融解状態からG-type軌道秩序状態が生成すること、が明らかとなった(図9)。本系での異なる軌道秩序間の光誘起相転移は、以前からその実現が予測されていたが、本研究によって、それが明確に実証された。(東大)[論文準備中]

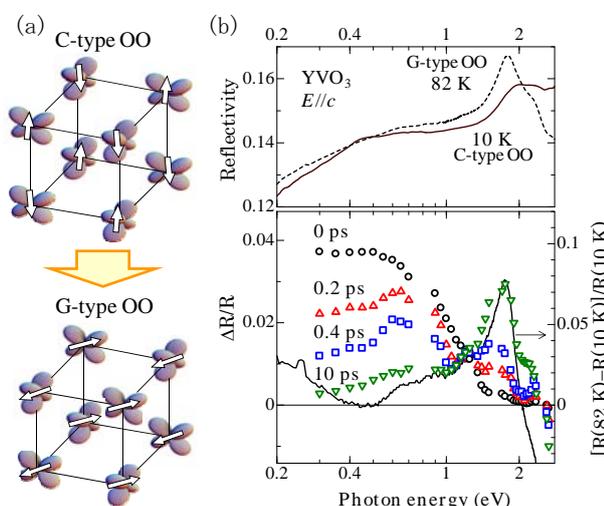


図 9:ペロブスカイト型バナジウム酸化物の光誘起軌道秩序(OO)転移。(a) 軌道秩序の概念図、(b) C-type 軌道秩序相を励起した場合の反射率変化。1.8 eV のピークが G-type 軌道秩序を表す。(実線は、82 K と 10 K の反射率の差分である。)

○ ダブルパルスによる超高速光スイッチング現象の開拓

上述したハロゲン架橋遷移金属錯体([Pd(en)<sub>2</sub>Br](C<sub>5</sub>-Y)<sub>2</sub>)では、励起光子エネルギーが低い場合には、モット絶縁体相から電荷密度波相への光誘起相転移が実現できる。一方、電荷密度波相の錯体でモット絶縁体相の近傍に位置する系は、光誘起電荷密度波/モット絶縁体転移を起こす。そこで、二つの異なる光子エネルギーのパルスを選択することで、光誘起モット絶縁体→電荷密度波→モット絶縁体という超高速スイッチングの実現を試みた。後者の回復過程の効率はまだ100%に届かないものの、光子エネルギーを精密に選択することによって、ダブルパルスによる超高速スイッチングを起こすことができることが実証された。この結果は、光誘起相転移を利用した新しい光スイッチング手法の可能性を示す重要な成果である。(東大) [特願2009-034662 出願日:2009年02月17日]

4. 3. 2 一次元モット絶縁体における超高速光スイッチング

一次元モット絶縁体である臭素架橋ニッケル錯体[Ni(L)<sub>2</sub>Br]Br<sub>2</sub> (L: 1,2-diaminohexadecane) の

ナノメートルサイズの微結晶をポリマーに分散させる方法で、良質な光学薄膜を作成することに成功した。Zスキャン法によって、この錯体が、 $10^{-9}$  esuを超える大きな三次非線形感受率を持つことが明らかとなった。さらに、この薄膜では、1ピコ秒の間隔で二光子吸収による透過率変化を起こすことができることを実証した(図10)。(東大)[文献10]

#### (2)研究成果の今後期待される効果

○  $[\text{Pd}(\text{en})_2\text{Br}](\text{C}_5\text{-Y})_2$  で示された二つのパルスを使った相制御、すなわち、第一パルスで A 相→B 相の相転移を起こし、第二パルスで B 相→A 相を起こす相制御は、光誘起相転移を用いた新しい光スイッチングの動作原理として期待される。

○ 臭素架橋ニッケル錯体における三次非線形光学効果を用いた光スイッチングの研究では、この種の物質が、三次非線形感受率、および、スイッチングの繰り返し、の両面で、非常に高い性能を持つことが実証された。現在の試料では、吸収による光の損失が大きいが問題となっている。本研究を基盤として、この損失の問題を解決するための物質合成や物質開発の観点での研究の進展が期待される。

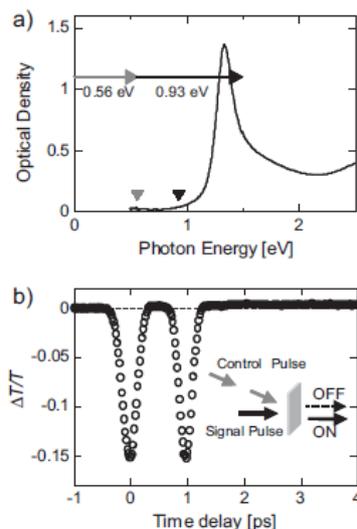


図10:(a) 臭素架橋ニッケル錯体の吸収スペクトル。(b) (a)に示す二光子吸収過程を使った全光型超高速スイッチング。

### 4. 4 酸化物ヘテロ構造における光励起/電荷注入相制御技術の開発 (東京大学・産総研 岡本グループ)

#### (1)研究実施内容及び成果

強相関電子系(単結晶、薄膜試料)への光照射では、正負、両極性のキャリアが生じるため、光強度の増加に伴い高速のキャリア再結合が生じ、有効なキャリア密度の制御が困難となる場合がある。そこで、項目4. 5で詳述されているペロブスカイト型遷移金属酸化物ヘテロ接合界面でのキャリア移動に注目し、キャリア生成層と強相関酸化物層からなるヘテロ構造を新規に作製した。このヘテロ接合において、キャリア生成層を光励起することによって酸化物層へ電荷を注入し、酸化物層の電子相制御を目指した。具体的には、良質な界面を有する $\text{TiO}_2$ や $\text{SrTiO}_3$ と銅酸化物やマンガン酸化物とのヘテロ構造を作製し、 $\text{TiO}_2$ や $\text{SrTiO}_3$ から銅酸化物やマンガン酸化物への正孔注入による絶縁体-金属転移の実現、および、反強磁性-強磁性転移の実現を試みた。

#### 4. 4. 1 $\text{La}_2\text{CuO}_4/\text{TiO}_2$ ヘテロ接合における光キャリア注入相制御

$\text{La}_2\text{CuO}_4/\text{TiO}_2$ ヘテロ接合では、 $\text{TiO}_2$ 層を紫外光で励起すると、 $\text{TiO}_2$ 層に生じた正孔が効率的に銅酸化物層に注入され金属化が生じること、その注入時間が時間分解能(200フェムト秒)以内で生じること、注入されたキャリアの寿命が約50ピコ秒と銅酸化物薄膜単体の場合(金属状態の寿命40フェムト秒以下、キャリア寿命10ピコ秒以下)に比べ顕著に増大することがわかった。また、正孔の注入効率の $\text{TiO}_2$ 膜厚依存性を詳細に調べ、ヘテロ接合界面に向かって生じる正孔に対する電場勾配が100 nm程度の膜厚にまで及ぶこと、 $\text{TiO}_2$ 膜厚が100 nmの場合、 $\text{TiO}_2$ 層内に生じた正孔の50%以上が $\text{La}_2\text{CuO}_4$ に移動すること、が明らかとなった。(東大、産総研)[論文準備中]

#### 4. 4. 2 マンガン酸化物/ $\text{SrTiO}_3$ ヘテロ接合における光キャリア注入磁化制御

同様な方法による磁性制御のプロトタイプとして、マンガン酸化物と $\text{SrTiO}_3$ (STO)からなる二種類のヘテロ接合  $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3/\text{STO}$ 、および、 $\text{Nd}_{0.52}\text{Sr}_{0.48}\text{MnO}_3/\text{STO}$  を作製し、時間分解光磁気Kerr効果と過渡反射分光の同時測定による光キャリア注入磁化制御の可能性を検討した。ここでは、 $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3/\text{STO}$ の結果について、詳述する。

図11は、薄膜に垂直な方向に弱い磁場(0.5 T)を印加した場合の光誘起磁化のダイナミクスであり、上が $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3$ 単膜の、下が $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3/\text{STO}$ ヘテロ接合の結果である。単膜では、光励起によるキャリア生成によってマンガン酸化物相での遍歴性が増加し、二重交換相互作用を通して高速の磁化増大が生じる[i]。引き続いて、磁気異方性の減少によって磁化が増加するが[ii]、キャリアの再結合によって生じるスピンの温度上昇によって、100ピコ秒の時間スケールで磁化の減少が生じる[iii]。一方、 $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3/\text{STO}$ では、STOの光励起後、STO からマンガン酸化物への正孔注入がやはり時間分解能(200フェムト秒)以内の高速で生じ、磁化の増加が観測される[iv]。その磁化の増加の保持時間は、マンガン酸化物のみの単膜の場合に比べ、5倍程度(約500ピコ秒)まで増加している[v]。このように、ヘテロ接合を用いて光生成する電子と正孔を空間的に分離することで、光誘起相の寿命を制御できることが実証された。(産総研)[文献95、97]

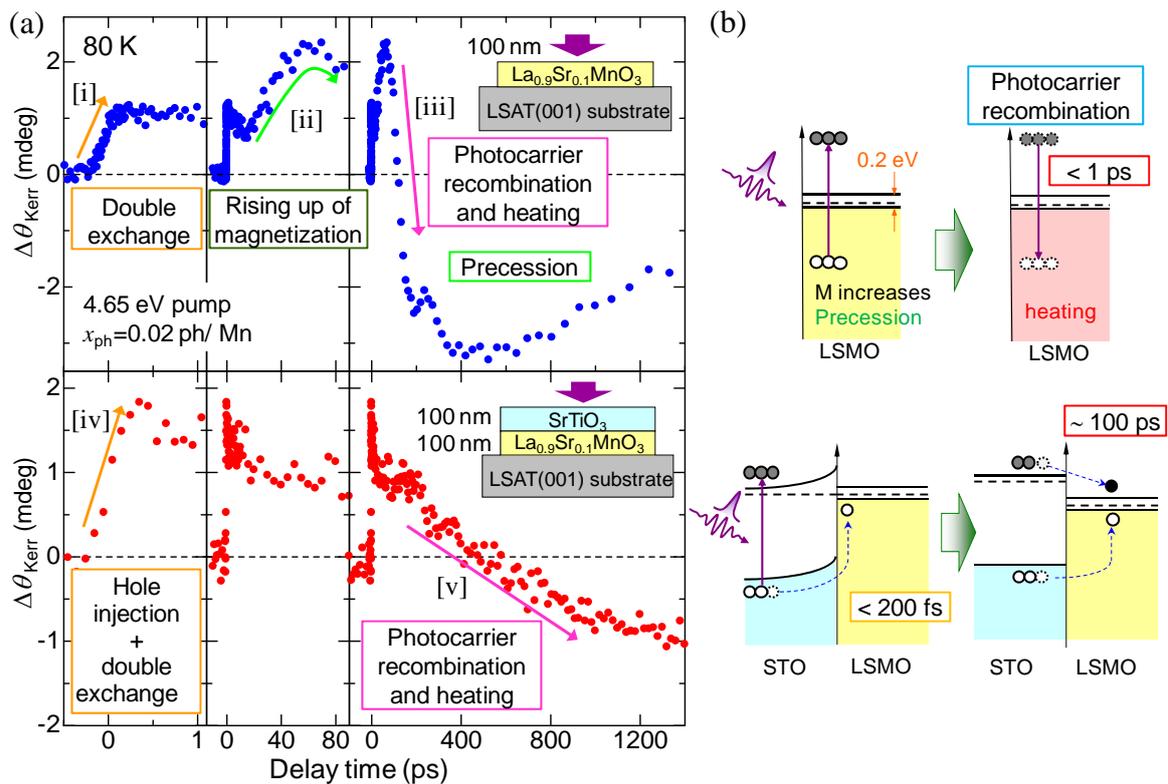


図 11:(a) 光励起による膜面に垂直な磁化成分の変化を反映する光誘起 Kerr 回転角変化。上が  $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3$  単膜、下が  $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3/\text{STO}$  ヘテロ接合の結果。(b)  $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3$  単膜、および、 $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3/\text{STO}$  ヘテロ接合における、光励起後のキャリアダイナミクスの概念図。

## (2)研究成果の今後期待される効果

チタン酸化物と強相関電子酸化物のヘテロ接合を用いれば、通常の化学的なドーピングによる強相関電子酸化物の物性制御を光励起によっても実現できることがわかった。これは、光による電子相制御という観点のみならず、化学的なキャリアドーピングが困難な様々な物質群においてキャリア注入による電子相変化を研究するために極めて有効な方法である。今後様々な物質でその研究が展開されるものと期待される。応用面では、今後、接合を構成する物質の選択、電場の印加等によって、その寿命をさらに広範に制御することで、光スイッチング・メモリ素子への展開が有望である。

#### 4. 5 酸化物ヘテロ構造の作製と新規量子相の創成 (東京大学 ファングループ)

##### (1)研究実施内容及び成果

ファン・グループでは、2 つの強相関物質がヘテロ界面という狭い領域の中で作り出す新たな電子相や新機能を作製し、これら電子状態を光・磁場などの外場によって制御することを目標とする。強相関物質の中でも原子層レベルで高品質な薄膜を成長可能なペロブスカイト型酸化物を対象とする。パルス・レーザー堆積(PLD)法を用いて作製した構造を液体ヘリウムや希釈冷凍機温度で測定することで、新たな量子相を見出すとともに、新デバイスの実証と提案を目標とする。

##### 4. 5. 1 強相関電子デバイスの作製

###### ○ 原子層レベルで制御された人工構造の作製

原子層の精度を持った酸化物人工構造の作製に向け、薄膜作製にかかる各種条件と、作製した薄膜の化学組成と構造の相関について明らかにすることを目的とした。代表的な強相関物質である強磁性マンガン酸化物  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  (LSMO) を例に、通常あまり注目されないターゲット上のレーザー照射面積の薄膜の物性に及ぼす影響について調べた。パルス・レーザー堆積法では、製膜基板温度、酸素分圧の制御を中心に成膜条件が決められるが、目的とする物質の蒸発に直接影響するパルス・レーザーの影響は、精密な組成や結晶品質を制御する上で不可欠である。 $\text{TiO}_2$  面で終端された  $\text{SrTiO}_3(100)$  基板上に  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜を堆積させたところ、小面積にレーザーを絞って作製した薄膜では、金属の元素比率が化学量論比から大きく乖離していることが明らかとなった。組成の乖離の影響は、キュリー温度の大幅な減少や、面間格子定数の増加といった物性や構造にも現れており、レーザー照射面積の重要性が明らかとなった。ターゲット上での照射面積の変化は、基板到達時のプラズマの化学組成の変化を引き起こし、薄膜の物性と構造を大きく左右していると推測される。異なるレーザー条件を使用して作製した LSMO/ $\text{SrTiO}_3$  超格子の走査型透過電子顕微鏡像にみられるように、薄膜内のカチオン比の精密制御は人工構造の物性を研究する上で不可欠な要素となる。今回の結果は、原子層の精度を持った酸化物界面の作製について新たな指針を与える結果であり、薄膜作製条件最適化をより効率的に行うための重要な基盤となった。[文献 22、31]

###### ○ 巨大内部電界を応用した界面電子状態の評価

電子デバイスの機能を支配する要素として、界面バンド・オフセットが挙げられる。通常バンド・オフセットは、ヘテロ界面を構成する 2 つの物質固有のエネルギー準位で決定されるが、しばしば物質は変えずに界面バンド・オフセットのみを変調することが要求される。化合物半導体ヘテロ界面の研究から、界面に人工的に電気双極子を導入することによってバンド・オフセットを変調できることが知られているが、酸化物ヘテロ界面では未だ実現されていない。ここでは、ペロブスカイト型酸化物( $\text{ABO}_3$ )が[001]方向に 2 種の層(AO と  $\text{BO}_2$ )が交互に積層していることと、物質によっては正負の電荷層が交互に積層していることの 2 点に注目して界面バンド・オフセットの変調を行った。バルク単結晶の品質を有する酸化物金属 LSMO を用いた LSMO/ $\text{Nb}:\text{SrTiO}_3(001)$  ショットキー接合

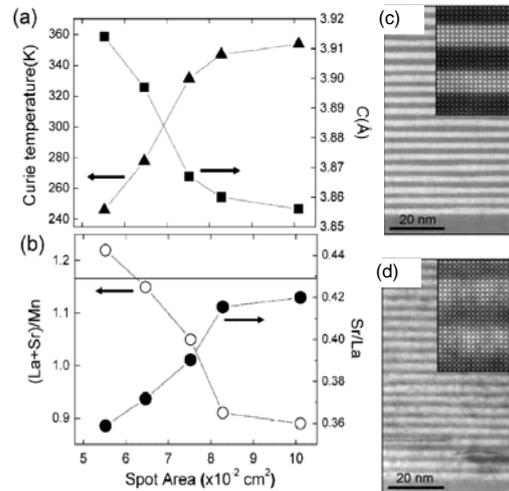


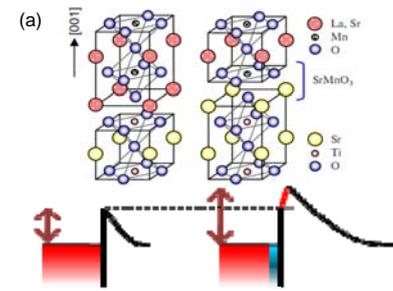
図 12: 異なるレーザー照射面積を用いて作製した LSMO 薄膜の(a) キュリー温度と面間格子定数、(b)薄膜のカチオン比。カチオン組成ずれを(c)含まない、(d)含んだ LSMO/ $\text{SrTiO}_3$  超格子の STEM 像

を対象とした。この接合は、層配列の順序の違いから、 $\text{MnO}_2/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{O}/\text{TiO}_2$ と $\text{MnO}_2/\text{SrO}/\text{TiO}_2$ という2種類の界面を作ることができ、各界面に生成する電気双極子の大きさも異なる。実際この2つの接合では、ショットキー障壁高さ(SBH)は約 0.5 V の差が観測された。原子層レベルでみると、2つの構造は  $\text{MnO}_2$  層と  $\text{TiO}_2$  層に挟まれた  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{O}$  層の Sr 濃度が異なるものとして捉えることができる。そこで、界面第一層の Sr 濃度を系統的に変化させて SBH を測定したところ、上記2つの界面の間を直線的に補間するような結果が得られた(図 13)。金属層の物性を変化させることなく、界面バンド・オフセットのみを制御できる本手法は、目的に適した人工構造を設計する際の自由度を大きく広げ、より複雑なデバイス構造を作製する上で重要な役割を果たした。[文献 43]

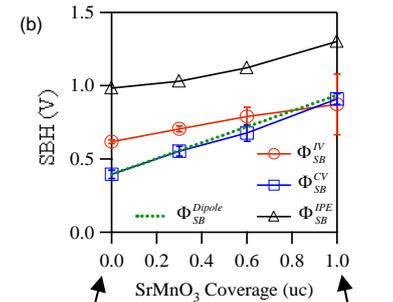
### ○ 酸化物金属ベース・トランジスタの作製

酸化物を用いた電子デバイスは、界面に平行な伝導を利用した電界効果型デバイスを中心に研究されており、界面垂直方向の伝導を利用したバイポーラトランジスタ派生デバイスの開発は限定されている。界面平行型は、チャンネルに機能性物質を利用してキャリア密度変調によって急峻な応答を求めるが、非常に大きな電圧が要求されるきらいがある。一方、界面垂直型デバイスは、界面に自発的に形成される内部電場を利用できる利点がある。さらに、ベース層に磁気応答、光応答、機能性人工超格子などの物質を用いることで、エミッタからコレクタへの電流を変調できる利点がある。

ここでは、LSMO/Nb:SrTiO<sub>3</sub> ショットキー接合を2つ接続した構造の金属ベース・トランジスタの作製を行った。本トランジスタの動作は、順バイアスされたエミッタからベース層へ注入された電子の大部分が逆バイアスされたコレクタで捕獲されることに基づく。従って、逆バイアスされたベースから



$\text{MnO}_2/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{O}/\text{TiO}_2$        $\text{MnO}_2/\text{SrO}/\text{TiO}_2$



$\text{MnO}_2/\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{O}/\text{TiO}_2$        $\text{MnO}_2/\text{SrO}/\text{TiO}_2$

図 13: (a) 2通りの LSMO/Nb:SrTiO<sub>3</sub> 接合の界面構造とそのバンド図。(b) 界面 Sr 組成変調を施した LSMO/Nb:SrTiO<sub>3</sub> 接合の SBH。SBH 評価は、電流-電圧特性 ( $\Phi_{SB}^{IV}$ )、容量測定 ( $\Phi_{SB}^{CV}$ )、内部光電効果測定 ( $\Phi_{SB}^{IPE}$ ) を用いた

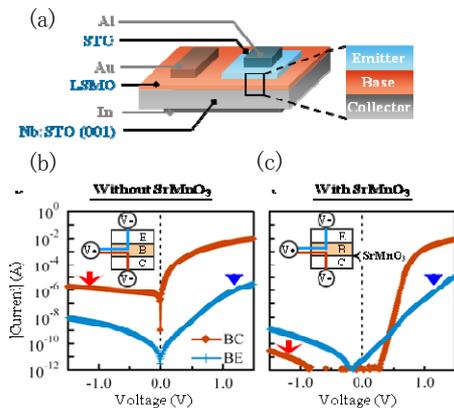


図 14 (a)作製したトランジスタの構造。エミッターベースSBH変調を (b) 施した場合、(c)施さない場合の電流電圧特性。(c)では、リーク電流が抑制されている

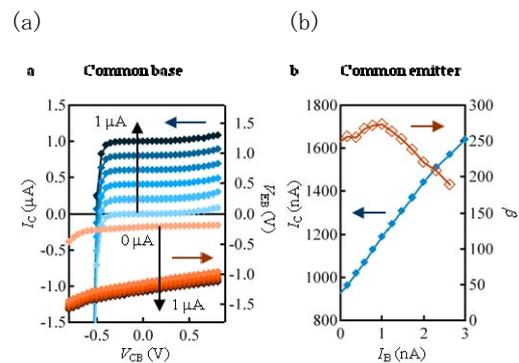


図 15 トランジスタの(a)ベース接地出力特性と電圧帰還特性。(b)エミッタ接地出力特性と増幅率

コレクタへ流れる大きなリーク電流はデバイス動作の大きな妨げとなる。図 14 に示すように、LSMO (ベース)/Nb:SrTiO<sub>3</sub> (コレクタ) 界面の Sr 濃度を調整することによって SBH を増加させて、ベース-コレクタ間のリーク電流を 4 桁抑制することに成功し、増幅率~200 のトランジスタ動作を達成した (図 15)。複合酸化物を用いた界面垂直型デバイスとしては初の成果であり、外部磁場に対して増幅率の変調も確認できたことから、本結果は今後の酸化物デバイスの幅を広げる土台となる結果であると言える。[文献 86]

#### 4. 5. 2 酸化物人工構造を用いた新量子相の創出

##### ○ 光キャリアドープ SrTiO<sub>3</sub> における次元性制御と量子極限状態

半導体における光伝導は、簡便かつ化学置換を必要としないため、クリーンなキャリア生成方法として古くから知られている (項目 4. 4 参照)。ここでは、代表的なペロブスカイト型酸化物である SrTiO<sub>3</sub> (バンド・ギャップ 3.2 eV) に、紫外線を照射して生成した光励起キャリアの電気輸送特性を低温にて行った。光励起キャリア生成は、光強度によりキャリア密度の連続的な制御が実現できる。加えて、光の波長を変化させることで、SrTiO<sub>3</sub> 表面からの深さ方向のキャリア分布を制御することができる。電界効果のように高品質な絶縁層を作製することなく、連続的にキャリア密度の変調が可能なのは、様々な伝導状態を研究する上で大きな利点である。

紫外線照射により生成したキャリアは低温において 10<sup>4</sup> cm<sup>2</sup>/Vs に達する高い移動度を示した。光励起キャリアの生成を試料表面数 10 nm に閉じ込めた場合、低温・磁場下での電気伝導度は弱局在に特徴的な振る舞いを示し、その伝導が二次元性を示すことを見出した [図 16 (b)]。低温における Hall 測定により詳細な評価を行ったところ、強磁場下では最低ランダウ準位のみが占有される量子極限状態が実現していることが明らかとなった。典型的な半導体では、量子極限状態の実現には有効質量が小さく、低キャリア密度かつ高移動度を示すことが必要とされる。SrTiO<sub>3</sub> は、比較的大きな有効質量を有するものの、誘電率が低温で非常に大きいことから、低キャリア密度でも予想を上回る移動度を示す。光照射によって実現した量子極限状態は酸化物では初の成果であり、化学ドーピングなどの他の手法では実現が難しい低キャリア密度での物理現象である。[文献 14、35]

##### ○ n 型 SrTiO<sub>3</sub> の δ-ドープ構造を用いた二次元電子系の創成

一方向に狭い空間に閉じ込められた二次元電子系は特徴的な電子状態を形成し、半導体材料を中心に電子・光学デバイスへと応用されている。SrTiO<sub>3</sub> は電子ドーピングによって非常に高い移動度を示すことや、極低温で超伝導相が存在することから、その伝導層に関する研究が古くから行われてきた。その一環として、伝導層を二次元に閉じ込める試みはなされてきたものの、高品質な薄膜の作製が困難であったため、本格的な研究はなされてこなかった。ここでは SrTiO<sub>3</sub> 薄膜内の欠陥平衡を考慮した薄膜作製条件 (高温、低酸素分圧) を用いることで、欠陥密度を大幅に減少し、バルク単結晶と同程度の移動度を示す SrTiO<sub>3</sub> 薄膜を作製することに成功した。この技術を用い、n 型 SrTiO<sub>3</sub> を絶縁体 SrTiO<sub>3</sub> で挟む δ-ドープ構造を作製することで、二次元伝導を示す高移動度電子系を実現することに成功した。図 17 (b) に示すように、界面に垂直方向の磁場の強さにスケー

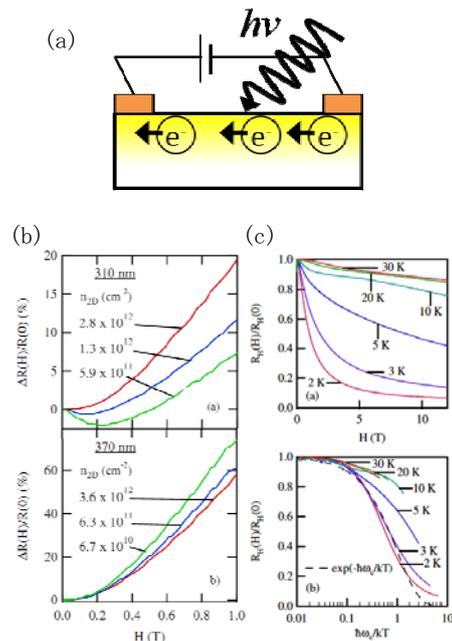


図 16: (a)光キャリア生成の模式図。(b)紫外線照射下[λ=310 nm(上), 370 nm(下)]での SrTiO<sub>3</sub> の 2 K における磁気抵抗。(c) 紫外線(λ=380 nm)照射下における 2 K でのホール係数の量子極限状態の振る舞い

ルするシュブニコフ・ド・ハース振動が明瞭に観測され、伝導層が二次元に閉じ込められていることを確認した。さらに、希釈冷凍機温度において、急峻な超伝導転移を確認し、臨界磁場が磁場と伝導層とのなす角度に強く依存することが明らかとなった。図 17 (d)に示すように、伝導層の厚さを調整することで、三次元超伝導相と二次元超伝導相を自在に作り分けることに成功した。

今回の結果は、従来清浄な系の実現が困難と言われていた複合酸化物においても十分に清浄な系を実現できることを示すとともに、今後高温超伝導体や超巨大磁気抵抗物質との界面を作製することで、クーパー対やスピン偏局電子を散乱なくクリーンな SrTiO<sub>3</sub> チャンネル層に注入した新規界面電子相実現へ発展することが期待できる。[文献 60、75]

○ 伝導性 LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面のキャリア密度変調効果

絶縁体同士からなる構成される LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面における金属的伝導・超伝導は、その伝導電子の存在する領域が界面数 nm に制限されることが知られているが、キャリアの起源や閉じ込め効果のメカニズムは未だ明らかにされていない。この伝導層の性質を詳しく調べるため、SrTiO<sub>3</sub> 側から電圧を印加した際の伝導性の変化から、界面伝導層のキャリア密度とキャリア移動度の変化を評価した[図 18 (a)]。正の電圧の印加によってキャリア密度はわずかな増加傾向を示したものの、移動度はその 5 倍以上の変化を示した。これは、一般的な MOS 電界効果トランジスタの伝導性の変調とは本質的に異なる可能性を示唆している。さらに、同じ構造を希釈冷凍機温度まで冷却して超伝導特性を評価すると、印加電圧によって正負両側において超伝導-絶縁体転移を引き起こすことを見出した。負電圧印加時のみ相転移が誘起されるとした過去の報告と対照的である。以上の結果を解釈するため、界面から SrTiO<sub>3</sub> 側に存在する電子密度の分布を、異なる印加電圧に対して計算した[図 18 (b)]。その結果、負の電圧を印加した場合、電子は界面の狭い領域に閉じ込められるため、界面散乱の影響がより支配的になり、移動度が減少することが明らかとなった。このような振舞を引き起こす原因は、SrTiO<sub>3</sub> の誘電率が強い界面電場によって誘電率が局所的に大きくバルクの値から変化していることが関与していると考えられる。[文献 61]

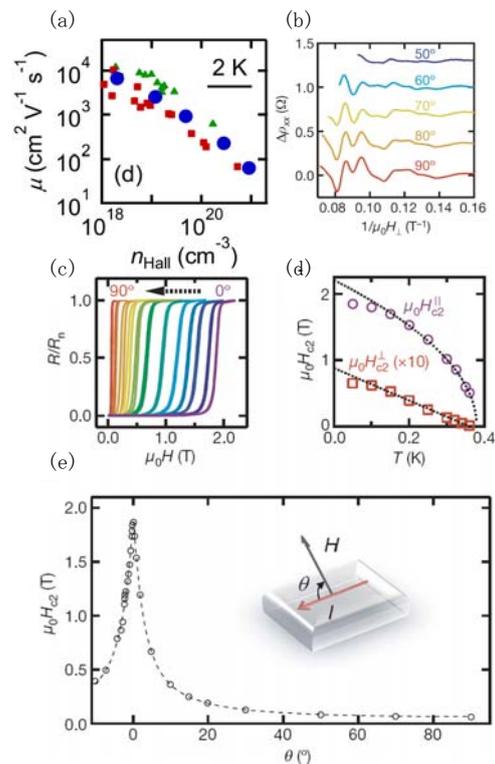


図 17: (a)青丸:作製した n 型 SrTiO<sub>3</sub> 薄膜の 2 K における移動度、赤、緑:バルク値。δ-ドープ構造における (b)シュブニコフ・ド・ハース振動、(c) 200 mK における超伝導転移の磁場依存性、(d)超伝導臨界磁場の温度依存性、(e)臨界磁場の磁場異方性

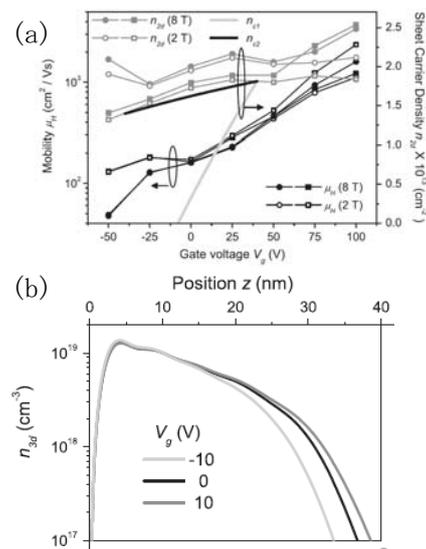


図 18 (a) LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面伝導相の移動度(左)とキャリア密度(右)の印加電圧依存性。(b) 各印加電圧に対する界面キャリア密度の計算結果

○ LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面における局所電界効果と分子吸着効果

原子層レベルで積層されたヘテロ構造は、各層の厚さが非常に薄いことから、表面と界面の間で静電的な結合が起きることが予想される。ここでは、界面伝導性を示す LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> ヘテロ界面において、LaAlO<sub>3</sub> 表面側から電圧印加や各種分子を吸着させることで、界面伝導性の変調を試みた。

LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> ヘテロ界面は、SrTiO<sub>3</sub>(100)基板上に数 nm の LaAlO<sub>3</sub> 薄膜をエピタキシャル成長させることによって作製する。最初の伝導性の報告から間もなくして、LaAlO<sub>3</sub> 薄膜の膜厚が 3 原子層以下の場合には界面伝導層が形成されないことが報告され、LaAlO<sub>3</sub> 表面と界面の間に静電的な結合の存在が示唆された。そこで、LaAlO<sub>3</sub> の膜厚が 3 原子層の LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> ヘテロ構造の薄膜表面側より原子間力顕微鏡(AFM)探針にて電圧を印加し、表面に誘起される電荷を直接観察した。正の電圧を印加した場合と負の電圧を印加した場合とで、AFM の位相コントラストが明瞭に異なることから、LaAlO<sub>3</sub> 表面に蓄積された電荷量が印加電圧によって再現よく制御できることを見出した[図 19 (a)-(d)]。

表面電荷による界面伝導の変調をより詳しく調べるため、予めフォトリソグラフィによって微細加工を施した構造を用いてスイッチング特性を評価した。LaAlO<sub>3</sub> 膜厚が 25 原子層と非常に厚い場合でも正負の電圧によってスイッチングが可能であることを見出した(図 20)。注目すべきは、十分に長い時間電圧を印加することで、金属-絶縁体転移を引き起こすことが可能であることである。

局所的な表面電荷による界面伝導の変調をマクロなスケールで検証する目的で、分極率や分子の体積の異なる溶媒分子を LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> ヘテロ構造の表面に吸着し、伝導率の測定を行った。図 21(a)に示すように、表面を水分子で覆った場合、抵抗率は減少し、過熱して表面の水分子を除去すると抵抗率が上がることを再現性よく確認できた。ここで、抵抗率を初期状態に復元するために加熱が必要なることからわかるように、水分子は LaAlO<sub>3</sub> 表面に強く化学吸着している。各種溶媒で同様の実験をしたところ、分子の分極率が大きく、LaAlO<sub>3</sub> 表面の分子の吸着密度が大きいほど、伝導率の変化が大きいことが確認された。以上の結果から、LaAlO<sub>3</sub> 上に生成した表面電荷は安定に存在し、LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面伝導率の変化を引き起こすことが明らかとなった。[文献 74、92、111]

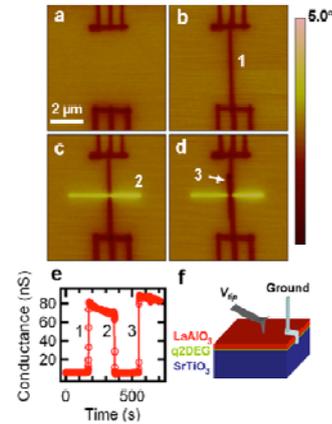


図 19 (a)-(d) LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 構造の AFM 位相像。(e)表面印加電圧後の界面伝導層の導電率及び(f)その測定模式図。

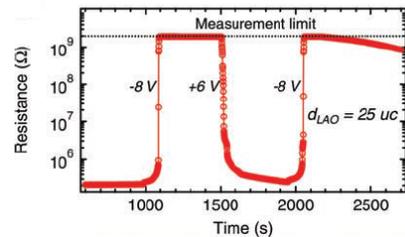


図 20 LaAlO<sub>3</sub> 膜厚 25 原子層の LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 構造の電気抵抗率の AFM 印加電圧依存性

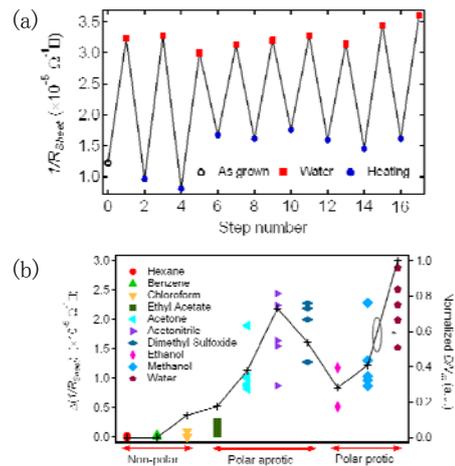


図 21 (a) LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 構造の水分子吸着後と過熱後の電気伝導度。(b) 各種溶媒分子吸着後の界面伝導率変化

## (2)研究成果の今後期待される効果

### 4. 5. 1 強相関電子デバイスの作製

バンド・オフセットを自在に制御できる技術は、強相関電子系デバイスを設計する上では不可欠な要素技術であるといえる。今後この手法が一般化されることで、水の光分解など酸化還元電位と触媒のバンド・オフセットが重要となる光触媒の分野でも発展が期待できる。強相関電子系の界面垂直伝導型デバイスは、今後ベース層への磁性超格子の挿入や、コレクタへの強誘電体の使用などによって、センシングやメモリ機能を有するトランジスタの作製が期待できる。

### 4. 5. 2 酸化物人工構造を用いた新量子相の創出

SrTiO<sub>3</sub>のような多元系半導体において $\delta$ -ドーピング構造を実現できたことは、今後より複雑なd電子系での二次元電子系の創成の大きな突破口となると確信している。現在、伝導層を2つ設けた二重 $\delta$ -ドーピング構造を作製し、2つの層の間隔を変化させることで、量子化された伝導層の間に強い相互作用が生じていることを見出した。このように、従来 *sp*-電子系でのみ議論が行われてきた内容を今後 *d*-電子系でも行うことができることが期待される。さらにゲート電圧を印加できるような構造を設計することで、酸化物を用いた高移動度電子トランジスタへの展開も期待される。

LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> ヘテロ界面の伝導を様々な角度から評価した結果は、今後の酸化物ヘテロ構造を使った機能開発をする上で重要な指針となると期待できる。特に表面-界面の強い静電的結合は、その伝導度の大きな変化からも、選択性を改良することでセンサー応用が期待できる。また、AFM短針に電圧を印加して、界面に埋もれたナノスケール伝導チャネルを作製できる技術は、世界でも限られており、今後強相関電子系を対象としたメゾスコピック系物理学を追及する上でも重要な技術となると期待できる。

## 4. 6. 酸化物ヘテロ構造の作製と局所対称性の検出 (東京大学、宮野グループ)

### (1) 研究実施内容及び成果

本プロジェクト開始時においては、異なる電子状態を持つ二つの結晶の接合界面で特異的な電子状態を創出させることを企図し、これを「バンドエンジニアリング」と表現した。項目4. 5では異なる化学ポテンシャルを持った固体の接合面において、電子がエネルギー的な辻褄を合わせる過程で生じる特異な電子状態について検討した。しかし、プロジェクト遂行過程において、電子状態のみならず格子歪みが非常に大きな効果を示す事例が次々明らかになった。当初意識されなかったが、電子と格子が不可分に結びついた強相関係では当然予想された事である。本研究項目では界面効果のうち、磁気秩序と歪みに関する部分を取り扱う。この両者とも、対称性(空間・時間)の破れに深く関連し、非線形光学を使って非常に敏感かつ詳細に検出することが可能であることから、特に項目を別に立てた。本プロジェクト中に第二高調波発生(SHG)・測定装置を完全自動化して24時間連続測定を可能にした結果、パラメータ(偏光、温度、磁場、等)空間をくまなく探索して単一界面における種々の対称性の破れを検知することに成功した。

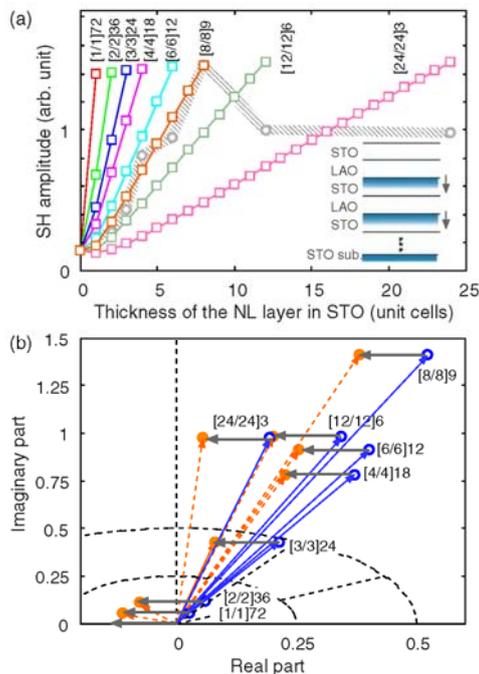


図 22:(a) 試料の SHG 振幅の超格子周期依存性。(b)SHG 複素振幅の複素平面表示。オレンジ:測定値、黒:STO 基板からの寄与、青:薄膜のみからの複素 SHG の計算値

#### 4. 6. 1 LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面分極の検出

項目4. 5. 2で示されたLaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>界面の特異な電子状態は、LaAlO<sub>3</sub>の分極エネルギーの発散(ポラーカastrophe)を避けようとして発現するものであるという描像が提案されている[文献49]。この分極を検出する目的でSHG測定を行った。ところで、市販のSrTiO<sub>3</sub>基板には作製過程で導入される制御できない光非線形性があり、SHG測定の精度を著しく損なう。そこで、この影響を避けるためのデザインとして試料薄膜の厚さをSHGのコヒーレンス長(約40 nm、144 u.c.)に固定し、その中に(1:1)から(24:24)にまでの周期の異なる8種類の超格子を作製した(試料の精密作製については項目4. 5. 1参照)。これにより、基板と試料の位相がほぼ $\pi/2$ 異なり、位相も含めて最も試料の非線形性を反映した測定が可能になった(図22(b)参照)。基板も含めた全体のSHG位相はこのモデルの正しさを裏付けるものであった。これにより、電子注入の起きる臨界膜厚は界面から3~4格子の範囲であること、分極の及ぶ範囲が界面から8格子程度であること、それ以遠もゆっくりと減衰しながら影響が及ぶこと(図22(a))などが明瞭に示された。[文献50]

#### 4. 6. 2 LaMnO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub> 界面金属強磁性の検出

LaMnO<sub>3</sub>はAタイプのSrMnO<sub>3</sub>はGタイプの反強磁性絶縁体である。この界面は二重の意味で秩序が競合している。まず、LaMnO<sub>3</sub>は(001)格子面ごとに項目4. 5. 2で示したと同様の形式電荷の振動があること、反強磁性スピンの並び方が異なるために界面スピンはどちらの秩序をとってもエネルギー的に不利なこと、である。これまでの本チームの知見から、この両方のフラストレーションを解消する最も手っ取り早い方法は、界面を強磁性・金属相にすることである。この事を検証するためLaMnO<sub>3</sub>(4 u.c.)/SrMnO<sub>3</sub>(4 u.c.)単一界面を作製し、磁場下でのSHG測定を行った。

##### ○ 磁気秩序の検出

電気分極( $P$ )と磁化( $M$ )が同一の波動関数を起源として同時に生じる時、 $T \sim P \times M$ のベクトルに比例した第二高調波分極が発生する。LaMnO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub>界面は上述のように界面分極が存在するので、界面に存在する原子が磁化を持つ事を示すには磁場誘起の新たなSHGを観測すればよい。

図23(a)に示すように入射する基本波をs偏光に固定し、発生するSHGの偏光解析を行うと、図23(b)に示す外部磁場の方向に依存した強度パターンが得られる。このパターンは、空間反転対称性が破れた $P$ 成分によるSHGと $P \times M$ 成分によって発生するSHGの干渉によるものであり、磁化の反転によって $T$ の符号が反転した事を示している。このようにして、磁化した原子が実際界面に存在すること、つまりフラストレーションの結果、反強磁性接合面が磁化を持つ事を示した。[文献40]

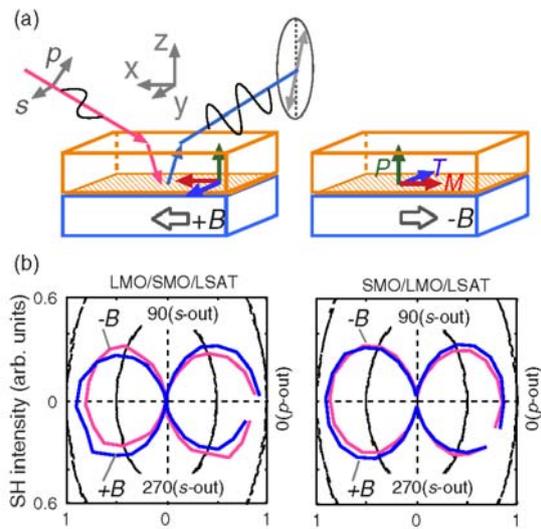


図23: LaMnO<sub>3</sub>(橙)とSrMnO<sub>3</sub>(青)の界面に生じた $P$ と $M$ によるSHGの偏光解析。磁化の反転によって $T$ の符号が反転する

##### ○ 金属相の検出

界面一層が金属化していても、端子間の電気伝導でそれを確認することは絶望的である。しかしMn酸化物では二重交換相互作用によって、金属状態でフェルミ面を構成する伝導電子のスピンの種類であるハーフメタルであることが知られている。ハーフメタルではスピン反転ができないためスピン励起の減衰する経路が制限され、エネルギーが長い時間スピンセクターに留まり続けることが実験的に分かって来た。我々は、LaMnO<sub>3</sub>(4 u.c.)/SrMnO<sub>3</sub>(4 u.c.)単一界面を光励起して磁化を熱平衡状態から外した後、平衡が回復する時間依存性を $T$ 由来の成分を観測する非線形ポンプ・プローブ法によって調べた。その結果、10ピコ秒程度の時定数をもつ励起過程と100ピコ秒程

度の時定数をもつ回復過程が観測された。このように非常に遅いスピン・格子緩和は通常の磁性金属よりなるハーフメタルで見られているものと非常に似通っており、界面の格子層が金属状態であることの証拠と結論した。[文献 51]

#### 4. 6. 3 歪みによる電子状態の強い変調: 格子による電子制御

強い電子格子相互作用が強相関係の一つの特長であることは言うまでもないが、薄膜においては基板による歪み効果が物性の基本を決定づける場合がある事が本プロジェクトで明らかになった。

##### ○ zone-boundary 歪みによる間接型強誘電体の分極消失

電気的なエネルギー最低状態が実現した結果分極を生じる直接型 (proper) 強誘電体に対して、それ以外の自由度が変化する事によって副次的に分極を生じる強誘電体を間接型 (improper) と呼ぶ。六方晶  $\text{YMnO}_3$  は典型的な間接型強誘電体であり、高温 ( $\sim 1250$  K) で格子が三量体化した後 950 K 付近に強誘電転移点を持つとされる。三量体化は zone-boundary の  $K$  点に相当する変形によるものである。この変形はそれ自身が強誘電性、すなわち反転対称性の破れを自動的に意味するものではないが、それを許容するものであり、したがって副次的な理由によって強誘電性を持つ事ができる。しかし、逆に  $K$  変形を外場で消す事ができれば、強誘電性は消失しなければならない。このようなシナリオを検証するため、立方晶 YSZ (yttria-stabilized zirconia) の (111) 表面に六方晶  $\text{YMnO}_3$  超薄膜を作製した。立方晶 (111) 表面は一様であり zone-boundary 変形を持たないために、界面においては変形ゼロ、すなわち強誘電分極が消失していると予想される。

まず、望み通りの構造ができている事を 3 u.c. の厚さの膜を例に図 24 に示す。断面 STEM 像で明らかのように、薄膜中の Y 原子が基板中の Zr(Y) と結晶学的に等価な位置にコヒーレントにエピタキシャル成長している。これはとりもなおさず、薄膜第一層は格子変形が消失していることを意味する。これを模式的に描いたものが図 25 であり、膜内部に向かってバルクの変位が回復する様子を示した。ところで、このような変形が生じると、分極が消失する以外に、各層が本来持っていた三量体化の効果があらわになり、 $C_3$  の対称性を持つようになる。とりわけ、六方晶では禁制であった s 偏光入射 s 偏光 SHG が許容になり、実際 3 u.c. 以下の薄膜では最も強い SHG 成分となる。

三量体を解消する格子変形に由来する偏光成分 (s, s) と分極に由来する SHG 偏光成分 (s, p) を比較し、界面に強く拘束された格子 (領域 I) が膜内部に向かって十分緩和した (zone boundary 変形の解消、領域 II) 後に分極が立ち上がる (領域 III) 様子が明確に見られた (図 26)。このような振舞いは、間接型強誘電体ならでのものである。[文献 80、99]

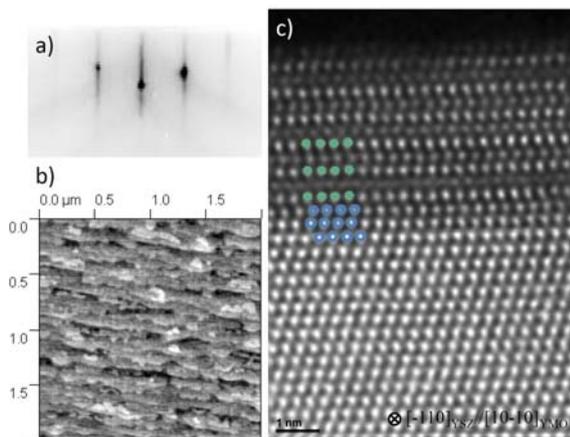


図 24: 3 u.c. 膜の構造、(a) RHEED パターン、(b) AFM 像、(c) 断面の HAADF-STEM 像 (青: 基板の Zr(Y)、緑: 薄膜中の Y)

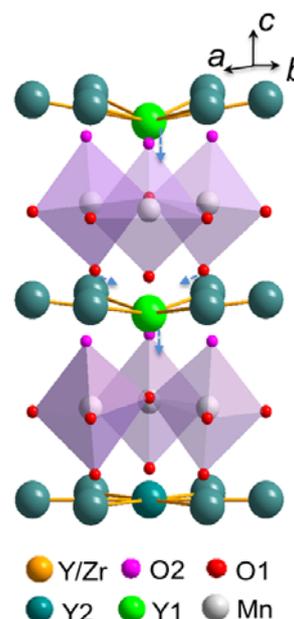
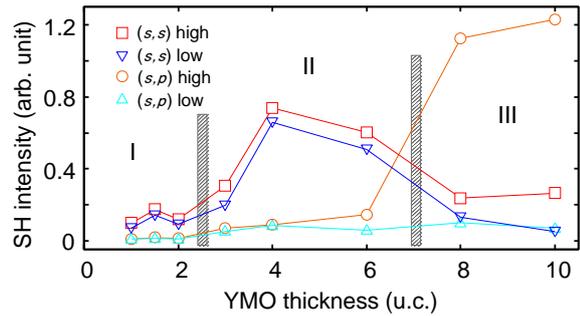


図 25: 界面で平坦な Y 層 (図中最下層) が膜内部 (上方) に向かって緩和する様子。矢印は三量体化による変位。

図 26: 格子変形に関わる偏光 (s, s) と分極に関わる偏光 (s, p) の膜厚依存性。high と low は膜面内での強度の最大・最小値をそれぞれ示す。8 u.c.以上の (s, p) 偏光における強度の分裂は、ドメイン構造が発生していることを示す



○ 格子変形に伴い普遍的に生じる分極

Mn 酸化物薄膜を詳細に調べる過程で、バルク結晶では反転対称性を持つ相からでも強い SHG がしばしば観測されることを見出した。その典型的な例を図 27 に示す。Pr<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub> は 260 K 付近で金属強磁性体に転移し、160 K で A タイプ反強磁性絶縁体へと一次の相転移をする。金属相では格子は擬立方晶だが、低温では a-軸が縮む一方 b-軸が伸び、全体としてずり変形が加わる。図では金属/絶縁体転移において電気抵抗(左軸)に大きなとびが現れるのと軌を一にして、SHG 信号(右軸)が現れる。この強度は実像を撮るのに十分な程であり、図 27 の周辺に SHG 活性ドメインの現れる様子を温度の関数として示した。一次転移であることを反映して、ドメイン単位で一斉に転移が起きている様子が明らかである。

本来、反転対称性があるはずの試料からこのように強い SHG が見られる原因は、薄膜においては反転対称性が失われているからと考えざるを得ない。我々は、このことを更に確認するため、焦電性を測定し、SHG 信号の微分的な温度依存性を得た。さらに、第一原理計算によっても、ずり歪みを外部から印加すると、反転対称性をもつ構造よりも対称性の破れた構造の方がより安定であることを見出した(東大工学系研究科の有田との共同研究)。これらのことから、歪んだ構造が電気分極を持つことが確実となった。

このような現象は Pr<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub> に限らず、適当な方法でずり歪みを導入した薄膜で普遍的に出現することが明らかになりつつある。従来、遷移金属において強誘電性と強磁性が共存しないことが経験則 (Mattias) として知られていたが、もし薄膜試料で反転対称性の破れが許容されるのであれば経験則に明確に反することになる。[文献 118]

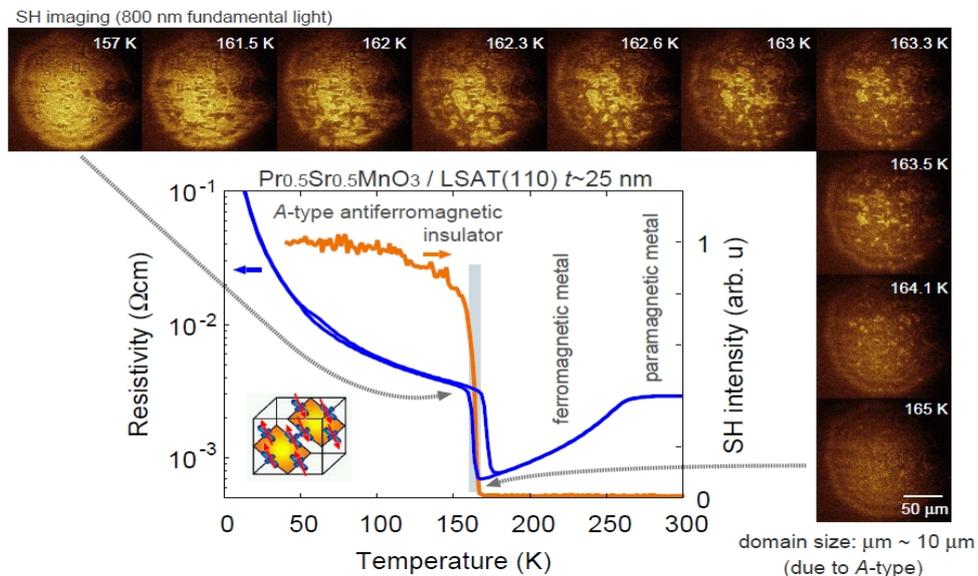


図 27: (110) 基板に作製され相転移に伴ってずり歪みを受ける薄膜試料における SHG 強度の温度依存性。グラフの周辺に配置された写真は、SH 光で撮影したものを温度の関数として並べたもの

## (2) 研究成果の今後期待される効果

○ 磁性と分極の共存した物質はいわゆるマルチフェロイックとして、磁気の電場制御/分極の磁場制御を目指し物質開発(たとえば特殊な螺旋磁性を持つ物質)や複合化(たとえば強磁性と強誘電性薄膜の超格子)が行われて来た。本研究で明らかになったことは、格子変形によってごく容易に分極が発生することである。この視点はこれまで全く見過ごされてきたものであり、今後、新しい物質開発の戦略の一つとしてインパクトが大きいと考えられる。

○ 項目4.1で述べたように、格子変形を許容する製膜技術は外場敏感な薄膜試料を作るのに必須であった。本プロジェクトでは「光」との相互作用の観点から光誘起相転移のみを検討してきたが、最近になり、我々は電場誘起相転移を発見した(東大工学系研究科の岩佐との共同研究)。高々数Vの電圧を加えるだけで、電圧の正負に応じて電子にも正孔にも対応した数%の化学ドーピングに相当する電子状態の変化を起こすことが可能である。試料内部に単純に誘起される電荷量ではこのような巨大なドーピングは不可能であることから、強相関係に特有の現象である。試料に印加することのできる外場はまだ多く、波及分野は広い。

## § 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 0 件、国際(欧文)誌 111 件)

1. L. Fitting, Y. Hotta, T. Susaki, H. Y. Hwang, and D. A. Muller, "Nanometer Scale Electronic Reconstruction at the Interface between  $\text{LaVO}_3$  and  $\text{LaVO}_4$ " *Phys. Rev. Lett.* **97**, 256803 (2006).
2. Y. Hotta, H. Wadati, A. Fujimori, T. Susaki, and H. Y. Hwang, "Electronic Structure of the Mott Insulator  $\text{LaVO}_3$  in a Quantum-Well Geometry" *Appl. Phys. Lett.* **89**, 251916 (2006).
3. T. Susaki, N. Nakagawa, and H. Y. Hwang, "Transport mechanisms in manganite-titanate heterojunctions" *Phys. Rev. B* **75**, 104409 (2007).
4. Y. Hikita, Y. Kozuka, T. Susaki, H. Takagi, H. Y. Hwang, "Characterization of the Schottky Barrier in  $\text{SrRuO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  Junctions" *Appl. Phys. Lett.* **90**, 143507 (2007).
5. H. Okamoto, H. Matsuzaki, T. Wakabayashi, Y. Takahashi, and T. Hasegawa, "Photoinduced Metallic State Mediated by Spin-Charge Separation in a One-Dimensional Organic Mott Insulator" *Phys. Rev. Lett.* **98**, 37401 (2007).
6. S. Iwai, K. Yamamoto, A. Kashiwazaki, F. Hiramatsu, H. Nakaya, K. Yakushi, H. Okamoto, H. Mori, and Y. Nishio, "Photoinduced melting of a stripe-type charge-order and metallic domain formation in a layered BEDT-TTF-based organic salt" *Phys. Rev. Lett.* **98**, 097402 (2007).
7. Y. Wakabayashi, D. Bizen, H. Nakao, Y. Murakami, M. Nakamura, Y. Ogimoto, K. Miyano, and H. Sawa, "Orbital Ordered Structure of a Manganite Thin Film Observed by K-edge Resonant X-ray Scattering" AIP Conference Proceedings, vol. 879, pp. 1711-1714 (2007).
8. H. Arakawa, D. Kawakami, S. Takaishi, T. Kajiwara, H. Miyasaka, K. Sugiura, M. Yamashita, H. Kishida, and H. Okamoto, "Tuning of electronic structures of quasi-one-dimensional bromo-bridged PdII-PdIV mixed-valence complexes by substituting counter anions", *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **80**, 189-191 (2007).
9. K. Ikegami, K. Ono, J. Togo, T. Wakabayashi, Y. Ishige, H. Matsuzaki, H. Kishida, and H. Okamoto, "Ultrafast photoinduced melting of spin-Peierls phase in the organic charge-transfer compounds alkali-tetracyanoquinodimethane", *Phys. Rev. B* **76**, 085106-1 - 086106-12 (2007).
10. S. Tao, T. Miyagoe, A. Maeda, H. Matsuzaki, H. Ohtsu, M. Hasegawa, S. Takaishi, M. Yamashita, and H. Okamoto, "Ultrafast optical switching by using nanocrystals of a halogen-bridged nickel-chain compound dispersion in an optical polymer", *Adv. Mater.* **19**, 2707-2710 (2007).

11. A. Ohtomo and H. Y. Hwang, "Growth Mode Control of the Free Carrier Density in SrTiO<sub>3</sub> Homoepitaxial Films", *J. Appl. Phys.* **102**, 083704 (2007).
12. T. Susaki, Y. Kozuka, Y. Tateyama, and H. Y. Hwang, "Temperature-Dependent Polarity Reversal in Au/Nb:SrTiO<sub>3</sub> Schottky Junctions", *Phys. Rev. B* **76**, 155110 (2007).
13. H. Wadati, Y. Hotta, M. Takizawa, A. Fujimori, T. Susaki, and H. Y. Hwang, "Characterization of LaVO<sub>x</sub> Thin Films by Photoemission Spectroscopy", *J. Appl. Phys.* **102**, 053707 (2007).
14. Y. Kozuka, Y. Hikita, T. Susaki, and H. Y. Hwang, "Optically Tuned Dimensionality Crossover in Photocurrent-Doped SrTiO<sub>3</sub>: Onset of Weak Localization", *Phys. Rev. B* **76**, 085129 (2007).
15. Y. Hotta, T. Susaki, and H. Y. Hwang, "Polar Discontinuity Doping of the LaVO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Interface", *Phys. Rev. Lett.* **99**, 236805 (2007).
16. L. Fitting Kourkoutis, D. A. Muller, Y. Hotta, and H. Y. Hwang, "Asymmetric Interface Profiles in LaVO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures Grown by Pulsed Laser Deposition" *Appl. Phys. Lett.* **91**, 163101 (2007).
17. S. Takaishi, M. Yamashita, H. Matsuzaki, H. Okamoto, H. Tanaka, S. Kuroda, A. Goto, T. Shimizu, T. Takenobu, and Y. Iwasa, "One-Dimensional Bromo-Bridged Ni<sup>III</sup> Complexes [Ni(S,S-bn)<sub>2</sub>Br]Br<sub>2</sub> (S,S-bn=2S,3S-diaminobutane): Synthesis, Physical Properties, and Electrostatic Carrier Doping", *Chemistry – Euro. J.* **14**, 472-477 (2008).
18. H. Kishida, K. Hirota, and H. Okamoto, "Continuous control of third-order optical nonlinearity in charge-transfer-type conjugated polymers", *Appl. Phys. Lett.* **92**, 033309-1 - 033309-3 (2008).
19. T. Miyagoe, S. Tao, A. Maeda, H. Matsuzaki, H. Ohtsu, M. Hasegawa, S. Takaishi, M. Yamashita and H. Okamoto, "Ultrafast Optical Responses in a One-Dimensional Mott Insulator of a Br-Bridged Ni Compound", *J. Phys. Soc. Jpn.* **77**, 023711-1 - 023711-4 (2008).
20. M. Matsubara, Y. Okimoto, T. Ogasawara, S. Iwai, Y. Tomioka, H. Okamoto, and Y. Tokura, "Photoinduced switching between charge and orbital ordered insulator and ferromagnetic metal in perovskite manganites", *Phys. Rev. B* **77**, 094410-1 - 094410-5 (2008).
21. H. Wadati, Y. Hotta, A. Fujimori, T. Susaki, H. Y. Hwang, Y. Takata, K. Horiba, M. Matsunami, S. Shin, M. Yabashi, K. Tamasaku, Y. Nishino, and T. Ishikawa, "Hard X-Ray Photoemission Study of LaAlO<sub>3</sub>/LaVO<sub>3</sub> Multilayers", *Phys. Rev. B* **77**, 045122 (2008).

22. D. A. Muller, L. Fitting Kourkoutis, M. Murfitt, J. H. Song, H. Y. Hwang, J. Silcox, N. Delby, and O. L. Krivanek, "Atomic-Scale Chemical Imaging of Composition and Bonding by Aberration-Corrected Microscopy", *Science* **319**, 1073 (2008).
23. K. Takubo, J.-Y. Son, T. Mizokawa, N. Takubo, and K. Miyano, "Observation of photoinduced phase transition in phase-separated  $\text{Pr}_{0.55}(\text{Ca}_{1-y}\text{Sr}_y)_{0.45}\text{MnO}_3$  thin films vis x-ray photoemission spectroscopy", *Phys. Rev. B* **75**, 052408/1-4 (2007).
24. T. Kawasaki, Y. Ogimoto, N. Ogawa, H. Tamaru, M. Izumi, and K. Miyano, "Charge- and orbital-ordering pattern in  $\text{Bi}_{1/2}\text{Sr}_{1/2}\text{MnO}_3$  thin films studied by Raman scattering", *J. Appl. Phys.* **101**, 123714/1-6 (2007).
25. K. Miyano, N. Takubo, and K. Munakata, "Two-phase coexistence in CMR manganite thin films", *J. Supercond. Novel Magn.* **20**, 595-598 (2007).
26. N. Ogawa, A. Miyata, H. Tamaru, T. Suzuki, T. Shimada, T. Hasegawa, K. Saiki, and K. Miyano, "Femtosecond depolarization dynamics of tris(8-hydroxyquinoline) aluminum films" *Chem. Phys. Lett.* **450**, 335-339 (2008).
27. N. Takubo and K. Miyano, "Stabilization of the metallic state by electric currents in phase-separated manganite thin films", *Phys. Rev. B* **76**, 184445/1-5 (2007).
28. Y. Wakabayashi, D. Bizen, Y. Kubo, H. Nakao, Y. Murakami, M. Nakamura, Y. Ogimoto, K. Miyano, and H. Sawa, "Orbital ordering structures in manganite thin films on (011) substrates", *J. Phys. soc. Jpn.* **77**, 014712/1-7 (2008).
29. M. Matsubara, Y. Okimoto, T. Ogasawara, Y. Tomioka, H. Okamoto, and Y. Tokura, "Ultrafast photoinduced ferromagnetism in the perovskite manganite  $\text{Gd}_{0.55}\text{Sr}_{0.45}\text{MnO}_3$ ", *J. Appl. Phys.* **103**, 07B110:1-3 (2008).
30. Y. Hikita, L. Fitting Kourkoutis, T. Susaki, D. A. Muller, H. Takagi, and H. Y. Hwang, "Negative Differential Resistance Induced by Mn Substitution at  $\text{SrRuO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  Schottky Interfaces," *Phys. Rev. B*, **77**, 205330:1-6 (2008).
31. J. H. Song, T. Susaki, and H. Y. Hwang, "Enhanced Thermodynamic Stability of Epitaxial Oxide Thin Films," *Adv. Mater.* **20**, 2528-2532 (2008).
32. S. Takaishi, M. Takamura, T. Kajiwara, H. Miyasaka, M. Yamashita, M. Iwata, H. Matsuzaki, H. Okamoto, H. Tanaka, S. Kuroda, H. Nishikawa, H. Oshio, K. Kato, and M. Takata, "Charge-Density-Wave to Mott-Hubbard Phase Transition in Quasi-One-Dimensional Bromo-Bridged Pd Compounds", *J. Am. Chem. Soc.* **130**, 12080:1-5 (2008).
33. M. Fiebig, N. P. Duong, T. Satoh, B. B. Van Aken, K. Miyano, Y. Tomioka, and Y. Tokura, "Ultrafast magnetization dynamics of antiferromagnetic compounds", *J. Phys. D*, **41**, 164005:1-11 (2008).
34. H. Tamaru, K. Ishida, N. Ogawa, Y. Kubo, and K. Miyano, "Pump-and-probe study

- in LaMnO<sub>3</sub> thin film”, *Phys. Rev. B*, **78**, 075119:1-6 (2008).
35. Y. Kozuka, T. Susaki, and H. Y. Hwang, “Vanishing Hall Coefficient in the Extreme Quantum Limit in Photocarrier-Doped SrTiO<sub>3</sub>,” *Phys. Rev. Lett.* **101**, 096601:1-4 (2008).
  36. K. S. Takahashi and H. Y. Hwang, “Carrier Doping in Anatase TiO<sub>2</sub> Film by Perovskite Overlayer Deposition,” *Appl. Phys. Lett.* **93**, 082112:1-3 (2008).
  37. N. Takubo, I. Onishi, K. Takubo, T. Mizokawa, and K. Miyano, “Photoinduced metal-insulator transition in a manganite thin film”, *Phys. Rev. Lett.*, **101**, 177403:1-4(2008).
  38. H. Uemura, H. Matsuzaki, Y. Takahashi, T. Hasegawa, and H. Okamoto, “Ultrafast Charge Dynamics in One-Dimensional Organic Mott Insulators”, *J. Phys. Soc. Jpn.* **77**, 113714:1-4 (2008).
  39. T. Higuchi, Y. Hotta, T. Susaki, A. Fujimori, and H. Y. Hwang, “Modulation Doping of a Mott Quantum Well by a Proximate Polar Discontinuity,” *Phys. Rev. B*, **79**, 075415:1-6 (2009).
  40. N. Ogawa, T. Satoh, Y. Ogimoto, and K. Miyano, “Nonlinear-optical detection of a ferromagnetic state at the single interface of an antiferromagnetic LaMnO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub> double layer”, *Phys. Rev. B*, **78**, 212409:1-4 (2008).
  41. M. Matsubara, T. Ogasawara, Y. Tomioka K. Tobe, H. Okamoto, and Y. Tokura, “A Key for Photoinduced Insulator-Metal Transitions in Manganites: Lattice Constant Matching between Charge/Orbital Ordered Insulator and Ferromagnetic Metal”, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **78**, 023707:1-4 (2009).
  42. K. Kimura, H. Matsuzaki, S. Takaishi, M. Yamashita, and H. Okamoto, “Ultrafast photoinduced transitions in charge density wave, Mott insulator, and metallic phases of an iodine-bridged platinum compound”, *Phys. Rev. B*, **79**, 075116:1-5 (2009).
  43. Y. Hikita, M. Nishikawa, T. Yajima, and H. Y. Hwang, “Termination Control of the Interface Dipole in La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>/Nb:SrTiO<sub>3</sub> (001) Schottky Junctions,” *Phys. Rev. B*, **79**, 073101:1-4 (2009).
  44. M. Matsubara, Y. Kaneko, J. P. He, H. Okamoto, and Y. Tokura, “Ultrafast polarization and magnetization response of multiferroic GaFeO<sub>3</sub> using time-resolved nonlinear optical techniques,” *Phys. Rev. B* **79**, 140411:1-4 (2009).
  45. Y. Wakabayashi, H. Sagayama, T. Arima, M. Nakamura, Y. Ogimoto, Y. Kubo, K. Miyano, and H. Sawa, “Size of orbital-ordering domain controlled by the itinerancy of the 3d electrons in a manganite thin films”, *Phys. Rev. B* **79**, 220403(Rapid Communication): 1-4 (2009).
  46. M. Takizawa, Y. Hotta, T. Susaki, Y. Ishida, H. Wadati, Y. Takata, K. Horiba, M. Matsunami, S. Shin, M. Yabashi, K. Tamasaku, N. Nishio, T. Ishikawa, A. Fujimori,

- and H. Y. Hwang, “Spectroscopic Evidence for Competing Reconstructions in Polar Multilayers LaAlO<sub>3</sub>/LaVO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub>,” *Phys. Rev. Lett.* **102**, 236401:1-4 (2009).
47. C. Bell, S. Harashima, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, “Thickness Dependence of the Mobility at the LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Interface,” *Appl. Phys. Lett.* **94**, 222111:1-3 (2009).
  48. H. Matsuzaki, H. Uemura, M. Matsubara, T. Kimura, Y. Tokura, and H. Okamoto, “Detecting charge and lattice dynamics in photoinduced charge-order melting in perovskite-type manganites using a 30-femtosecond time resolution,” *Phys. Rev. B* **79**, 235131:1-7 (2009).
  49. H. Wadati, D. G. Hawthorn, J. Geck, T. Z. Regier, R. I. R. Blyth, T. Higuchi, Y. Hotta, Y. Hikita, H. Y. Hwang, and G. A. Sawatzky, “Interface Reconstruction in V-Oxide Heterostructures Determined by X-Ray Absorption Spectroscopy,” *Appl. Phys. Lett.* **95**, 023115:1-3 (2009).
  50. N. Ogawa, K. Miyano, M. Hosoda, T. Higuchi, C. Bell, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, “Enhanced Lattice Polarization in SrTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub> Superlattices Measured Using Optical Second Harmonic Generation,” *Phys. Rev. B* **80**, 081106(Rapid Communication):1-4 (2009).
  51. N. Ogawa, T. Satoh, Y. Ogimoto, and K. Miyano, “Half-metallic spin dynamics at a single LaMnO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub> interface studied with nonlinear magneto-optical Kerr effect”, *Phys. Rev. B* **80**, 241104(Rapid Communication): 1-4 (2009).
  52. T. Higuchi, T. Yajima, L. Fitting Kourkoutis, Y. Hikita, N. Nakagawa, D. A. Muller, and H. Y. Hwang, “Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Precipitates in Laser-Ablated Manganite Films,” *Appl. Phys. Lett.* **95**, 043112:1-3 (2009).
  53. H. Iguchi, S. Takaishi, T. Kajiwara, H. Miyasaka, M. Yamashita, H. Matsuzaki, and H. Okamoto, “Direct Synthesis and Crystal Structure of Dehydrated State in Vapochromic MMX-type Quasi-One-Dimensional Iodide-Bridged Platinum Complexes”, *J. Inorg. Organomet. Polym.* **19**, 85-90 (2009).
  54. M. Sasaki, H. Wu, D. Kawakami, S. Takaishi, T. Kajiwara, H. Miyasaka, B. K. Breedlove, M. Yamashita, H. Kishida, H. Matsuzaki, H. Okamoto, H. Tanaka, and S. Kuroda, “Effect of an In-Plane Ligand on the Electronic Structures of Bromo-Bridged Nano-Wire Ni-Pd Mixed-Metal Complexes, [Ni<sub>1-x</sub>Pd<sub>x</sub>(bn)<sub>2</sub>Br]Br<sub>2</sub> (bn = 2S,3S-Diaminobutane)”, *Inorg. Chem.* **48**, 7446-7451 (2009).
  55. S. S. A. Seo, Z. Marton, W. S. Choi, G. W. J. Hassink, D. H. A. Blank, H. Y. Hwang, T. W. Noh, T. Egami, and H. N. Lee, “Multiple Conducting Carriers Generated in LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” *Appl. Phys. Lett.* **95**, 082107:1-3 (2009).
  56. S. Y. Jang, N. Nakagawa, S. J. Moon, T. Susaki, K. W. Kim, Y. S. Lee, H. Y. Hwang, and K. Myung-Whun, “Effect of Substrate Strain on Lattice Structure, Electrical Resistivity, and Optical Conductivity of Nd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub> Thin Films Grown on SrTiO<sub>3</sub>,” *Solid State Commun.* **149**, 1760-1764 (2009).
  57. D. Kwon, Y. Wu, B. Kim, B. G. Kim, and H. Y. Hwang, “Epitaxial Growth and Characterization of Eu<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>CoO<sub>3</sub> Thin Films by Off-axis Sputtering,” *Appl. Phys.*

*Lett.* **95**, 122505:1-3 (2009).

58. H. Wadati, D. G. Hawthorn, J. Geck, T. Higuchi, Y. Hikita, H. Y. Hwang, L. Fitting Kourkoutis, D. A. Muller, S.-W. Huang, D. J. Huang, H.-J. Lin, C. Schueßler-Langeheine, H.-H. Wu, E. Schierle, E. Weschke, N. J. C. Ingle, and G. A. Sawatzky, "Resonant Soft X-ray Scattering Studies of Interface Reconstructions in SrTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub> Superlattices," *J. Appl. Phys.* **106**, 83705:1-5 (2009).
59. L. F. Kourkoutis, J. H. Song, H. Y. Hwang, and D. A. Muller, "Atomic-Scale Chemical Imaging of Interdiffusion and Defects in (La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>)<sub>5</sub>/(SrTiO<sub>3</sub>)<sub>5</sub> Multilayers by Aberration Corrected Microscopy," *Microscopy and Microanalysis* **15(S2)**, 428-429 (2009).
60. Y. Kozuka, M. Kim, C. Bell, B. G. Kim, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, "Two-Dimensional Quantum Oscillations in the Normal State of a Superconducting Heterostructure," *Nature* **462**, 487-490 (2009).
61. C. Bell, S. Harashima, Y. Kozuka, M. Kim, B. G. Kim, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, "Dominant Mobility Modulation by the Electric Field Effect at the LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Interface," *Phys. Rev. Lett.* **103**, 226802:1-4 (2009).
62. S. Tongay, A. F. Hebard, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, "Magnetodielectric Coupling in Nonmagnetic Au/GaAs:Si Schottky Barriers," *Phys. Rev. B* **80**, 205324:1-7 (2009).
63. H. Kishida, H. Takamatsu, K. Fujinuma, and H. Okamoto, "Ferroelectric nature and real-space observations of domain motions in the organic charge-transfer compound tetrathiafulvalene-p-chloranil," *Phys. Rev. B* **80**, 205201:1-7 (2009).
64. S. Tao, Y. Miyata, K. Yanagi, H. Kataura, and H. Okamoto, "Subpicosecond coherent nonlinear optical response of isolated single-walled carbon nanotubes," *Phys. Rev. B* **80**, 201405:1-4 (2009).
65. S. Tao, T. Miyagoe, H. Matsuzaki, H. Ohtsu, M. Hasegawa, S. Takaishi, M. Yamashita, and H. Okamoto, "Ultrafast optical responses in one-dimensional Mott insulators of halogen-bridged Ni compounds", *J. Phys.: Conference Series*, **148**, 012011:1-3 (2009).
66. H. Uemura, H. Matsuzaki, and H. Okamoto, "Ultrafast photoinduced melting of spin-Peierls phase in potassium-tetracyanoquinodimethane", *J. Phys.: Conference Series*, **148**, 012012:1-3 (2009).
67. K. Miyano, "Bidirectional and persistent photoinduced phase change in manganite thin films", *J. Phys.: Conference Series*, **148**, 012014:1-4 (2009).
68. M. Matsubara, Y. Kaneko, J. P. He, H. Okamoto, and Y. Tokura, "Ultrafast polarization and magnetization dynamics in a multiferroic GaFeO<sub>3</sub>", *J. Phys.: Conference Series*, **148**, 012015:1-3 (2009).
69. S. Wall, H. Ehrke, D. Polli, D. Brida, Y. Tokura, H. Okamoto, G. Cerullo, and A. Cavalleri, "Probing strongly correlated electron dynamics on extreme timescales",

70. S. S. A. Seo, M. J. Han, G. W. J. Hassink, W. S. Choi, S. J. Moon, J. S. Kim, T. Susaki, Y. S. Lee, J. Yu, C. Bernhard, H. Y. Hwang, G. Rijnders, D. H. A. Blank, B. Keimer, and T. W. Noh, "Two-Dimensional Confinement of 3d<sup>1</sup> Electrons in LaTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub> Multilayers," *Phys. Rev. Lett.* **104**, 036401 (2010).
71. B. Kim, D. Kwon, J. H. Song, Y. Hikita, B. G. Kim, and H. Y. Hwang, "Finite Size Effect and Phase Diagram of Ultra-thin La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>," *Solid State Commun.* **150**, 598-601 (2010).
72. H. Iguchi, S. Takaishi, H. Miyasaka, M. Yamashita, H. Matsuzaki, H. Okamoto, H. Tanaka, and S. Kuroda, "Water-Vapor-Induced Reversible Switching of Electronic States in an MMX-Type Chain Complex with Retention of Single Crystallinity," *Angew. Chem. Int. Ed.* **49**, 552–555 (2009).
73. H. Uemura, H. Matsuzaki, Y. Takahashi, T. Hasegawa and H. Okamoto, "Ultrafast charge dynamics in organic one-dimensional Mott insulators," *Physica B: Condensed Matter* **405**, S357-S359 (2010).
74. Y. W. Xie, C. Bell, T. Yajima, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, "Charge writing at the LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> surface", *Nano Lett.* **10**, 2588-2591 (2010) (DOI: 10.1021/nl1012695).
75. Y. Kozuka, Y. Hikita, C. Bell, and H. Y. Hwang, "Dramatic Mobility Enhancements in Doped SrTiO<sub>3</sub> Thin Films by Defect Management", *Appl. Phys. Lett.* **97**, 012107:1-3 (2010).
76. J. A. Mundy, L. Fitting-Kourkoutis, Y. Hikita, T. Hidaka, H. Y. Hwang, and D. A. Muller, "Charge Transfer at La<sub>1-x</sub>Sr<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Interfaces Probed by Spectroscopic Imaging in an Aberration-Corrected STEM", *Microscopy and Microanalysis* **16**, 1398-1399 (2010).
77. L. Fitting-Kourkoutis, J. H. Lee, J. H. Song, H. Y. Hwang, D. G. Schlom, and D. A. Muller, "2D Mapping of Bonding Changes at Perovskite Oxide Interfaces and Around Defects", *Microscopy and Microanalysis* **16**, 1400-1401 (2010).
78. Y. Ogimoto, M. Nakamura, N. Harada, N. Ogawa, and K. Miyano, "The essentials for the control of charge-orbital ordering in thin films of perovskite manganites", *Mater. Sci. Eng.* **B173**, 51-56 (2010).
79. Y. Wakabayashi, H. Sawa, N. Takubo, M. Nakamura, Y. Ogimoto, and K. Miyano, "Little volume change in orbital ordering transition in manganite thin films", *J. Phys. Conf. Ser.* **211**, 012004 (2010).
80. Z. Sheng, N. Ogawa, Y. Ogimoto and K. Miyano, "Multiple Stable States with In-Plane Anisotropy in Ultrathin YMnO<sub>3</sub> Films", *Adv. Mater.* **22**, 5507-5511 (2010).
81. H. Okamoto, T. Miyagoe, K. Kobayashi, H. Uemura, H. Nishioka, H. Matsuzaki, A. Sawa, and Y. Tokura, "Ultrafast charge dynamics in photoexcited Nd<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> and La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> cuprate compounds investigated by femtosecond absorption spectroscopy",

*Phys. Rev. B* **82**, 060513(R):1-4 (2010).

82. L. Fitting Kourkoutis, H. L. Xin, T. Higuchi, Y. Hotta, J. H. Lee, Y. Hikita, D. G. Schlom, H. Y. Hwang, and D. A. Muller, "Atomic-Resolution Spectroscopic Imaging of Oxide Interfaces", *Phil. Mag.* **90**, 4731-4749 (2010).
83. L. Fitting Kourkoutis, J. H. Song, H. Y. Hwang, and D. A. Muller, "Microscopic Origins for Stabilizing Room Temperature Ferromagnetism in Ultrathin Manganite Layers", *Proc. Nat. Acad. Sci.* **107**, 11682-11685 (2010).
84. Y. Kozuka, M. Kim, H. Ohta, Y. Hikita, C. Bell, and H. Y. Hwang, "Enhancing the electron mobility via delta-doping in SrTiO<sub>3</sub>", *Appl. Phys. Lett.* **97**, 222115:1-3 (2010).
85. G. Singh-Bhalla, C. Bell, J. Ravichandran, W. Siemons, Y. Hikita, S. Salahuddin, A. F. Hebard, H. Y. Hwang, and R. Ramesh, "Built-in and induced polarization across LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> heterojunctions", *Nature Phys.* **7**, 80-86 (2010).
86. T. Yajima, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, "A heteroepitaxial perovskite metal-base transistor", *Nature Mater.* **10**, 198-201 (2011).
87. H. Uemura and H. Okamoto, "Direct Detection of the Ultrafast Response of Charges and Molecules in the Photoinduced Neutral-to-Ionic Transition of the Organic Tetrathiafulvalene-p-Chloranil Solid", *Phys. Rev. Lett.* **105**, 258302:1-4, (2010).
88. H. Okamoto, T. Miyagoe, K. Kobayashi, H. Uemura, H. Nishioka, H. Matsuzaki, A. Sawa, and Y. Tokura, "Photoinduced transition from Mott insulator to metal in undoped cuprates Nd<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> and La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub>," *Phys. Rev. B* **83**, 125102:1-10 (2011).
89. S. Wall, D. Brida, S. R. Clark, H. P. Ehrke, D. Jaksch, A. Ardavan, S. Bonora, H. Uemura, Y. Takahashi, T. Hasegawa, H. Okamoto, G. Cerullo, and A. Cavalleri, "Quantum interference between charge excitation paths in a solid-state Mott insulator", *Nature Phys.*, **7**, 114-118 (2011).
90. H. Ichikawa, S. Nozawa, T. Sato, A. Tomita, K. Ichiyangi, M. Chollet, L. Guerin, N. Dean, A. Cavalleri, S. Adachi, T. Arima, H. Sawa, Y. Ogimoto, M. Nakamura, R. Tamaki, K. Miyano and S. Koshihara, "Transient photoinduced 'hidden' phase in a manganite", *Nature Mater.* **10**, 101-105 (2011).
91. T. Higuchi, Y. Hotta, Y. Hikita, S. Maruyama, Y. Hayamizu, H. Akiyama, H. Wadati, D. G. Hawthorn, T. Z. Regier, R. I. R. Blyth, G. A. Sawatzky and H. Y. Hwang, "LaVO<sub>4</sub>:Eu Phosphor Films with Enhanced Eu Solubility", *Appl. Phys. Lett.* **98**, 071902:1-3 (2011).
92. Y. W. Xie, C. Bell, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, "Tuning the Electron Gas at an Oxide Heterointerface via Free Surface Charges", *Adv. Mater.* **23**, 1744-1747 (2011).
93. S. Tao, H. Matsuzaki, H. Uemura, H. Yada, T. Uemura, J. Takeya, T. Hasegawa, and H. Okamoto, "Optical pump-probe spectroscopy of photocarriers in rubrene single crystals", *Phys. Rev. B* **83**, 057204:1-9 (2011).

94. H. Okamoto, T. Miyagoe, K. Kobayashi, H. Uemura, H. Nishioka, H. Matsuzaki, A. Sawa, and Y. Tokura, “Photoinduced transition from Mott insulator to metal in the undoped cuprates  $\text{Nd}_2\text{CuO}_4$  and  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ ”, *Phys. Rev.* **B83**, 125102:1-10 (2011).
95. H. Yada, M. Matsubara, H. Yamada, A. Sawa, H. Matsuzaki, and H. Okamoto, “Ultrafast control of magnetization by photocarrier injection in  $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3$  heterostructures”, *Phys. Rev. B* **83**, 165408:1-6 (2011).
96. K. Otsubo, Y. Wakabayashi, J. Ohara, S. Yamamoto, H. Matsuzaki, H. Okamoto, K. Nitta, T. Uruga, and H. Kitagawa, “Bottom-up realization of a porous metal-organic nanotubular assembly”, *Nature mater.* **10**, 291-295 (2011).
97. H. Yada, M. Matsubara, H. Matsuzaki, H. Yamada, A. Sawa, and H. Okamoto, “Discrimination between photodoping- and heat-induced magnetization changes in  $\text{Nd}_{0.52}\text{Sr}_{0.48}\text{MnO}_3$  using a heterostructure with  $\text{SrTiO}_3$ ”, *Phys. Rev. B* **84**, 045114:1-8 (2011).
98. M. Ohkura, Y. Ishige, R. Sawada, H. Matsuzaki, Y. Nogami, H. Nishikawa, M. Yamashita, S. Horiuchi, and H. Okamoto, “Optical and structural studies of a two-dimensional organic Mott insulator dimethylphenazine-tetrafluorotetracyanoquinodimethane”, *Phys. Rev. B* **84**, 085136:1-10 (2011)
99. Z. Sheng, N. Ogawa, Y. Ogimoto, and K. Miyano, “Stability of spontaneous polarization in ultrathin improper ferroelectrics”, *Phys. Rev. B* **84**, 140101:1-4 (Rapid Communication) (2011).
100. H. K. Sato, J. A. Mundy, T. Higuchi, Y. Hikita, C. Bell, D. A. Muller, and H. Y. Hwang, “Nanometer-Scale Epitaxial Strain Release in Perovskite Heterostructures Using ‘ $\text{SrAlO}_x$ ’ Sliding Buffer Layers,” *Appl. Phys. Lett.* **98**, 171901:1-3 (2011).
101. Y. Hikita, M. Kawamura, C. Bell, and H. Y. Hwang, “Electric Field Penetration in  $\text{Au}/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  Schottky Junctions Probed by Bias-Dependent Internal Photoemission,” *Appl. Phys. Lett.* **98**, 192103:1-3 (2011).
102. R. Yamamoto, C. Bell, Y. Hikita, H. Y. Hwang, H. Nakamura, T. Kimura, and Y. Wakabayashi, “Contrasting the Structure of n-type and p-type  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  Interfaces,” *Phys. Rev. Lett.* **107**, 036104:1-4 (2011).
103. Y. Ishida, H. Kanto, A. Kikkawa, Y. Taguchi, Y. Ito, Y. Ota, K. Okazaki, W. Malaeb, M. Mulazzi, M. Okawa, S. Watanabe, C.-T. Chen, M. Kim, C. Bell, Y. Kozuka, H. Y. Hwang, Y. Tokura, and S. Shin, “Common Origin of the Circular-Dichroism Pattern in Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy of  $\text{SrTiO}_3$  and  $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,” *Phys. Rev. Lett.* **107**, 077601:1-4 (2011).
104. M. Kim, C. Bell, Y. Kozuka, M. Kurita, Y. Hikita, and H. Y. Hwang, “Fermi Surface and Superconductivity in Low-Density High-Mobility  $\square$ -Doped  $\text{SrTiO}_3$ ,” *Phys. Rev. Lett.* **107**, 106801:1-4 (2011).

105. B. Kim, D. Kwon, T. Yajima, C. Bell, Y. Hikita, B. G. Kim, and H. Y. Hwang, “Reentrant Insulating State in Ultrathin Manganite Films,” *Appl. Phys. Lett.* **99**, 092513:1-3 (2011).
106. J. Bert, B. Kalisky, C. Bell, M. Kim, Y. Hikita, H. Y. Hwang, and K. A. Moler, “Direct Imaging of the Coexistence of Ferromagnetism and Superconductivity at the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  Interface,” *Nature Physics*, published online doi:10.1038/nphys2079 (2011).
107. H. Y. Hwang, J. Levy, P. Maksymovych, G. Medeiros-Ribeiro, and R. Waser, eds., *Oxide Nanoelectronics, Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **1292**, ISBN 978-160511-269-5, Cambridge Univ. Press (2011).
108. H. Wadati, J. Geck, D. G. Hawthorn, T. Higuchi, M. Hosoda, C. Bell, Y. Hikita, H. Y. Hwang, C. Schussler-Langeheine, E. Schierle, E. Weschke and G. Sawatzky, “Electronic Structure of the  $\text{SrTiO}_3/\text{LaAlO}_3$  Interface Revealed by Resonant Soft X-Ray Scattering,” *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **24**, 012012:1-9 (2011).
109. Y. Wakabayashi, Y. Yamasaki, C. Bell, Y. Hikita, H. Y. Hwang, and T. Kimura, “Growth Temperature Dependence of the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  Interfacial Structure,” *J. Phys.: Conf. Ser.* **320**, 012074:1-4 (2011).
110. B. Li, A. Sawa, and H. Okamoto, “Suppression of Precipitates in the  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  Films Grown on  $\text{LaSrAlO}_4$  Substrates by Introducing Homoepitaxial Layer,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **50**, 093101:1-3 (2011).
111. Y. Xie<sup>1</sup>, Y. Hikita, C. Bell, and H. Y. Hwang, “Control of electronic conduction at an oxide heterointerface using surface polar adsorbates”, *Nature Commun.* **2**, 494: 1-5 (2011).
112. M. Takizawa, S. Tsuda, T. Susaki, H. Y. Hwang, and A. Fujimori, “Electronic Charges and Electric Potential at  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  Interfaces Studied by Core-Level Photoemission Spectroscopy,” *Phys. Rev. B* **84**, 245124:1-5 (2011).
113. H. Y. Hwang, Y. Iwasa, M. Kawasaki, B. Keimer, N. Nagaosa, and Y. Tokura, “Emergent Phenomena at Oxide Interfaces,” *Nature Mater.* **11**, 103-113 (2012).
114. Y. Kozuka, A. Tsukazaki, D. Maryenko, J. Falson, C. Bell, M. Kim, Y. Hikita, H. Y. Hwang, and M. Kawasaki, “Single-Valley Quantum Hall Ferromagnet in a Dilute  $\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x}\text{O}/\text{ZnO}$  Two-Dimensional Electron System,” *Phys. Rev. B* **85**, 075302:1-5 (2012).
115. P. D. C. King, R. H. He, T. Eknapakul, S.-K. Mo, Y. Kaneko, S. Harashima, Y. Hikita, M. S. Bahramy, C. Bell, Z. Hussain, Y. Tokura, Z.-X. Shen, H. Y. Hwang, F. Baumberger, and W. Meevasana, “Subband Structure of a Two-Dimensional Electron Gas Formed at the Polar Surface of the Strong Spin-Orbit Perovskite  $\text{KTaO}_3$ ,” *Phys. Rev. Lett.*, in press (arXiv:1111.2782)
116. J. Li, S. Takaishi, N. Fujinuma, K. Endo, M. Yamashita, H. Matsuzaki, H. Okamoto, K. Sawabe, T. Takenobu and Y. Iwasa, “Enhancement of luminescence

intensity in TMPY/perylene co-single crystals,” *J. Mater. Chem.*, **21**, 17662-17666 (2011).

117. H. Uemura, N. Maeshima, K. Yonemitsu, and H. Okamoto, “Dimerization-induced spin-charge coupling in one-dimensional Mott insulators revealed by femtosecond reflection spectroscopy of Rb-tetracyanoquinodimethane salts”, *Phys. Rev. B* **85**, 125112 (2012).
118. N. Ogawa, Y. Ogimoto, Y. Ida, Y. Nomura, R. Arita, and K. Miyano, “Polar antiferromagnets produced with orbital-order” *Phys. Rev. Lett.* (2012) – in press.

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 堀田育志, H. Y. Hwang, “酸化物界面でくり広げられる新奇な物性”, *パリティ* **23**, 30 (2008).
2. 岡本 博, “強相関一次元遷移金属化合物の巨大非線形光学応答と超高速光誘起相転移” 「金属錯体の現代物性化学」4章 多重機能性の最前線 1 節, 227-250, 三共出版 (2008).
3. Y. Tokura and H. Y. Hwang, “Complex Oxides on Fire”, *Nature Mater.* **7**, 694-695 (2008).
4. J. Mannhart, D. H. A. Blank, H. Y. Hwang, A. J. Millis, and J. M. Triscone, “Two Dimensional Electron Gases at Oxide Interfaces,” *MRS Bulletin* **33**, 1027-1034 (2008).
5. Y. Hikita and H. Y. Hwang, “Complex Oxide Schottky Junctions,” to be published in *Thin Film Oxides: Fundamentals and Applications in Electronics and Energy*, edited by S. Ramanathan, Springer.
6. Y. Hikita and H. Y. Hwang, “Complex Oxide Schottky Junctions,” to be published in *Thin Film Oxides: Fundamentals and Applications in Electronics and Energy*, edited by S. Ramanathan, Springer. DOI:10.1007/978-1-4419-0664-9
7. 小笠原剛, 岡本 博, 十倉好紀, 岩田 昇, 村上善照, “微小領域における光誘起磁化ダイナミクスの空間的効果,” *固体物理* 第44巻 第6号, 21-30 (2009).
8. 岡本 博, “有機半導体における光誘起相転移の超高速ダイナミクスとコヒーレント振動,” 「強光子場科学の最前線 2」強光子場科学研究懇談会, 123-138 (2009).
9. 宮野 健次郎, “光で絶縁体-金属転移を操る”, *化学と工業* 8月号 p.886-888 (2009).
10. H. Takagi and H. Y. Hwang, “An Emergent Change of Phase for Electronics,” *Science* **327**, 1601-1602 (2010). DOI:10.1126/science.1182541
11. H. Okamoto, “Ultrafast photoinduced phase transitions in one-dimensional organic correlated electron systems,” *Molecular Electronic and Related Materials-Control and Probe with Light*, 59-97, Transworld Research Network (2010).
12. T. Higuchi and H. Y. Hwang, “General Considerations of the Electrostatic Boundary Conditions in Oxide Heterostructures,” in *Multifunctional Oxides*, edited by E.

Tsymbal, C. B. Eom, R. Ramesh, and E. Dagotto, Oxford University Press, in press (arXiv: 1105.5779)

13. 岡本 博, 上村紘崇, “強相関擬1次元電荷移動錯体における光誘起相転移の超高速ダイナミクス”, 固体物理 第46巻 第11号, 57-80 (2011).

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 31 件、国際会議 75 件)

1. Harold Y. Hwang (東大新領域), “Inducing Interface Charge States in Transition Metal Oxides,” 7<sup>th</sup> Japan-Taiwan-Korea Symposium on Strongly Correlated Electron Systems, Spring-8, 兵庫県. 2006年10月27日～28日.
2. Harold Y. Hwang (東大新領域), “Chemistry of Oxide Heterointerfaces on the Atomic Scale,” Kyoto Conference on Solid State Chemistry: Transition Metal Oxides -Past, Present and Future, 京都. 2006年11月14日～18日.
3. K. Miyano (東大先端研), “Two-phase coexistence in CMR manganite thin films”, 5-th International Conference on Macroscopic Quantum Phenomena in Complex Striped Matter, イタリア・ローマ, 2006年12月17日～22日.
4. Harold Y. Hwang (東大新領域), “Magnetic Field Dependent Schottky Barrier in Manganite/Titanate Heterojunctions,” Physics and Chemistry of Semiconductor Interfaces Conference (PCSI-34), 米国・ユタ州ソルトレークシティ, 2007年1月14日～18日.
5. 岡本 博 (東大新領域), “カーボンナノチューブにおける超高速非線形光学応答” 東京工業大学 21世紀 COE プログラム量子ナノ物理学研究会, 2007年3月22日
6. 岡本博(東京大学, JST), “強相関電子系物質の光誘起相転移とそのダイナミクス”, 第23回錯体化学研究室月例講演会, 東北大学, 宮城, 2007年4月26日.
7. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Probing Correlated Electrons at Interfaces and in Confined Geometries Using Oxide Heterostructures”, Quantum Materials Program Meeting, Canadian Institute for Advanced Research, Vancouver, BC, カナダ, 2007年5月10日～13日.
8. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Manipulating Interface Charge States Using Electrostatic Boundary Conditions in Oxides”, 2007 CERC International Symposium on “Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems - from Physics to Applications”, 秋葉原コンベンションホール, 東京, 2007年5月22日～25日.
9. H.Okamoto(東京大学, JST), “Ultrafast Phase Control in Correlated Electron Systems”, Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems From Physics to Applications Akihabara Conventoin Hall, Tokyo, May 22-25, 2007.
10. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Mott Quantum Wells”, Quantum Nanoscience with Spins, Asilomar, CA, 米国, 2007年6月3日～5日.
11. 岡本博(東京大学, JST), “half-filled 分子性半導体における超高速光誘起相転移”, 分子性半導体の機能・構造相関の研究と放射光利用研究会, Spring-8, 東京, 2007年6月4日.

12. H.Okamoto(東京大学, JST), “Ultrafast dynamics of photoinduced phase transitions in correlated electron systems” Pre-conference PIPT 2008 Seminar “Perspectives and Challenges of Photo-Induced Phase Transitions, Wroclaw, June 22-24, 2007.
13. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Electronic and Atomic Reconstructions at Oxide Heterointerfaces”, Workshop on Science and Technology in Oxide Materials, IBM Materials Research Council, Rüschlikon, スイス, 2007年6月25日～27日.
14. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “The Electronic Structure of Oxide Polar Discontinuities and their Couplings”, Kavli Institute for Theoretical Physics Conference on “Moments and Multiplets in Mott Materials”, Santa Barbara, CA, 米国, 2007年9月10日～14日.
15. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Mott Quantum Wells”, COE International Symposium on Applied Physics of Strong Correlations, 東京大学, JST, 東京\_2007年9月27日～29日.
16. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Magnetotransport Properties of Photocarrier-Doped Quantum Paraelectric Semiconductors”, Workshop on Physics of Spin Current, 東京大学, JST, 東京, 2008年1月10日.
17. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Probing the Atomic and Electronic Structure at Oxide Interfaces”, Dutch Condensed Matter Physics Meeting, オランダ, 2008年1月21日.
18. Y. Hwang (東京大学, JST), “Atomic Engineering Oxide Heterointerfaces” Dutch Condensed Matter Physics Meeting (Physics@FOM), オランダ, 2008年1月22日～23日.
19. 岡本博(東京大学, JST), “フェムト秒レーザー光による超高速光誘起相転移”, 第1回極限コヒーレント光科学ワークショップ, 東京大学, 東京, 2008年3月4日.
20. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Dielectric and Magnetic Anomalies at Oxide Interfaces”, Minerals, Metals, and Materials Society 2008 Annual Meeting, New Orleans, LA, 米国, 2008年3月9日～13日.
21. 岡本博(東京大学, JST), “一次元金属錯体の超高速光制御機能”, 学術創成研究シンポジウム, 東北大学, 宮城, 2008年3月14日～15日.
22. 岡本博(東京大学, JST), “フェムト秒パルスレーザー光によって引き起こす超高速相転移” ERLサイエンス研究会, 高エネルギー加速器研究機構, 茨城, 2008年3月17日.
23. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Probing Barrier Heights at Oxide Heterointerfaces by Internal Photoemission Spectroscopy”, 2008年日本物理学会年次大会春季, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.
24. Naoki Ogawa, “Non-linear optical spectroscopic study on oxide interfaces”, 2008年日本物理学会年次大会春季, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.
25. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Optical Control of the Electron Dimensionality and Localization in Photocarrier-Doped SrTiO<sub>3</sub>, KTaO<sub>3</sub>,” Symposium for Emergent Materials

Research, Pohang, Korea, May 23-24, 2008.

26. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Discussion Leader on Oxide Interfaces”, Gordon Research Conference on Correlated Electron Systems, Biddeford, ME, USA, June 8-13, 2008.
27. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Discussion Leader on Oxide-Oxide Interfaces”, ICMR Summer Workshop on Frontiers in Complex Oxides, University of California, Santa Barbara, CA, USA, July 6-11, 2008.
28. H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast photoinduced phase transitions in charge transfer compounds ~ Insulator-metal transition and neutral-ionic transition ~”, (International Symposium on Molecular Conductors 2008, Novel Functions of Molecular Conductors under Extreme Conditions Scientific Research on Priority Areas, Okazaki Conference Center, Institute for Molecular Science, Okazaki, Japan July 23-25, 2008.
29. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Modulation Doping of Electrons and Holes at Vanadate Interfaces,” 15<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Estes Park, CO, USA, September 14-17, 2008.
30. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Modulation Doping of Electrons and Holes at Oxide Interfaces,” Second CoMePhS Workshop in Controlling Phase Separation in Electronic Systems, Nafplion, Greece, September 30-October 4, 2008.
31. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Magnetotransport in Photocarrier-Doped Quantum Paraelectric Semiconductors: Localization, Dimensionality, and the Extreme Quantum Limit,” International Workshop on Ordering Phenomena in Transition Metal Oxides, Augsburg, Germany, October 5-8, 2008.
32. Y. Hikita (東京大学), M. Nishikawa (東京大学), T. Yajima (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), Controlling Band Offsets at Manganite-Titanate Heterojunctions, Nanoferronics 2008, Aachen, Germany, October 10-11, 2008.
33. 小川直毅 (東京大学, JST), “絶縁膜上単一分子のSTM/STS”, Oct. 12-13, 2007 (東京大学 物性研)
34. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Discontinuities, Defects, and Interdiffusion at Oxide Interfaces,” Functional Oxide Electronics, Japan Society of Applied Physics, Osaka, Japan, October 23, 2008.
35. 小川直毅 (東京大学, JST), 「STM と光による単一分子分光」 東大生研 光応用工学特別研究会 Oct. 28, 2008 (東京大学生産技術研究所、東京)
36. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Electronic Structure of Polar Discontinuities in Oxides,” Max Planck Society - Korea Joint Symposium on Frontiers in Materials Science, Pohang, Korea, October 29-30, 2008.
37. C. Bell (東京大学, JST), M. Hosoda (東京大学), T. Higuchi (東京大学), S. Harashima (東京大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Magneto-transport properties of LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> interfaces”, 2008 Villa Conference on Complex Oxide

Heterostructures, Orlando, Florida, USA, November 2nd-6th, 2008.

38. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Tuning Band Alignments and Charge Accumulation at Oxide Interfaces,” International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), Tokyo, November 7-10, 2008.
39. K. Miyano (東京大学, JST), “Bidirectional and persistent photoinduced phase change in manganite thin films”, 3rd Int. Conf. Photo-induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena, Yamada Conference LXIII Nov. 11-15, 2008 (Osaka, Japan).
40. H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast dynamics of photoinduced phase transitions in correlated electron oxides”, (3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008.
41. 岡本 博 (東京大学, JST), “強相関電子系金属錯体の超高速光制御機能”, 金属錯体の固体物性科学最前線—錯体化学と固体物性物理の連携新領域創成をめざして—, 東北大学, 宮城, 2008年12月19-21日.
42. K. Miyano (東京大学, JST), “Optical Properties of Manganite Thin Films”, Joint Symposium by Nanyang Technological University and University of Tokyo Feb. 20, 2009 (Nanyang U., Singapore)
43. 岡本博 (東京大学, JST) “光誘起相転移の超高速ダイナミクス”, 物性研究所短期研究会 第2回極限コヒーレント光科学ワークショップ「極限波長領域における光科学の新展開」, 東京大学, 2009年3月2-3日)
44. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Oxide Interface Physics,” ITRS Emerging Research Materials Working Group Meeting, Okinawa, Japan, March 3, 2009.
45. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “2D Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub>,” AIST-RIKEN Joint Workshop on Emergent Phenomena of Correlated Materials, Okinawa, March 4-7, 2009.
46. 宮野 健次郎 (東京大学, JST) “マンガン酸化物薄膜の可逆・持続的光誘起相転移”, 学際物質科学研究会「先端光計測と光応答性材料」 Mar. 13-14, 2009 (筑波大学、つくば)
47. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Modulation Doping of Electrons and Holes and Oxide Interfaces,” American Physical Society March Meeting, Pittsburgh, PA, USA, March 16-20, 2009.
48. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Magnetotransport in Photo-doped Quantum Paraelectric Semiconductors,” Japan Physical Society Spring Meeting, Tokyo, March 27-30, 2009.
49. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “3D-2D Superconductivity Crossover in Nb:SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” 2<sup>nd</sup> International Workshop on Oxide Interfaces, Valbella, スイス, 2009年4月5-7日.
50. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Interface between Magnetic and Nonmagnetic Oxides,” Materials Research Society Spring Meeting, San Francisco, CA, 米国, 2009年4月13-17

日.

51. 宮野 健次郎 (東京大学, JST), “強相関電子材料の光応答”, 第 112 回微小光学研究会「みらい微小光学」東京, 2009 年 5 月 19 日.
52. Y. Ogimoto (東京大学, JST) M. Nakamura, N. Harada, N. Ogawa (東京大学), and K. Miyano (東京大学, JST), “The Essentials for the Control of Charge-Orbital Ordering in Thin Films of Perovskite Manganites”, 3rd International Conference on Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC3) 2009 年 6 月 16 日-18 日, Yokohama, Japan.
53. Y. Hikita (東京大学), S. Nishiki (東京大学), M. Nishikawa (東京大学), N. Nakagawa (東京大学), T. Yajima (東京大学), T. Susaki (東京大学), H. Takagi (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Band offset control at manganite-titanate heterojunctions,” International Conference on Materials for Advanced Technologies, Suntec Singapore International Convention & Exhibition Centre, シンガポール, 2009 年 6 月 30 日-7 月 3 日.
54. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “2D Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” 8th Asia-Pacific Workshop on Novel Quantum Materials/2<sup>nd</sup> Workshop for A3 Foresight Program, Yonsei University, Seoul, 韓国, 2009 年 7 月 5-7 日.
55. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “2D Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” 2<sup>nd</sup> Workshop for Emergent Materials Research, Pohang, 韓国, 2009 年 7 月 13-16 日.
56. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “3D-2D Superconductivity Crossover in  $\delta$ -Doped SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” School of Physical and Mathematical Sciences Opening Conference, Nanyang Technological University, シンガポール, 2009 年 7 月 20-22 日.
57. H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST) and S. Tao (東京大学), “Ultrafast Exciton and Carrier Dynamics in a Rubrene Single Crystal,” ISSP Workshop「Physics and New Phenomena of  $\pi$ -electronic Interfaces」, University of Tokyo, August 10-12, 2009.
58. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Recent Progress in Interface Superconductivity Using SrTiO<sub>3</sub>,” 9<sup>th</sup> International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity (M2S-HTSC IX), 東京, 2009 年 9 月 7-12 日.
59. Y. Kozuka (東京大学), M. Kim (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Dimensionality Tuning of Superconductivity in High-Mobility All-SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” 2009 Villa Conference on Complex Oxide Heterostructures, Ritz-Carlton, St. Thomas, 2009 年 9 月 13-18 日.
60. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Superconductivity in Dielectric Heterostructures,” 第 64 回日本物理学会秋季大会, 熊本大学, 熊本, 2009 年 9 月 26 日.
61. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Atomic Engineering Oxide Heterostructures,” GCOE Workshop on Condensed Matter and Photo Sciences, 東京, 2009 年 10 月 7 日.
62. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Aspects of Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” Quantum Materials Program Meeting, Canadian Institute for Advanced Research, Lac Carling, Quebec, カナダ, 2009 年 10 月 21-25 日.

63. 岡本 博 (東京大学, JST, 産総研), “強相関電子系の超高速光誘起相転移,” 第10回エレクトロニクス研究会, 蒲郡, 2009年11月4-5日.
64. 小川直毅 (東京大学), “光とSTMによる単一分子分光”, 理研シンポジウム 第1回ナノ分光部会シンポジウム「SPMを用いたナノ分光/センシング技術」理化学研究所, 埼玉, 2009年11月6日.
65. 岡本 博 (東京大学, JST, 産総研), “強相関電子系の非線形光学応答と光スイッチング,” 第3回超高速光エレクトロニクス研究会「超高速光技術の基礎から実用まで」, 産業技術総合研究所, 2009年11月10日.
66. 岡本 博 (東京大学, JST, 産総研), “光で物質を制御する～分子性半導体の光誘起相転移～,” 第4回物性科学領域横断研究会－凝縮系科学の最前線－, 東京大学, 2009年11月29日-12月1日.
67. 岡本 博 (東京大学, JST, 産総研), “モット絶縁体の光誘起相転移と光キャリアダイナミクス,” 基研研究会&「ナノ統合」連続研究会「相関電子系における光誘起現象」, 京都大学, 2009年12月10日-11日.
68. 矢田祐之 (産総研, JST), 松原正和 (産総研, JST), 山田浩之 (産総研), 澤 彰仁 (産総研), 松崎弘幸 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ヘテロ接合を用いた強相関電子系遷移金属酸化物の光キャリア注入磁化制御,” 基研研究会&「ナノ統合」連続研究会「相関電子系における光誘起現象」, 京都大学, 2009年12月10日-11日.
69. 小川直毅 (東京大学), “強相関電子系界面の時間分解非線形磁気光学分光”, 基研研究会&「ナノ統合」連続研究会「相関電子系における光誘起現象」, 京都大学, 2009年12月10日-11日.
70. H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST) and H. Uemura (東京大学), “Ultrafast Dynamics of Photoinduced Neutral to Ionic Transitions in Organic Molecular Compounds,” RIKEN Workshop on “Emergent Phenomena of Correlated Materials”, RIKEN, Wako, December 2-4, 2009.
71. C. Bell (東京大学, JST), Y. Kozuka (東京大学), 金民祐 (東京大学), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Polar Discontinuity and New Developments in Understanding Complex Oxide Interfaces,” 37<sup>th</sup> Conference on the Physics and Chemistry of Surfaces and Interfaces, New Mexico, 米国, 2010年1月10-14日.
72. 岡本 博 (東京大学, JST), “分子性半導体の光誘起相転移～電荷と分子自由度のダイナミクス～,” 新学術領域「分子自由度が拓く新物質科学」第3回領域会議, 仙台, 2010年1月5日-1月7日.
73. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “2D Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” KITP Conference on Materials by Design: Understanding and Controlling the Electronic Properties of Novel Correlated Electron Systems, Santa Barbara, CA, 米国, 2010年2月12日.
74. K. Miyano (東京大学, JST), “Nonlinear Optics of Electronic States Confined at Oxide Interfaces”, 2nd Nanyang Technological U. and Tokyo U. Workshop, 東京, 2010年2月22日.

- 日.
75. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Modulation Doping of Electrons and Holes at Vanadate Interfaces,” GCOE Workshop, 東京大学, 東京, 2010年2月22日.
  76. 疋田育之 (東京大学), “酸化物ヘテロ界面における内部電場と光,” 日本物理学会春季大会, 岡山大学, 岡山, 2010年3月20-23日.
  77. 岡本 博 (東京大学), “光誘起相転移における電荷と分子自由度の超高速ダイナミクス”, 物性研短期研究会 外部場の時間操作と実時間物理現象 物性研究所, 2010年6月22-23日
  78. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Reconstructions of Perovskite Surfaces and Interfaces and their Coupling”, 第30回真空・表面科学合同講演会, 大阪大学コンベンションセンター, 大阪 2010年11月4-6日.
  79. 岡本 博 (東京大学), “フェムト秒レーザー光で起こす超高速相転移”, 第14回NAIST科学技術セミナー, 奈良先端科学技術大学院大学, 2010年12月1日.
  80. 岡本 博 (東京大学), “光誘起相転移における電荷・分子ダイナミクスの直接観測”, 第4回東北大学G-COE研究会, 東北大学, 2010年12月3-5日.
  81. 疋田育之 (東京大学), “酸化物ヘテロ接合のバンドエンジニアリング”, 酸化物特異構造の形成と機能創発 ワークショップ, 東京工業大学, 2011年1月25-26日.
  82. 小塚裕介 (東北大学), 金民祐 (東京大学), C. Bell (東京大学), 金福基 (釜山大学), 疋田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “SrTiO<sub>3</sub> ヘテロ構造における高移動度二次元超伝導相の創成”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
  83. 矢嶋赳彬 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), 簗原誠人 (東京大学, JST), 佐藤弘樹 (東京大学), C. Bell (東京大学), 組頭広志 (東京大学), 尾嶋正治 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “酸化物ヘテロ界面におけるダイポールエンジニアリングとショットキー障壁高さの制御”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27
  84. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “How Relevant is the Notion of Polar Discontinuities for Oxide Heterointerfaces?”, Inter-phase: Novel Electronic States at Interfaces in Oxides, Lorentz Center, Leiden, オランダ, 2010年4月26-29日
  85. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Superconducting Oxide Semiconductor Heterostructures”, 9<sup>th</sup> International Conference on Spectroscopies in Novel Superconductors (SNS2010), 上海, 中国, 2010年5月23-28日
  86. K. Miyano (東京大学, JST), “Many faces of photoinduced phases in CMR manganites”, 12th International Ceramics Congress (CIMTEC 2010), イタリア, 2010年6月6日
  87. C. Bell (東京大学), Y. Kozuka (東北大学), M. Kim (東京大学), S. Harashima (東京大学), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “2D Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures”, Villa Conference on Complex Oxide

Heterostructures, Santorini, ギリシア, 2010年6月14-18日

88. Y. Hikita (東京大学), T. Yajima (東京大学), M. Nishikawa (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Band engineering in oxides: from a diode to a transistor”, Villa Conference on Complex Oxide Heterostructures, Santorini, ギリシア, 2010年6月14-18日.
89. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Recent Progress in Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures”, Joint International Conference of the 7<sup>th</sup> Asian Meeting on Ferroelectricity and the 7<sup>th</sup> Asian Meeting on Electroceramics (AMF-AMEC-2010), Jeju Island, 韓国, 2010年6月28日-7月1日.
90. H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), H. Uemura (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), and S. Horiuchi (産総研), “New Aspects of Photoinduced Neutral to Ionic Phase Transitions in Organic Molecular Compounds”, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), Kyoto, Japan, 2010年7月4-9.
91. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Materials and Interface Engineering in Oxides: From Diodes to Transistors”, 3<sup>rd</sup> Workshop for Emergent Materials Research, Pohang, 韓国, 2010年7月5-7日.
92. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Low-Dimensional Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures”, 19<sup>th</sup> International Conference on the Application of High Magnetic Fields in Semiconductor Physics and Nanotechnology (HMF19), 福岡, 2010年8月1-6日.
93. H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Interface Engineering in Manganites: from Diodes to Transistors”, ETH, Zurich, スイス, 2010年8月23-25日.
94. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Oxide Superconducting Semiconductors”, American Vacuum Society 57<sup>th</sup> International Symposium, Albuquerque, NM, 米国, 2010年10月17-22日.
95. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Epitaxial Manganite-Base Junction Transistors”, Indo-Japan Seminar on Novel Magnetic and Superconducting Materials, 東京, 2011年2月1-2日.
96. H. Okamoto (東京大学), “Ultrafast dynamics of photoinduced transitions in 1D organic molecular compounds”, 4<sup>th</sup> International Conference on Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT4), Wroclaw, Poland, June 28- July 2, 2011.
97. H. Okamoto (東京大学), “Ultrafast dynamics of photoinduced phase transitions in correlated electron oxides”, International Research School and Workshop on Electronic Crystals (ECRYS2011), Cargèse, France, August 15-27, 2011.
98. H. Okamoto (東京大学), “Ultrafast photoinduced phase transitions in correlated electron oxides”, Tokyo-Cologne Workshop on Strongly Correlated Transition-Metal Compounds 2011, Cologne, Germany, September 7-9, 2011.
99. K. Miyano (東京大学), “Effect of Zone Boundary Distortion on Improper Ferroelectrics”, Tokyo-Cologne Workshop on Strongly Correlated Transition-Metal Compounds 2011, Cologne, Germany, September 7-9, 2011.

100. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Manipulating Low-Dimensional Superconductivity in Oxide Heterostructures,” Plenary Lecture, 2011 Villa Conference on Complex Oxide Heterostructures, Las Vegas, NV, 米国, 2011年4月21-25日.
101. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Interface Engineering in Manganites: from Diodes to Transistors,” Materials Research Society Spring Meeting, San Francisco, CA, 米国, 2011年4月25-29日.
102. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Novel Superconducting Heterostructures,” Gordon Research Conference on Superconductivity, Waterville Valley, NH, 米国, 2011年6月5-10日.
103. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Revisiting LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>,” 4th Workshop for Emergent Materials Research, Pohang, 韓国, 2011年7月11-13日.
104. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Interface Engineering in Manganites: from Diodes to Transistors,” 2011 Oxide Interfaces Meeting, IBM Almaden, San Jose, CA, 米国, 2011年8月29-30日.
105. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Manipulating the Electrostatic Boundary Conditions in Oxide Heterostructures,” Discussion Meeting on ‘The new science of oxide interfaces,’ The Royal Society, London, 英国, 2011年9月12-13日.
106. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Low Dimensional Superconductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” Superconductivity at Oxide Interfaces, Kavli Royal Society International Center, Chicheley Hall, Buckinghamshire, 英国, 2011年9月14-15日.
107. 岡本 博 (東京大学), “強相関電子系の光誘起相転移 ～電荷と分子の超高速ダイナミクス～”, 光FORUM 第4回セミナー, 東京大学, 2011年12月20日.
108. 岡本 博 (東京大学), “フェムト秒レーザー光によって起こす超高速相転移”, 第4回超高速時間分解光計測研究会, ホテルクラウンパレス浜松, 2012年3月9日.
109. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Manipulating Low-Dimensional (Super-)conductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” Workshop on “Functionality from Heterostructures,” Obergurgl, オーストリア, 2011年10月10-12日.
110. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>,” International School of Oxide Electronics 2011, フランス, 2011年10月3-15日.
111. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Oxide Junction Transistors,” International School of Oxide Electronics 2011, Cargese, Corsica, フランス, 2011年10月3-15日.
112. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Controlling Band Alignments by Engineering Interface Dipoles at Oxide Heterointerfaces,” FIRST-QS2C Workshop in “Emergent Phenomena of Correlated Materials,” 沖縄県, 2011年12月12-15日.

113. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Manipulating Low-Dimensional (Super-)conductivity in SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” 39<sup>th</sup> Conference on the Physics & Chemistry of Surfaces & Interfaces, Santa Fe, NM, 米国, 2012 年 1 月 22 - 26 日.
114. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Superconductivity and Magnetotransport in  $\delta$ -Doped SrTiO<sub>3</sub>,” Aspen Winter Conference on Condensed Matter Physics, Aspen, CO, 米国, 2012 年 2 月 5 - 10 日.
115. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Interface Engineering in Manganites: from Diodes to Transistors,” American Physical Society March Meeting, Boston, MA, 米国, 2012 年 2 月 27 日 - 3 月 2 日.
116. C. Bell (スタンフォード大学), “Gate control of the mobility, carrier density and superconductivity at the LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> interface,” American Physical Society March Meeting, Boston, MA, 米国, 2012 年 2 月 27 日 - 3 月 2 日.

② 口頭発表 (国内会議 158 件、国際会議 36 件)

1. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), T. Susaki (東京大学), and Y. Kozuka (東京大学), “Mechanism of the Temperature-Dependent Polarity Reversal in Au-SrTiO<sub>3</sub> Schottky Junctions,” Materials Research Society Fall Meeting, 米国・マサチューセッツ州ボストン. 2006 年 11 月 27 日 ~ 12 月 1 日.
2. K. Takubo (東京大学), J.-Y. Son (東京大学), T. Mizokawa (東京大学), N. Takubo (東京大学), K. Miyano (東京大学, JST), N. Matsumoto (産総研), S. Nagata (産総研), “Photo-control of charge and orbital states in transition-metal compounds probed by photoemission spectroscopy”, 5-th International Conference on Macroscopic Quantum Phenomena in Complex Striped Matter, イタリア・ローマ, 2006 年 12 月 17 日 ~ 22 日.
3. 石田浩一 (東京大学), 小川直毅 (東京大学, JST), 久保優吾 (東京大学), 田丸博晴 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST) “ポンプ・プローブ分光法による LaMnO<sub>3</sub> の高速ダイナミクス測定” 日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007 年 3 月 18 日
4. 久保優吾 (東京大学), 若林祐助 (KEK), 小川直毅 (東京大学, JST), 田丸博晴 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST) “R<sub>0.5</sub>Ba<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub> エピタキシャル薄膜における光学異方性” 日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007 年 3 月 19 日
5. 宮田敦彦 (東京大学), 小川直毅 (東京大学), 田丸博晴 (東京大学), 鈴木維允 (東京大学), 島田敏宏 (東京大学), 長谷川哲也 (東京大学), 斉木幸一郎 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST) “ポンププローブ法による Alq<sub>3</sub> 分子内エネルギー移動の研究” 日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007 年 3 月 19 日
6. 木田智士 (東京大学), 小川直毅 (東京大学, JST), 田丸博晴 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST), 須崎友文 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST) “SHG を用いた STO 接合のバンドベンディング測定” 日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007 年 3 月 19 日
7. 田尾祥一 (東京大学), 荒生 肇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学, JST), 宮田耕充 (産総研), 柳 和宏 (産総研), 片浦弘道 (産総研), 岡本 博 (東京大学, JST, 産総研) “二層カーボンナノチューブにおける光励起状態の超高速緩和ダイナミクス” 日本物理学会、鹿児島大学郡元キ

キャンパス、2007年3月19日

8. 東大院新領域<sup>A</sup>, JST, CREST<sup>B</sup>, 東北大院理<sup>C</sup> 小林賢太郎(東京大学), 宮越達三(東京大学), 田尾祥一(東京大学), 松崎弘幸(東京大学, JST), 今村啓太(東北大), 大津英揮(東北大), 高石慎也(JST, 東北大), 山下正廣(JST, 東北大), 岡本 博(東京大学, JST)“ハロゲン架橋 Ni 錯体薄膜における二光子吸収と光スイッチング”日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007年3月19日
9. 松崎弘幸(東京大学, JST), 上村紘崇(東京大学), 松原正和(東京大学), 富岡康秀(産総研), 十倉好紀(東京大学, 産総研), 岡本 博(東京大学, JST, 産総研) “ペロフスカイト型 Mn 酸化物  $\text{Nd}_{0.5}\text{Ca}_{0.5}\text{MnO}_3$  における 30 フェムト秒ポンププローブ分光”日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007年3月20日
10. 木村和輝(東京大学), 松崎弘幸(東京大学, JST), 堀内佐智雄(産総研), 十倉好紀(東京大学, 産総研), 岡本 博(東京大学, JST, 産総研)“DMTTF-QBr<sub>n</sub>Cl<sub>4-n</sub> における光誘起イオン性-中性転移とコヒーレント振動”日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007年3月20日
11. 小塚裕介 (東京大学), 須崎友文 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “チタン酸ストロンチウム薄膜の光伝導特性”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9 月 4 日~8 日.
12. 中山元志 (東京大学), 小塚裕介 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), 須崎友文 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “紫外線照射下における Au-SrTiO<sub>3</sub> 界面の電気特性”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9 月 4 日~8 日.
13. 樋口卓也 (東京大学), 堀田育志 (東京大学), 須崎友文 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “極性表面の再構成に伴いホールドープされた LaVO<sub>3</sub> 量子井戸の熱電特性”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9 月 4 日~8 日.
14. 小塚裕介 (東京大学), 須崎友文 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “チタン酸ストロンチウム薄膜の光伝導特性”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9 月 4 日~8 日.
15. 中山元志 (東京大学), 小塚裕介 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), 須崎友文 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “紫外線照射下における Au-SrTiO<sub>3</sub> 界面の電気特性”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9 月 4 日~8 日.
16. 樋口卓也(東京大学), 堀田育志(東京大学), 須崎友文(東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “極性表面の再構成に伴いホールドープされた LaVO<sub>3</sub> 量子井戸の熱電特性”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9 月 4 日~8 日.
17. 矢嶋赳彬(東京大学), 疋田育之(東京大学), 宋宗顯 (韓国 Chungnam 国立大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “LaMnO<sub>3</sub> 薄膜の輸送・磁気特性の酸素アニール条件依存性”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9 月 4 日~8 日.
18. 疋田育之(東京大学), 須崎友文(東京大学), 高木英典(東京大学), ハロルド・ファン(東京大学, JST), (講演奨励賞受賞記念講演) ”SrRuO<sub>3</sub>/Nb:SrTiO<sub>3</sub>(100)Schottky 接合の内部光電効果測定”, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会, 北海道工業大学, 北海道, 2007 年 9

月 4 日～8 日.

19. 田尾祥一(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), 宮田耕充(産総研), 柳和宏(産総研), 片浦弘道(産総研), “孤立分散させた単層カーボンナノチューブにおけるフェムト秒ポンプ・プローブ分光”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
20. 上村紘崇(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “30 フェムト秒ポンプ・プローブ分光によるアルカリ TCNQ の光誘起スピンパイエルス相融解の研究”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
21. 木村和輝(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 十倉好紀(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “有機電荷移動錯体 DMTTF-QBrnCl<sub>4-n</sub> における光誘起中性-イオン性転移”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
22. 岩田宗朗(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 高村光仁(東北大学), 高石慎也(東北大学), 山下正廣(東北大学), 岡本博(東京大学, JST), “電荷密度波-モットハバード相転移を示す臭素架橋 Pd 錯体における光誘起相転移の探索”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
23. 松崎弘幸(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 松原正和(産総研), 富岡康秀(産総研), 十倉好紀(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “ペロフスカイト型 Mn 酸化物における光誘起電荷・軌道秩序融解の超高速ダイナミクス”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
24. 松原正和(産総研), 金子良夫(ERATO-MF), 何金萍(ERATO-MF), 岡本博(東京大学, JST), 十倉好紀(東京大学), “極性フェリ磁性体 GaFeO<sub>3</sub> における超高速スピンドイナミクス”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
25. 小林賢太郎(東京大学), 宮越達三(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 澤彰仁, 川崎雅司, 十倉好紀(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “二次元銅酸化物における光誘起絶縁体金属転移 I”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
26. 宮越達三(東京大学), 小林賢太郎(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 澤彰仁(産総研), 川崎雅司(産総研), 十倉好紀(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “二次元銅酸化物の光誘起絶縁体金属転移 II”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
27. 小川直毅, G. Mikaelian, W. Ho, “STM によるサブ分子分解能振動分光”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
28. 西川尚志, 小川直毅, 宮野健次郎, 津田俊輔, H. Y. Hwang, “SHG を用いた LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面の研究”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日～24 日.
29. S. Tao(東京大学), H. Okamoto(東京大学, JST), “Ultrafast optical switching in a 1D Mott insulator of the Ni-halogen chain compound dispersed into an optical polymer”, COE International Symposium on Strongly-correlated Applied Physics, Takeda Hall, Takeda Building, University of Tokyo, September 27-29, 2007

30. 岡本博(東京大学, JST), “half-filled強相関一次元系の光誘起相転移”, 新分野創成型連携プロジェクト「非平衡物理学の新展開」研究会, 分子科学研究所, 愛知, 2007年12月18日～19日.
31. 岡本博(東京大学, JST), “モット絶縁体の光誘起絶縁体/金属転移と超高速緩和”, 新分野創成型連携プロジェクト「非平衡物理学の新展開」研究会, 分子科学研究所, 愛知, 2007年12月18日～19日.
32. 松崎弘幸(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “ペロフスカイト型マンガン酸化物における光誘起電荷・起動整列相融解の超高速ダイナミクス”, 新分野創成型連携プロジェクト「非平衡物理学の新展開」研究会, 分子科学研究所, 愛知, 2007年12月18日～19日.
33. 岡本博(東京大学, JST), “遷移金属酸化物における光誘起相転移の超高速ダイナミクス”, 特定領域研究2007年度成果報告会, 名古屋大学, 愛知, 2008年1月5日～7日.
34. 木村和輝(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 十倉好紀(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “DMTTF-QBrnCl<sub>4-n</sub> (n=0-2)における光誘起中性-イオン性転移の超高速ダイナミクス”, 日本物理学会第63回年次大会, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.
35. 松崎弘幸(東京大学), 西岡大毅(東京大学), 宮越達三(東京大学), 小林賢太郎(東京大学), 澤彰仁(産総研), 川崎雅司(産総研), 十倉好紀(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “一次元銅酸化物薄膜におけるフェムト秒過渡吸収分光”, 日本物理学会第63回年次大会, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.
36. 上村紘崇(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “K-TCNQにおける光誘起スピンパイエルズ相融解ダイナミクスの温度依存性”, 日本物理学会第63回年次大会, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.
37. 岩田宗朗(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 高村光仁(東北大学), 高石慎也(東北大学), 山下正廣(東北大学), 岡本博(東京大学, JST), “温度誘起電荷密度波-モットハバード相転移を示す臭素架橋 Pd 錯体の光誘起相転移”, 日本物理学会第63回年次大会, 近畿大学, 大阪 2008年3月22日～26日.
38. 田尾祥一(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), 宮田耕充(東京大学), 柳和宏(東京大学), 片浦弘道(産総研), “孤立分散させた単層カーボンナノチューブにおける超高速非線形光学応答の励起エネルギー依存性”, 日本物理学会第63回年次大会, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.
39. H. Wadati (British Columbia 大学), D.G. Hawthorn (British Columbia 大学), J. Geck (British Columbia 大学), T. Higuchi (東京大学), M. Hosoda (東京大学), H.Y. Hwang (東京大学), S.-W.Huang (NSRRC), D.J.Huang (NSRRC), H.-J.Lin (NSRRC), C. Schussler-Langeheine (ケルン大学), H.-H. Wu (NSRRC, ケルン大学), E. Schierle (HMI c/o BESSY), E. Weschke (HMI c/o BESSY), G.A. Sawatzky (British Columbia 大学), “Electronic structure of the SrTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub> interface revealed by resonant soft x-ray scattering”, 2008年日本物理学会年次大会春季, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.
40. 玉置亮、荻本泰史、板倉祥哲、藤本幸太郎、石田浩一、小川直毅、宮野健次郎, “低次元強相関電子系 SrCuO<sub>2</sub> 薄膜のポンプ・プローブ分光”, 2008年日本物理学会年次大会春季, 近畿大学, 大阪, 2008年3月22日～26日.

41. 若林裕助、小川直毅、田久保直子、市川広彦、佐藤篤志、一柳光平、足立伸一、腰原伸也、宮野健次郎、澤博, “ $\text{Pr}_{0.55}(\text{Ca}_{1-y}\text{Sr}_y)_{0.45}\text{MnO}_3$  薄膜の光スイッチング効果-構造の光照射効果”, 2008 年日本物理学会年次大会春季, 近畿大学, 大阪, 2008 年 3 月 22 日~26 日.
42. 高橋圭 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “アナターゼ型  $\text{TiO}_2$  薄膜の酸化物薄膜接合形成によるキャリアドーピング効果”, 2008 年春季応用物理学会関係連合講演会, 日本大学, 千葉, 2007 年 3 月 27 日~3 月 30 日.
43. 疋田育之 (東京大学), Jong Hyun Song (韓国 Chungnam 国立大学), 須崎友文 (東工大応セラ研), 高木英典 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “ $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3(100)$  ヘテロ接合のバンドオフセット測定”, 2008 年春季応用物理学会関係連合講演会, 日本大学, 千葉, 2007 年 3 月 27 日~3 月 30 日.
44. 樋口卓也 (東京大学), 堀田育志 (東京大学), 須崎友文 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), (講演奨励賞受賞記念講演) “極性表面の再構成に伴う  $\text{LaVO}_3$  量子井戸へのホール注入”, 2008 年春季応用物理学会関係連合講演会, 日本大学, 千葉, 2007 年 3 月 27 日~3 月 30 日.
45. 和達大樹 (British Columbia 大学), D.G. Hawthorn (British Columbia 大学), J. Geck (British Columbia 大学), 樋口卓也 (東京大学), 細田雅之 (東京大学), H.Y. Hwang (東京大学), S.-W.Huang (NSRRC), D.J.Huang (NSRRC), H.-J.Lin (NSRRC), C. Schussler-Langeheine (ケルン大学), H.-H. Wu (NSRRC, ケルン大学), E. Schierle (HMI c/o BESSY), E. Weschke (HMI c/o BESSY), G.A. Sawatzky (British Columbia 大学), “共鳴軟 X 線散乱による  $\text{SrTiO}_3/\text{LaAlO}_3$  界面の電子状態の研究”, 2008 年春季応用物理学会関係連合講演会, 日本大学, 千葉, 2007 年 3 月 27 日~3 月 30 日.
46. 太田裕一 (東京大学), 小塚裕介 (東京大学), 宋 宗顯 (韓国 Chungnam 国立大学), 疋田育之 (東京大学), ファン・ハロルド (東京大学, JST), “マンガン酸化物/ $\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  ヘテロ接合における光応答の磁場依存性”, 2008 年春季応用物理学会関係連合講演会, 日本大学, 千葉, 2007 年 3 月 27 日~3 月 30 日.
47. 細田雅之 (東京大学), ベル・クリストファー (キヤノン ヨーロッパ財団), 樋口卓也 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), ファン・ハロルド (東京大学, JST), “ $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  ヘテロ界面の輸送特性の製膜条件に伴う変化”, 2008 年春季応用物理学会関係連合講演会, 日本大学, 千葉, 2007 年 3 月 27 日~3 月 30 日.
48. 西川満 (東京大学), 矢嶋起彬 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “ $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3(100)$  Schottky 接合における界面電子状態のアトミックスケール制御”, 2008 年春季応用物理学会関係連合講演会, 日本大学, 千葉, 2007 年 3 月 27 日~3 月 30 日.
49. 小塚裕介 (東京大学), 大西 剛 (東京大学), Mikk Lippmaa (東京大学), 疋田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “パルスレーザー堆積法による低濃度キャリアドーピングされた高移動度 n 型  $\text{SrTiO}_3$  薄膜の作製”, 第 69 回応用物理学会学術講演会, 中部大学, 愛知, 2008 年 9 月 2 日~5 日.
50. 太田裕一 (東京大学), 小塚裕介 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “ $\text{SrRuO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  ヘテロ接合における光キャリア注入の Nb ドープ量依存性”, 第 69 回応用物理学会学術講演会, 中部大学, 愛知, 2008 年 9 月 2 日~5 日.

51. 矢嶋赳彬 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), 樋口卓也 (東京大学, コーネル大学), Lena Fitting-Kourkoutis (コーネル大学), 宋 宗顯 (Chungnam National Univ.), David Muller (コーネル大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “LaMnO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>ヘテロ構造における物性の界面組成とポストアニール依存性”, 第 69 回応用物理学会学術講演会, 中部大学, 愛知, 2008 年 9 月 2 日~5 日.
52. 西岡大毅 (東京大学), 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 宮越達三 (東京大学), 小林賢太郎 (東京大学), 澤彰 仁 (産総研), 川崎雅司 (東北大学), 十倉好紀 (東京大学, 産総研), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “一次元銅酸化物 Ca<sub>2</sub>CuO<sub>3</sub> の光誘起絶縁体金属転移とその超高速ダイナミクス”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
53. 松原正和 (産総研, JST), 小笠原剛 (産総研), 沖本洋一 (産総研), 富岡泰秀 (産総研), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), 十倉好紀 (東京大学, 産総研), “ペロブスカイト型Mn酸化物における光誘起電荷・スピンドイナミクス”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
54. 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 松原正和 (産総研, JST), 富岡康秀 (産総研), 十倉好紀 (東京大学, 産総研), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ペロブスカイト型マンガン酸化物 Pr<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> における光誘起電荷秩序融解の超高速ダイナミクス”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
55. 太田康公 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 高石慎也 (東北大学), 高村光仁 (東北大学), 山下正廣 (東北大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “臭素架橋 Pd 錯体における光誘起モットハバードー電荷密度波相転移のダイナミクスとその制御”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
56. 松崎弘幸 (東京大学), 太田康公 (東京大学), 高石慎也 (東北大学), 高村光仁 (東北大学), 山下正廣 (東北大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “臭素架橋 Pd 錯体における光誘起モットハバードー電荷密度波相転移とモットハバードー金属相転移”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
57. 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “アルカリ-TCNQ の光誘起スピンパイエルス相融解におけるコヒーレント振動”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
58. 田尾祥一 (東京大学), 川村元秀 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 松井弘之 (東京大学, 産総研), 長谷川達生 (産総研), 竹谷純一 (大阪大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ルブレ単結晶の中近赤外フェムト秒ポンププローブ分光 I”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
59. 田尾祥一 (東京大学), 川村元秀 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 松井弘之 (東京大学, 産総研), 長谷川達生 (産総研), 竹谷純一 (大阪大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ルブレ単結晶の中近赤外フェムト秒ポンププローブ分光 II”, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 岩手大学, 2008 年 9 月 20~23 日
60. 久保優吾, 荻本泰史, 宮野健次郎, “PLD 法による A-site 秩序型 SmBaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> エピタキシャル薄膜の作製”, 第 69 回応用物理学会学術講演会 Sep. 2-5, 2008 (中部大学)

61. 西川尚志、小川直毅、荻本泰史、宮野健次郎, ” SrTiO<sub>3</sub> 薄膜の歪誘起分極における LaAlO<sub>3</sub> キャップ層効果”, 日本物理学会 2008 年秋季大会 Sep. 20-23, 2008 (岩手大)
62. 小川直毅、荻本泰史、宮野健次郎、樋口卓也、細田雅之、C. Bell、疋田育之、H. Y. Hwang, “SHG による LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 超格子の研究”, 日本物理学会 2008 年秋季大会 Sep. 20-23, 2008 (岩手大)
63. 玉置亮、荻本泰史、板倉祥哲、藤本幸太郎、小川直毅、田丸博晴、宮野健次郎, “無限層銅酸化物 SrCuO<sub>2</sub> 薄膜の中赤外ポンプ・プローブ分光”, 日本物理学会 2008 年秋季大会 Sep. 20-23, 2008 (岩手大)
64. H. Matsuzaki (東京大学), H. Uemura (東京大学), M. Matsubara (産総研, JST), Y. Tomioka (産総研), Y. Tokura (東京大学, 産総研), H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast dynamics of photoinduced melting of charge and orbital order in perovskite-type manganite”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008.
65. H. Matsuzaki (東京大学), K. Kimura (東京大学), H. Uemura (東京大学), S. Horiuchi (産総研), Y. Tokura (東京大学, 産総研), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast dynamics of photoinduced neutral-ionic phase transitions in charge transfer compound with quantum paraelectricity”, 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008.
66. 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008.
67. M. Matsubara (産総研), Y. Kaneko (JST), J.P. He (JST), H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), and Y. Tokura (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast photocontrol of a multiferroic GaFeO<sub>3</sub>”, 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008.
68. S. Wall(オックスフォード大), H. Ehrke(オックスフォード大), D. Polli(Politecnico of Milano), D. Brida (Politecnico of Milano), Y. Tokura(産総研), H. Okamoto(東京大学), G. Cerullo(Politecnico of Milano) and A. Cavalleri(オックスフォード大), “Probing strongly correlated electron dynamics on extreme timescales”, 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008.
69. H. Okamoto (東京大学, JST), “Ultrafast photocarrier doping in Nd<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> and La<sub>2</sub>CuO<sub>4</sub> thin films” AIST-RIKEN Joint Workshop on Emergent Phenomena of Correlated Materials, Okinawa, March 4-7, 2009.
70. 西岡大毅(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 宮越達三(東京大学), 小林賢太郎(東京大学), 澤 彰仁(産総研), 十倉好紀(東京大学,産総研), 岡本 博(東京大学,産総研,JST), “一次元銅酸化物 Ca<sub>2</sub>CuO<sub>3</sub> の光誘起絶縁体金属転移とその超高速ダイナミクス II”  
日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.

71. 松崎弘幸(東京大学), 内藤大助(東京大学), 大倉真明(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 西岡大毅(東京大学), 澤 彰仁(産総研), 川崎雅司(東北大学), 十倉好紀(東京大学,産総研), 岡本 博(東京大学,産総研,JST),“TiO<sub>2</sub>-二次元銅酸化物ヘテロ接合における光キャリア注入”, 日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.
72. 松原正和(産総研), 澤 彰仁(産総研), 岡本 博(東京大学,産総研),“ペロブスカイト型 Mn 酸化物薄膜への光キャリア注入”,日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.
73. 上村紘崇(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 松原正和(産総研), 富岡康秀(産総研), 十倉好紀(東京大学,産総研), 岡本 博(東京大学,産総研,JST),“ペロブスカイト型マンガン酸化物 Pr<sub>1-x</sub>Ca<sub>x</sub>MnO<sub>3</sub> における光誘起電荷秩序融解の超高速ダイナミクス II”,日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.
74. 上村紘崇(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 高橋幸裕(産総研), 長谷川達生(産総研), 岡本 博(東京大学,産総研,JST),“有機 1 次元モット絶縁体における光キャリアの超高速ダイナミクス:電子格子相互作用の効果”,日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.
75. 太田康公(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 高石慎也(東北大学), 山下正廣(東北大学), 岡本 博(東北大学,JST),“15 fs パルスを用いた一次元 PtI 錯体の光誘起電荷密度波-モットハバード相転移の研究”,日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.
76. 田尾祥一(東京大学), 朴 仁用(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 松井弘之(産総研), 長谷川達生(産総研), 富成征弘(大阪大学), 竹谷純一(大阪大学), 岡本 博(東京大学,産総研,JST),“ルブレ単結晶のフェムト秒分光:光キャリア生成の励起エネルギー依存性”,日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.
77. 西川尚志 (東京大学)、小川直毅 (東京大学)、荻本泰史 (富士電機, JST)、宮野健次郎 (東京大学, JST), “SH 位相測定で見た SrTiO<sub>3</sub>/LSAT(001)薄膜における分極の対称性”, 日本物理学会 2009 年第 64 回年次大会, 立教大学, 2009 年 3 月 27~30 日.
78. Y. Kozuka (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “High Electron Mobility and Superconductivity in n-type SrTiO<sub>3</sub> Thin Films and Delta-Doped Heterostructures,” Materials Research Society Spring Meeting, San Francisco, 米国, 2009 年 4 月 13-17 日.
79. T. Higuchi (東京大学), Y. Hotta (東京大学), T. Susaki (東京大学), A. Fujimori (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Modulation doping of a Mott quantum well by a proximate polar discontinuity,” Materials Research Society Spring Meeting, San Francisco, 米国, 2009 年 4 月 13-17 日.
80. 小川 直毅 (東京大学)、佐藤琢哉、荻本 泰史 (東京大学, JST)、宮野 健次郎 (東京大学, JST), “Nonlinear optical study on oxide interfaces”, H21 年度基盤研究 A「遷移金属酸化物界面における新規強相関電子状態の放射光分光と探索」, つくば, 2009 年 8 月 21 日-22 日.
81. S. Tao (東京大学) , Y. Miyata(産総研), K. Yanagi(産総研), H. Kataura(産総研), and H. Okamoto (東京大学, JST), “Ultrafast exciton level modulation due to coherent optical

nonlinearity in isolated semiconducting SWNTs,” The 37th Fullerene- Nanotubes General Symposium, Tsukuba city, September 1-3, 2009.

82. 金民祐 (東京大学), 小塚祐介 (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “ $\delta$  ドープチタン酸ストロンチウムにおける超伝導の三次元-二次元転移,” 第70回応用物理学学会学術講演会, 富山大学, 富山, 2009年9月9-11日.
83. C. Bell (東京大学, JST), S. Harashima (東京大学), M. Kim (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Normal state and superconducting transport anisotropies at the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  interface,” 第70回応用物理学学会学術講演会, 富山大学, 富山, 2009年9月9-11日.
84. 中西康生 (東京大学), 太田裕一 (東京大学), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “パルスレーザー堆積法によるアナターゼ  $\text{TiO}_2$  薄膜の評価,” 第70回応用物理学学会学術講演会, 富山大学, 富山, 2009年9月9-11日.
85. 佐藤弘樹 (東京大学), 樋口卓也 (東京大学), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), ““ $\text{SrAlO}_x$ ”緩衝層による bulk-like なエピタキシャル  $\text{LaAlO}_3$  薄膜の作製,” 第70回応用物理学学会学術講演会, 富山大学, 富山, 2009年9月9-11日.
86. 小塚祐介 (東京大学), 金民祐 (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “チタン酸ストロンチウム極薄膜におけるシュブニコフ・ドハース振動,” 第70回応用物理学学会学術講演会, 富山大学, 富山, 2009年9月9-11日.
87. 荻本 泰史 (東京大学, JST), 小川 直毅 (東京大学), 宮野 健次郎 (東京大学, JST), “極薄 Mn 酸化物二重構造における電荷軌道秩序”, 第70回応用物理学学会学術講演会, 富山大学, 富山, 2009年9月9-11日.
88. H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), K. Kimura (東京大学), H. Uemura (東京大学), T. Hamamoto (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), S. Horiuchi (産総研), and Y. Tokura (東京大学), “Ultrafast dynamics of photoinduced neutral-ionic phase transitions in charge transfer compounds with quantum paraelectricity,” The 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM2009), Hokkaido, Japan, September 13-17, 2009.
89. 竹原陵介 (東京大学), 宮川和也 (東京大学), 鹿野田一司 (東京大学), 岡本 博 (東京大学), “TTF- $\text{QCl}_4$  の高圧下輸送特性の測定”, 日本物理学会 2009年秋季大会, 熊本大学, 2009年9月25-28日.
90. 松崎弘幸 (東京大学), 内藤大介 (東京大学), 大倉真明 (東京大学), 石井 出 (東京大学), 澤 彰仁 (産総研), 川崎雅司 (産総研, 東京大学), 十倉好紀 (産総研, 東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ $\text{TiO}_2$ -二次元銅酸化物ヘテロ接合における光キャリア注入II,” 日本物理学会 2009年秋季大会, 熊本大学, 2009年9月25-28日.
91. 田尾祥一 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 富成征弘 (大阪大学), 竹谷純一 (大阪大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ルブレ単結晶における励起子・光キャリアダイナミクスの温度依存性,” 日本物理学会 2009年秋季大会, 熊本大学, 2009年9月25-28日.
92. 矢田祐之 (産総研, CREST), 松原正和 (産総研, CREST), 山田浩之 (産総研), 澤 彰仁

- (産総研), 松崎弘幸 (東京大学), 岡本 博 (産総研, JST, 東京大学), “SrTiO<sub>3</sub>とMn 酸化物のヘテロ接合における光キャリア注入,” 日本物理学会 2009 年秋季大会, 熊本大学, 2009 年 9 月 25-28 日.
93. 浜本貴紀 (東京大学), 上村紘崇 (東京大学), 木村和輝 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 堀内佐智雄 (産総研), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “20fs パルスによる光誘起中性-イオン性転移の超高速ダイナミクスの研究,” 日本物理学会 2009 年秋季大会, 熊本大学, 2009 年 9 月 25-28 日.
94. 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, JST), “有機 1 次元モット絶縁体における光キャリアの超高速ダイナミクス II,” 日本物理学会 2009 年秋季大会, 熊本大学, 2009 年 9 月 25-28 日.
95. Sheng Zhigao (東京大学), Naoki Ogawa (東京大学), Yasushi Ogimoto (東京大学, JST), and Kenjiro Miyano (東京大学, JST), “Preparation and second-harmonic generation properties of YMnO<sub>3</sub> thin films”, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 熊本大学, 2009 年 9 月 25-28 日.
96. 小川直毅 (東京大学), 佐藤琢哉, 荻本 泰史 (東京大学, JST), 宮野 健次郎 (東京大学, JST), “LaMnO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub> 単一界面の時間分解非線形磁気光学分光”, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 熊本大学, 2009 年 9 月 25-28 日.
97. 玉置 亮 (東京大学), 荻本 泰史 (東京大学, JST), 小川 直毅 (東京大学), 宮野 健次郎 (東京大学, JST), “Nd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub> 薄膜の電荷軌道秩序相における光誘起ダイナミクス”, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 熊本大学, 2009 年 9 月 25-28 日.
98. Kim (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “3D-2D Superconductivity Crossover in delta-doped SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures,” The 16<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Palau Firal I de Congressos de Tarragona, Tarragona, スペイン, 2009 年 10 月 4-7 日.
99. T. Yajima (東京大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Fabrication of a Metal-Base Transistor Using a Perovskite Manganite,” The 16<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Palau Firal I de Congressos de Tarragona, Tarragona, スペイン, 2009 年 10 月 4-7 日.
100. 岡本 博 (東京大学), “過渡吸収分光で探る有機半導体の光キャリアダイナミクス,” 第 3 回東北大学 G-COE 研究会「金属錯体の固体物性科学最前線-錯体化学と固体物性物理と生物物性の連携新領域創成をめざして-」, 東北大学, 2009 年 12 月 18 日-20 日.
101. 疋田 育之 (東京大学), 川村元秀 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Au/Nb:SrTiO<sub>3</sub> 界面における SrTiO<sub>3</sub> の誘電率の温度依存性,” 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 神奈川, 2010 年 3 月 17 - 20 日.
102. 川村元秀 (東京大学), 疋田 育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “内部光電効果法を用いた強内部電場下における SrTiO<sub>3</sub> の誘電率測定,” 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 神奈川, 2010 年 3 月 17 - 20 日.
103. 佐藤弘樹 (東京大学), 樋口卓也 (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), 疋田 育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “パルスレーザー堆積法により作製した LaAlO<sub>3</sub> 薄膜のカチオン組成,” 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 神奈川, 2010 年 3 月 17 - 20 日.

104. (講演奨励賞受賞記念講演)小塚裕介 (東京大学), 栗田萌 (東京大学), 金民祐 (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “SrTiO<sub>3</sub>におけるδドープ電界効果型トランジスタ,” 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 神奈川, 2010 年 3 月 17 - 20 日.
105. 矢嶋赳彬 (東京大学), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “マンガン酸化物をベースとした磁気トランジスタの作製,” 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 神奈川, 2010 年 3 月 17 - 20 日.
106. 矢嶋赳彬 (東京大学), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), “界面ダイポールを用いた SrRuO<sub>3</sub>/Nb:SrTiO<sub>3</sub> ショットキー障壁高さの制御,” 第 57 回応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 神奈川, 2010 年 3 月 17 - 20 日.
107. Kim (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “2D quantum oscillations in the normal state of a superconducting oxide heterostructure,” APS March Meeting 2010, Portland, WA, 米国, March 15 - 19 2010.
108. C. Bell (東京大学, JST), S. Harashima (東京大学), M. Kim (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Normal state and superconducting transport at the LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> interface,” APS March Meeting 2010, Portland, WA, 米国, March 15 - 19 2010.
109. Zhigao Sheng, Naoki Ogawa, Yasushi Ogimoto, and Kenjiro Miyano, “Optically-probed polarization in ultrathin epitaxial YMnO<sub>3</sub> films”, APS March Meeting 2010, Portland, WA, 米国, March 15 - 19 2010.
110. 松井裕太 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 大倉真明 (東京大学), 澤 彰仁 (産総研), 川崎雅司 (東京大学), 十倉好紀 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “TiO<sub>2</sub> - 二次元銅酸化物ヘテロ接合における光キャリア注入 III,” 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
111. 矢田祐之 (産総研, JST), 松原正和 (産総研, JST), 山田浩之 (産総研), 澤 彰仁 (産総研), 松崎弘幸 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ヘテロ接合を用いた強相関電子系遷移金属酸化物の光キャリア注入磁化制御,” 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
112. 石井 出 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 藤岡 淳 (ERATO), 十倉好紀 (ERATO, 東京大学), 岡本 博 (東京大学, JST), “多様なスピン・軌道秩序を有する YVO<sub>3</sub> のフェムト秒分光,” 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
113. 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, JST), “15 fs レーザーパルスを用いた TTF-CA の光誘起イオン性-中性転移ダイナミクスの研究,” 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
114. 上村紘崇 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, JST), “TTF-CA の光誘起中性-イオン性転移における超高速分子振動ダイナミクス,” 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.

115. 大谷直也 (東京大学), 田尾祥一 (東京大学), 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 三輪一元 (大阪大学), 植村隆文 (大阪大学), 竹谷純一 (大阪大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ルブレ単結晶における励起子緩和とコヒーレントフォノン,” 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
116. 荻本 泰史(東京大学, JST)、小川 直毅(東京大学, JST)、宮野 健次郎(東京大学, JST), “強相関界面を介した極薄二層構造における相制御”, 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日
117. 玉置 亮(東京大学, JST)、荻本 泰史(東京大学, JST)、小川 直毅(東京大学, JST)、宮野 健次郎(東京大学, JST), “Nd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub> 薄膜における光誘起相の長時間緩和”, 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
118. 小川 直毅(東京大学, JST)、荻本 泰史(東京大学, JST)、宮野 健次郎(東京大学, JST), “非線形光学を用いた Mn 酸化物薄膜電荷軌道整列状態の検出”, 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
119. 矢嶋赳彬 (東京大学), 佐藤弘樹 (東京大学), 正田育之 (東京大学), C. Bell (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “(SrAlO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> 負電荷層挿入による SrRuO<sub>3</sub>/Nb:SrTiO<sub>3</sub> (001) ショットキー障壁高さの増大”, 第 29 回応用物理学会, 長崎大学, 長崎, 2010 年 9 月 14-17 日.
120. 渡邊良祐 (東京大学, JST)、宮野健次郎 (東京大学, JST)” 金属ナノ粒子による有効反射防止膜構造”, 第 29 回応用物理学会, 長崎大学, 長崎, 2010 年 9 月 14-17 日.
121. 荻本泰史(富士電機、東京大学、JST)、小川直毅(東京大学)、宮野健次郎(東京大学, JST), “極薄 Mn 酸化物多層構造の輸送特性で見る強相関界面の電子状態”, 第 29 回応用物理学会, 長崎大学, 長崎, 2010 年 9 月 14-17 日.
122. 小川直毅(東京大学)、荻本泰史(富士電機、東京大学、JST)、宮野健次郎(東京大学、JST), “SHG と磁気・輸送特性で見た Mn 酸化物極薄膜の軌道秩序”, 第 29 回応用物理学会, 長崎大学, 長崎, 2010 年 9 月 14-17 日.
123. 大島隆治 (東京大学)、高田彩未 (東京大学)、八木修平 (東京大学)、赤羽浩一 (東京大学)、玉置亮 (東京大学)、宮野健次郎 (東京大学、JST)、岡田至崇 (東京大学), “高密度 InAs/GaNAs 量子ドット太陽電池構造の光学特性評価”, 第 29 回応用物理学会, 長崎大学, 長崎, 2010 年 9 月 14-17 日.
124. 金民祐 (東京大学), 小塚裕介 (東北大学), C. Bell (東京大学), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “対称ポテンシャルを持つデルタードープ SrTiO<sub>3</sub> 超伝導体におけるスピン軌道相互作用”, 日本物理学会秋季大会, 大阪府立大学, 大阪, 2010 年 9 月 23-26 日.
125. 原島慧 (東京大学), C. Bell (東京大学), 金民祐 (東京大学), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “KTaO<sub>3</sub> における擬二次元電子系の反局在”, 日本物理学会秋季大会, 大阪府立大学, 大阪, 2010 年 9 月 23-26 日.
126. 若林裕助 (大阪大学), 山崎好紘 (大阪大学), 木村剛 (大阪大学), C. Bell (東京大学), 正田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “表面 X 線回折法による LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面構造解析—製膜温度依存性”, 日本物理学会秋季大会, 大阪府

立大学, 大阪, 2010 年 9 月 23-26 日.

127. 山本涼介 (大阪大学), 若林裕助 (大阪大学), 木村剛 (大阪大学), C. Bell (東京大学), 正田育之(東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “表面 X 線回折法による  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  界面構造解析—基板終端面依存性”, 日本物理学会秋季大会, 大阪府立大学, 大阪, 2010 年 9 月 23-26 日.
128. 石井 出 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 上村紘崇 (東京大学), 藤岡 淳 (JST), 十倉好紀 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, JST), “多様なスピン・軌道秩序を有する  $\text{YVO}_3$  のフェムト秒分光 II”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
129. 松井裕太 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 大倉真明 (東京大学), 澤 彰仁 (産総研), 十倉好紀 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “ $\text{TiO}_2$ -二次元銅酸化物へテロ接合における光キャリア注入と過渡スペクトル”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
130. 上村紘崇 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, JST), “TTF-CA の光誘起中性-イオン性転移における電荷-分子変形-分子変位結合ダイナミクス”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
131. 大倉真明 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 堀内佐智雄 (産総研), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “二次元的電子構造を持つ有機電荷移動錯体 M2P-TCNQF4 の光誘起絶縁体-金属転移”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
132. 上村紘崇 (東京大学), 岩澤浩二郎 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “アルカリ-TCNQ の光誘起スピンパイエルズ相融解におけるコヒーレント振動と鎖間相互作用”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
133. 上村紘崇 (東京大学), 前島展也 (筑波大学), 米満賢治 (分子研), 岡本 博 (東京大学, JST), “一次元モット絶縁体における電荷ダイナミクスと電子格子相互作用”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
134. 小川直毅 (東京大学), 荻本泰史 (富士電機, 東京大学, JST), 宮野健次郎 (東京大学, JST), “時間分解 SHG による  $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  薄膜軌道整列相の観測”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
135. 玉置亮 (東京大学), 荻本泰史 (富士電機, 東京大学, JST), 小川直毅 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST), “ $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  薄膜における光誘起相の長時間緩和 II-温度依存性-“, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
136. 井田義明 (東京大学), 小川直毅 (東京大学), 荻本泰史 (富士電機, 東京大学, JST), 宮野健次郎 (東京大学, JST), “ $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  薄膜の電荷軌道秩序相における非線形光学効果”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
137. Z. Sheng (東京大学), K. Miyano (東京大学, JST), N. Ogawa (東京大学), and Y. Ogimoto (富士電機, 東京大学, JST), “Strain-induced lifting of geometrical frustration in ultrathin  $\text{YMnO}_3$  films”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日
138. 岡本 博 (東京大学), 上村紘崇 (東京大学), “光誘起中性-イオン性転移における電荷移

- 動一分子変形—分子変位の超高速ダイナミクス”, 新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」第4回領域会議, 東京大学, 2011年1月5-7日
139. M. Kim (東京大学), Y. Kozuka (東北大学), C. Bell (東京大学), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “2D quantum oscillations in the normal state of a superconducting oxide heterostructure”, APS March Meeting 2010, Portland, WA, 米国, 2010年3月15-19日.
140. C. Bell (東京大学), S. Harashima (東京大学), M. Kim (東京大学), Y. Kozuka (東北大学), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Normal state and superconducting transport at the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  interface”, APS March Meeting 2010, Portland, WA, 米国, 2010年3月15-19日.
141. 細田雅之 (東京大学), C. Bell (東京大学), 疋田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “ $\text{LaAlO}_3/\text{LaTiO}_3/\text{SrTiO}_3$ における界面伝導およびそのゲート電圧による制御”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
142. 矢嶋赳彬 (東京大学), 簗原誠人 (東京大学, JST), 疋田育之 (東京大学), C. Bell (東京大学), 組頭広志 (東京大学), 尾嶋正治 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “ $\text{LaAlO}_3/\text{Nb:SrTiO}_3(001)$ へテロ構造におけるナノスケール内蔵電位の直接観察”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
143. 立川卓 (東京大学), 簗原誠人 (東京大学, JST), 秋山英文 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), C. Bell (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “パルスレーザー堆積法により作製したアナターゼ型 $\text{TiO}_2$ 薄膜の成長レート依存性”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
144. 簗原誠人 (東京大学, JST), 立川卓 (東京大学), 中西康生 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), C. Bell (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード, 東京大学, JST), “界面終端層制御によるアナターゼ型 $\text{TiO}_2/\text{LaAlO}_3(001)$ へテロ構造の金属絶縁体転移”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
145. 佐藤弘樹 (東京大学), C. Bell (東京大学), 疋田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “作製条件による $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$ 界面の電気伝導特性の制御”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
146. 荻本泰史 (東京大学・富士電機, JST), 小川直毅 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST), “高指数面基板上へのMn酸化物薄膜のエピタキシャル成長”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
147. 荻本泰史 (東京大学・富士電機・JST), 小川直毅 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST), “高指数基板上に作製したMn酸化物薄膜の磁気・輸送特性”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
148. 渡邊良祐 (東京大学, JST), 宮野健次郎 (東京大学, JST), “FDTDによる金属ナノ粒子埋め込み太陽電池の効率評価”, 第58回応用物理学関係連合講演会, 神奈川工科大学, 神奈川, 2011年3月24-27日.
149. 井上悠 (東京大学), C. Bell (東京大学), 疋田育之 (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “ $\text{SrTiO}_3$ 二重デルタドープ構造における二次元超伝導体の結合効

- 果”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 新潟, 2011年3月25-28日.
150. 上村紘崇(東京大学), 宮本辰也(東京大学), 岡本 博(東京大学, JST), “TTF-CAの光誘起中性-イオン性転移における電荷-分子変形-分子変位結合ダイナミクスII”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日
  151. 松崎弘幸(東京大学), 大倉真明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学, 産総研, JST), “二次元的電子構造を持つ有機電荷移動錯体M2P-TCNQF4の光誘起絶縁体-金属転移II”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日
  152. 澤田亮人(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 貴田徳明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学, 産総研, JST), “有機分子性強誘電体クロコン酸の光学スペクトルと非線形光学応答”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日
  153. 五月女真人(東京大学), 貴田徳明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学, JST), “有機分子性強誘電体クロコン酸からの強誘電性を反映した高効率なテラヘルツ電磁波発生”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日
  154. 五月女真人(東京大学), 貴田徳明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学, JST), “有機分子性強誘電体クロコン酸からのテラヘルツ電磁波発生を用いた強誘電ドメインの可視化とベクトルマッピング”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日
  155. 松井裕太(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 大倉真明(東京大学), Li Bingsheng(産研), 澤彰仁(産総研), 十倉好紀(東京大学), 岡本 博(東京大学, 産総研, JST), “TiO<sub>2</sub>-二次元銅酸化物ヘテロ接合における光キャリア注入のダイナミクス”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日
  156. 石井 出(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 藤岡 淳(東京大学), 十倉好紀(ERATO, JST), 岡本 博(東京大学, JST), “ペロブスカイト型バナジウム酸化物における光誘起相転移の超高速ダイナミクス”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日
  157. 小川直毅(東京大学), 荻本泰史(東京大学・富士電機, JST), 宮野健次郎(東京大学, JST), Pr<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub>極薄膜における反強磁性ドメイン構造”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日.
  158. 清水裕勝(東京大学), 荻本泰史(東京大学・富士電機, JST), 小川直毅(東京大学), 宮野健次郎(東京大学, JST), “SHGによるPrMnO<sub>3</sub>/SrMnO<sub>3</sub>界面電子状態の観察”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日.
  159. 玉置亮(東京大学), 荻本泰史(東京大学・富士電機, JST), 小川直毅(東京大学), 宮野健次郎(東京大学, JST), “無限層銅酸化物ヘテロ界面における光誘起ダイナミクスの非線形光学測定”, 日本物理学会第66回年次大会, 新潟大学, 2011年3月25-28日.
  160. H. Sato (東京大学), T. Higuchi (東京大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Fabrication of Bulk-like Single Crystal LaAlO<sub>3</sub> Thin Films on SrTiO<sub>3</sub> (001) using “SrAlO<sub>x</sub>” Buffer Layers”, MRS Spring Meeting, San Francisco, CA, 米国, 2010年4月5-9日.

161. T. Yajima (東京大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “A Metal-Base Transistor Using Perovskite Manganites”, MRS Spring Meeting, San Francisco, CA, 米国, 2010 年 4 月 5-9 日.
162. T. Yajima (東京大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Controlling band alignments by engineering interface dipoles at oxide heterointerfaces”, The 3rd International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies EM-NANO 2010, Toyama International Conference Center, 富山, 2010 年 6 月 22-25 日.
163. T. Yajima (東京大学), Y. Hikita (東京大学), C. Bell (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Controlling Band Alignments by Engineering Interface Dipoles at Oxide Heterointerfaces”, Composites/Nano Engineering (ICCE - 18), Alaska, 米国, 2010 年 7 月 4-10 日.
164. H. Uemura (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast Photoinduced Melting of Spin-Peierls Phase in Alkali-TCNQ Salts”, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), Kyoto, Japan, 2010 年 7 月 4-9 日.
165. H. Kishida (名古屋大学, JST, 東京大学), H. Takamatsu (東京大学), K. Fujinuma (東京大学), and H. Okamoto (東京大学, JST), “Ferroelectric Domain Structures of TTF-CA Revealed by Electreflectance Method”, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2010 (ICSM 2010), Kyoto, Japan, 2010 年 7 月 4-9 日.
166. J. A. Mundy (コーネル大学), L. Fitting Kourkoutis (コーネル大学), Y. Hikita (東京大学), T. Hidaka (東京大学), H. Y. Hwang (東京大学, JST), D. A. Muller (コーネル大学), “Charge Transfer at  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3/\text{SrTiO}_3$  interfaces probed by Spectroscopic Imaging in an Aberration-Corrected STEM”, Portland, OR, 米国, 2010 年 8 月 1-5 日.
167. Y. W. Xie (東京大学), C. Bell (東京大学), T. Yajima (東京大学), Y. Hikita (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Charge writing at the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  surface”, The 17<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics (WOE-17), Awaji Yumebutai International Conference Center, 兵庫, 2010 年 9 月 19-22 日.
168. K. Miyano (東京大学), N. Ogawa (東京大学), Y. Ogimoto (東京大学), “Nonlinear optical imaging of antiferromagnetic domains in orbital-ordered  $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  thin films”, APS March Meeting, Dallas, 米国 2011 年 3 月 21-25 日.
169. 荻本泰史 (東京大学)、小川直毅 (東京大学)、宮野健次郎 (東京大学), “高指数面基板上への Mn 酸化物薄膜のエピタキシャル成長”, 応用物理学会関係連合講演会、神奈川工科大学、2011 年 3 月 24 日-27 日.
170. 荻本泰史 (東京大学)、小川直毅 (東京大学)、宮野健次郎 (東京大学), “高指数面基板上に作製した Mn 酸化物薄膜の磁気・輸送特性”, 応用物理学会関係連合講演会、神奈川工科大学、2011 年 3 月 24 日-27 日.
171. 渡邊良祐 (東京大学)、宮野健次郎 (東京大学), “FDTD による金属ナノ粒子埋め込み太陽電池の効率評価”, 応用物理学会関係連合講演会、神奈川工科大学、2011 年 3 月 24 日-27 日.

172. 小川直毅(東京大学)、荻本泰史(東京大学)、宮野健次郎(東京大学),”  $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  極薄膜における反強磁性ドメイン構造”, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学、2011 年 3 月 25 日-28 日.
173. 清水裕勝(東京大学)、荻本泰史(東京大学)、小川直毅(東京大学)、宮野健次郎(東京大学),” SHG による  $\text{PrMnO}_3/\text{SrMnO}_3$  界面電子状態の観測”, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学、2011 年 3 月 25 日-28 日.
174. 玉置亮(東京大学)、荻本泰史(東京大学)、小川直毅(東京大学)、宮野健次郎(東京大学),” 無限層銅酸化物ヘテロ界面における光誘起ダイナミクスの非線形光学測定”, 日本物理学会第 66 回年次大会、新潟大学、2011 年 3 月 25 日-28 日.
175. T. Yajima(東京大学), Y. Hikita(スタンフォード大学), C. Bell(スタンフォード大学), and H. Y. Hwang(スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Controlling band alignments by engineering interface dipoles at oxide heterointerfaces,” MRS Spring Meeting, San Francisco, CA, 米国, 2011 年 4 月 25-29 日.
176. M. Kim(東京大学), Y. Kozuka(東京大学), C. Bell(スタンフォード大学), Y. Hikita(スタンフォード大学), and H. Y. Hwang(スタンフォード大学, 東京大学, JST), ” Violation of the Pauli Paramagnetic Limit and Intrinsic Spin-Orbit Coupling in Symmetric  $\delta$ -doped  $\text{SrTiO}_3$  Heterostructures,” MRS Spring Meeting, San Francisco, CA, 米国, 2011 年 4 月 25-29 日.
177. N. Ogawa(東京大学), Y. Ogimoto(東京大学), Y. Ida(東京大学), and K. Miyano(東京大学),” Symmetry-breaking and formation of antiferromagnetic domains in orbital-ordered manganite thin films”, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2011) , Singapore, Jun. 26- July 1, 2011.
178. H. Uemura(東京大学), K. Iwasawa(東京大学), H. Okamoto(東京大学), “Photoinduced complete melting of spin-Peierls phase in molecular compounds probed by doubling of coherent oscillation frequency”, 4-th International Conference on Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT4), Wrocaw, Poland, June 28- July 2, 2011.
179. R. Tamaki(東京大学), Y. Ogimoto(東京大学), N. Ogawa(東京大学), and K. Miyano(東京大学),” Persistent 'hidden' phases in manganite thin films”, 4-th International Conference on Photoinduced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT4), Wrocaw, Poland, June 28- July 2, 2011.
180. 荻本泰史(東京大学)、小川直毅(東京大学)、宮野健次郎(東京大学),”  $\text{SrTiO}_3(210)$  基板表面の擬一次元ナノ構造”, 第 72 回応用物理学会学術講演会、山形大学、2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日.
181. 渡辺健太郎(東京大学)、渡邊良祐(東京大学)、杉山正和(東京大学)、宮野健次郎(東京大学)、中野義昭(東京大学),” 集光錐と光キャビティによる集光型太陽電池用 2 次光学素子の検討”, 第 72 回応用物理学会学術講演会、山形大学、2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日.
182. 渡邊良祐(東京大学)、渡辺健太郎(東京大学)、宮野健次郎(東京大学),” CPC array による太陽電池の光閉じ込め効果の検討”, 第 72 回応用物理学会学術講演会、山形大学、2011 年 8 月 29 日-9 月 2 日.

183. 畑野敬史(理研)、中野匡規(理研)、小野新平(理研)、岩佐義宏(東京大学)、荻本泰史(東京大学)、小川直毅(東京大学)、宮野健次郎(東京大学)、十倉好紀(東京大学),” $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  薄膜における電気二重層を用いた電界誘起相転移制御”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
184. 石井 出(東京大学), 松崎弘幸(産総研), 上村紘崇(東京大学), 打田正輝(東京大学), 藤岡 淳(東京大学), 十倉好紀(東京大学), 岡本 博(東京大学), “ペロブスカイト型バナジウム酸化物における光誘起相転移の励起強度依存性と温度依存性”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
185. 内田隆介(東京大学), 矢田祐之(東京大学), 松井裕太(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 三輪一元(大阪大学), 植村隆文(大阪大学), 竹谷純一(大阪大学), 岡本 博(東京大学), “過渡吸収分光による有機半導体結晶の光キャリアダイナミクスの解明”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
186. 宮本辰也(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 岡本 博(東京大学), “TTF-CA の光誘起中性-イオン性転移の超高速ダイナミクス~価数不安定性とスピンパイエルス不安定性の温度依存性~”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
187. 澤田亮人(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 貴田徳明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学), “有機分子性強誘電体クロコン酸の非線形光学効果と非線形感受率の評価”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
188. 五月女真人(東京大学), 貴田徳明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学), “有機分子性強誘電体クロコン酸からの高効率なテラヘルツ電磁波発生と強誘電性を反映した電場効果”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
189. 五月女真人(東京大学), 貴田徳明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学), “テラヘルツ電磁波発生を用いた有機分子性強誘電体クロコン酸のベクトル分解強誘電ドメインイメージング”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
190. 矢田祐之(東京大学), 松井裕太(東京大学), 松原正和(産総研), 山田浩之(産総研), 澤彰仁(産総研), 松崎弘幸(産総研), 岡本 博(東京大学), “ $\text{SrTiO}_3$  とのヘテロ接合を用いたマンガン酸化物の光キャリア注入磁化制御”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
191. 松井裕太(東京大学), 矢田祐之(東京大学), 松崎弘幸(産総研), 大倉真明(東京大学), Li Bingsheng(産総研), 澤 彰仁(産総研), 十倉好紀(東京大学), 岡本 博(東京大学), “ $\text{TiO}_2$  とのヘテロ接合を用いた銅酸化物への光キャリア注入”, 日本物理学会 2011 年秋季大会, 富山大学, 2011 年 9 月 21 日-24 日.
192. M. Kim (東京大学), C. Bell (スタンフォード大学), Y. Kozuka (東京大学), M. Kurita (東京大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), and H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Fermi Surface and superconductivity in low-density high-mobility  $\delta$ -doped  $\text{SrTiO}_3$ ,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011 年 9 月 25-28 日.
193. J. A. Mundy (コーネル大学), L. Fitting-Kourkoutis (コーネル大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), T. Hidaka (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), and D. A. Muller (コーネル大学), “Charge Transfer at  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$  /  $\text{SrTiO}_3$  Interfaces Probed by

- Spectroscopic Imaging in an Aberration-Corrected STEM,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011 年 9 月 25-28 日.
194. T. Hatano(理研), M. Nakano(理研), S. Ono(理研), Y. Iwasa(東京大学), Y. Ogimoto(東京大学), N. Ogawa(東京大学), K. Miyano(東京大学), and Y. Tokura(東京大学),” Electric-field control of phase transition in  $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  thin films with electric double layer”, Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011 年 9 月 25-28 日.
  195. 岡本 博(東京大学), “有機分子性強誘電体クロコン酸の非線形光学効果とその制御”, 第 6 回領域会議, 仙台, 2012 年 1 月 5 日-7 日.
  196. 岡本 博(東京大学), “強相関電子系の光誘起相転移～最近の話題～”, 第 5 回 G-COE 研究会, 東北大学, 2012 年 1 月 20 日-22 日.
  197. 宮本辰也(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 岡本 博(東京大学), “TTF-CA における光誘起中性 イオン性転移の超高速ダイナミクスとその制御”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
  198. 澤田亮人(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学), “有機強誘電体クロコン酸結晶における強誘電性の光制御”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
  199. 五月女真人(東京大学), 貴田徳明(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学), “有機超分子強誘電体からの室温強誘電性を反映したテラヘルツ電磁波発生と強誘電ドメインイメージング”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日～27 日.
  200. 松井裕太(東京大学), 内田隆介(東京大学), 矢田祐之(東京大学), 松崎弘幸(産総研), Li Bingsheng(産総研), 澤 彰仁(産総研), 川崎雅司(東京大学), 十倉好紀(東京大学), 岡本 博(東京大学), “ポンププローブ分光によるアナターゼ  $\text{TiO}_2$  の光キャリアダイナミクスの研究”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
  201. 内田隆介(東京大学), 矢田祐之(東京大学), 牧野雅幸(東京大学), 松井裕太(東京大学), 三輪一元(大阪大学), 植村隆文(大阪大学), 竹谷純一(大阪大学), 岡本 博(東京大学), “ルブレ単結晶電界効果トランジスタの電場変調赤外分光”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
  202. 矢田祐之(東京大学), 内田隆介(東京大学), 松井裕太(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 寺重翼(東京大学), 三輪一元(大阪大学), 植村隆文(大阪大学), 竹谷純一(大阪大学), 岡本 博(東京大学), “ルブレ単結晶の可視ポンプ-THz プローブ分光”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
  203. 岡本 博(東京大学), “光誘起相転移における電荷と分子の超高速ダイナミクス”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
  204. 養原誠人(東京大学, JST), クリストファー・ベル(スタンフォード大学), 細田雅之(東京大学), 正田育之(スタンフォード大学), 佐藤弘樹(東京大学), 豊田智史(東京大学), 組頭広志(東京大学), 尾嶋正治(東京大学), 池永英司(JASRI/Spring-8), H. Y. Hwang(スタンフォード大学, 東京大学, JST), “ $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  ヘテロ界面のポテンシャル分布解析,” 第

25 回日本放射光学会念会, 佐賀県, 2012 年 1 月 6 - 9 日.

205. M. Minohara (東京大学, JST), T. Tachikawa (東京大学), Y. Nakanishi (東京大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), L. Fitting Kourkoutis (コーネル大学), M. Yoshita (東京大学), H. Akiyama (東京大学), C. Bell (スタンフォード大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Termination Engineered High Mobility Anatase  $\text{TiO}_2$  Thin Films,” 39<sup>th</sup> Conference on the Physics & Chemistry of Surfaces & Interfaces, Santa Fe, NM, 米国, 2012 年 1 月 22 - 26 日.
206. T. Yajima (東京大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), M. Minohara (東京大学, JST), C. Bell (スタンフォード大学), H. Kumigashira (東京大学), M. Oshima (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Artificial Interface Dipoles at Oxide Heterointerfaces,” 39<sup>th</sup> Conference on the Physics & Chemistry of Surfaces & Interfaces, Santa Fe, NM, 米国, 2012 年 1 月 22 - 26 日.
207. S. Harashima (東京大学), C. Bell (スタンフォード大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “High mobility electron gas in the surface vicinity of the cubic-perovskite  $\text{KTaO}_3$  via  $\text{Ar}^+$ -irradiation,” American Physical Society March Meeting, Boston, MA, 米国, 2012 年 2 月 27 日 - 3 月 2 日.
208. Y. W. Xie (スタンフォード大学), C. Bell (スタンフォード大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Surface charges & adsorbates tune the electron gas at the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  interface,” American Physical Society March Meeting, Boston, MA, 米国, 2012 年 2 月 27 日 - 3 月 2 日.
209. H. Inoue (東京大学), M. Kim (東京大学), C. Bell (スタンフォード大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), H. Okamoto (東京大学, JST), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Control of Two-Dimensional Multi-Component Superconductivity in  $\text{SrTiO}_3$  Heterostructures by Interlayer Coupling,” American Physical Society March Meeting, Boston, MA, 米国, 2012 年 2 月 27 日 - 3 月 2 日.
210. K. Miyano (東京大学), N. Ogawa (東京大学), Y. Ida (東京大学), R. Tamaki (東京大学), K. Shimizu (東京大学), Y. Nomura (東京大学), R. Arita (東京大学), and Y. Ogimoto (富士電機), “Polarization in perovskite manganites induced by shear stress” American Physical Society March Meeting, Boston, MA, 米国, 2012 年 2 月 27 日 - 3 月 2 日.
211. 小川直毅 (東京大学)、荻本泰史 (富士電機)、宮野健次郎 (東京大学)、“(210)基板上  $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  薄膜の相転移と対称性”, 第 59 回応用物理学関係連合講演会、早稲田大学、東京 2012 年 3 月 15 日 - 18 日.
212. 玉置亮 (東京大学)、荻本泰史 (富士電機)、小川直毅 (東京大学)、宮野健次郎 (東京大学)、“(210)基板上に作製した  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$  薄膜の非線形光学測定”, 日本物理学会第 67 回年次大会、関西学院大学、西宮、2012 年 3 月 24 日 - 27 日.
213. 畑野敬史 (理研)、中野匡規 (理研)、小野新平 (理研)、岩佐義宏 (東京大学)、荻本泰史 (富士電機)、小川直毅 (東京大学)、宮野健次郎 (東京大学)、十倉好紀 (東京大学)、” $\text{Pr}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3/\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  極薄二層膜における電気二重層を用いた電界誘起制御”、日本物理学会第 67 回年次大会、関西学院大学、西宮、2012 年 3 月 24 日 - 27 日.

③ ポスター発表 (国内会議 24 件、国際会議 55 件)

1. 宮越達三(東京大学), 小林賢太郎(東京大学), 田尾祥一(東京大学), 松崎弘幸(東京大学, JST), 今村啓太(東北大), 大津英揮(東北大), 高石慎也(JST, 東北大), 山下正廣(JST, 東北大), 岡本 博(東京大学, JST) “ハロゲン架橋 Ni 錯体における励起子とポーラロンによる赤外誘導吸収” 日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007 年 3 月 20 日
2. 岩田宗朗(東京大学), 松崎弘幸(東京大学, JST), 今村啓太(東北大), 高村光仁(東北大), 大津英揮(東北大), 高石慎也(JST, 東北大), 山下正廣(JST, 東北大), 岡本 博(東京大学, JST)<sup>A, B</sup> “アルキル鎖を導入したハロゲン架橋 Pd 錯体における電荷密度波-モットハバード相転移と超高速緩和ダイナミクス” 日本物理学会、鹿児島大学郡元キャンパス、2007 年 3 月 20 日
3. S.Tao(東京大学), T.Miyagoe(東京大学), A.Maeda(東京大学), H.Matsuzaki(東京大学), H. Ohtsu(青山学院大学), M.Hasegawa(青山学院大学), S.Takaishi(東北大学), M.Yamashita(東北大学), and H.Okamoto(東京大学, JST), “Ultrafast optical switching using nanocrystals of halogen-bridged nickel-chain compounds dispersed in an optical polymer”, 2007 CERC International Symposium on “Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems – from Physics to Applications”, 秋葉原コンベンションセンター, 東京, 2007 年 5 月 22 日～25 日.
4. Y. Kubo(東京大学), Y. Wakabayashi(KEK), N. Ogawa(東京大学, JST), H. Tamaru(東京大学), K. Miyano(東京大学, JST), “Electronic states in  $\text{Ln}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{MnO}_3$  epitaxial thin films”, 2007 CERC International Symposium on “Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems – from Physics to Applications”, 秋葉原コンベンションセンター, 東京, 2007 年 5 月 22 日～25 日.
5. Y. Kozuka (東京大学), Y. Hikita (東京大学), T. Susaki (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Exotic Hall Effect in Quantum Paraelectric Materials under Ultraviolet Illumination”, 2007 CERC International Symposium on “Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems – from Physics to Applications”, 秋葉原コンベンションセンター, 東京, 2007 年 5 月 22 日～25 日.
6. K. S. Takahashi (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), T. Susaki (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Transport Properties of (Nb,Co)-doped Anatase  $\text{TiO}_2$  Films under UV Illumination”, 2007 CERC International Symposium on “Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems – from Physics to Applications”, 秋葉原コンベンションセンター, 東京, 2007 年 5 月 22 日～25 日.
7. T. Higuchi (東京大学), Y. Hotta (東京大学), T. Susaki (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Tunable Carrier Injection into  $\text{LaVO}_3$  Mott Quantum Wells by Coupling to a Proximate Polar Surface Reconstruction”, 2007 CERC International Symposium on “Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems – from Physics to Applications”, 秋葉原コンベンションセンター, 東京, 2007 年 5 月 22 日～25 日.
8. Y. Hikita (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), T. Susaki (東京大学), H. Takagi (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Internal Photoemission Characterization of  $\text{SrRuO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3(100)$  Schottky Junctions”, 2007 CERC International Symposium on “Highlights and Perspectives of Correlated Electron Systems – from Physics to Applications”, 秋葉原コンベンションセンター, 東京, 2007 年 5 月 22 日～25 日.

9. 上村紘崇(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 岡本博(東京大学, JST), “アルカリ-TCNQ における光誘起スピンパイエルス相融解の温度依存性”, 日本物理学会第 62 回年次大会, 北海道大学, 北海道, 2007 年 9 月 21 日~24 日.
10. Y. Kozuka (東京大学), T. Susaki (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Optically Tuned Dimensionality Crossover in Photocarrier-Doped  $\text{SrTiO}_3$ ”, COE International Symposium on Applied Physics of Strong Correlations, 東京大学, 東京 2007 年 9 月 27 日~29 日.
11. (9) Y. Hikita (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), T. Susaki (東京大学), H. Takagi (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Internal Photoemission Characterization of  $\text{SrRuO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3(100)$  Schottky Junctions”, COE International Symposium on Applied Physics of Strong Correlations, 東京大学, 東京, 2007 年 9 月 27 日~29 日.
12. Y. Hikita (東京大学), M. Nishikawa (東京大学), T. Yajima (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Schottky Barrier Height Control by Interface Modulation in  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  Junctions”, The 15<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Estes Park, Colorado, USA, September 14-17, 2008.
13. H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), T. Miyagoe (東京大学), H. Nishioka (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), A. Sawa (産総研), M. Kawasaki (東北大学), and Y. Tokura (東京大学, 産総研), “Ultrafast photoinduced insulator to metal transitions in  $\text{Nd}_2\text{CuO}_4$  and  $\text{La}_2\text{CuO}_4$ ”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008
14. S. Tao (東京大学), M. Kawamura (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), H. Matsui (東京大学, 産総研), T. Hasegawa (産総研), J. Takeya (大阪大学), H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast exciton and carrier dynamics in an organic semiconductor rubrene”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008
15. H. Uemura (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), Y. Takahashi (産総研), T. Hasegawa (産総研), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Photoinduced phase transitions and ultrafast charge dynamics in organic one-dimensional Mott insulators”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008
16. M. Matsubara (産総研), A. Sawa (産総研), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Photocarrier injection to perovskite manganite thin film”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008
17. R. Tamaki (東京大学), Y. Ogimoto (富士電機, JST), Y. Itakura (東京大学), K. Fujimoto (東京大学), N. Ogawa (東京大学), H. Tamaru (東京大学), and K. Miyano (東京大学, JST), “Ultrafast carrier dynamics in dimensionally-controlled  $\text{SrCuO}_2$  thin films”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008.
18. N. Ogawa (東京大学), T. Satoh(東京大学), Y. Ogimoto (富士電機, JST), and K. Miyano (東京大学, JST), “Nonlinear optical detection of electronic reconstructions at the interface of perovskite manganites”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008.
19. Y. Hikita (東京大学), M. Nishikawa (東京大学), T. Yajima (東京大学), H. Y. Hwang, JST), “Barrier Height Tuning by Interface Modulation at Manganite-Titanate Schottky Interfaces”,

International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008

20. Y. Ota (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), J. H. Song (Chungnam National Univ.), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Photovoltaic Study of Strongly Correlated Heterojunctions”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008
21. T. Higuchi (東京大学), Y. Hotta (東京大学), T. Susaki (東京大学), A. Fujimori (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Modulation doping of a Mott quantum well by a proximate polar discontinuity”, International Symposium on Anomalous Quantum Materials (ISAQM2008), University of Tokyo, November 7-10, 2008.
22. H. Matsuzaki (東京大学), K. Kimura (東京大学), S. Takaishi (東北大学), M. Yamashita (東北大学), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast photocontrol among charge density wave, Mott insulator and metal in one-dimensional iodine-bridged platinum compound”, 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008
23. Y. Ohta (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), M. Iwata (東京大学), S. Takaishi (東北大学), M. Takamura (東北大学), M. Yamashita (東北大学), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Photoinduced transitions from Mott-Hubbard state to metal or charge-density-wave state in Br-bridged Pd-chain compound”, 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008
24. S. Tao (東京大学), T. Miyagoe (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), H. Ohtsu (青山学院大学), M. Hasegawa (青山学院大学), S. Takaishi (東北大学), M. Yamashita (東北大学), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast optical responses in one-dimensional Mott insulators of halogen-bridged Ni compounds”, 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008
25. H. Uemura (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast photoinduced melting of spin-Peierls phase in potassium-tetracyanoquinodimethane”, 3rd International Conference on Photo-Induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena (PIPT2008), the Media Center of Osaka City University, Osaka, November 11-15, 2008
26. H. Ichikawa (JST), S. Nozawa, T. Sato, A. Tomita, K. Ichiyanagi, M. Collet, L. Guerin, S. Adachi, K. Miyano, and S. Koshihara, “100 ps time-resolved X-ray diffraction study on Nd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub> thin film”, 3rd Int. Conf. Photo-induced Phase Transitions and Cooperative Phenomena, Yamada Conference LXIII Nov. 11-15, 2008 (Osaka, Japan).
27. 玉置 亮 (東京大学), 低次元強相関電子系 SrCuO<sub>2</sub> 薄膜のポンプ・プローブ分光, 「新しい物理を生む新物質若手の会」第四回会議 Nov. 17-18, 2008 (箱根パークス吉野、神奈川)
28. M. Matsubara (AIST), A. Sawa (AIST), H. Okamoto (東京大学, AIST) “Photocarrier injection to perovskite manganite thin film”, AIST-RIKEN Joint WS on “Emergent Phenomena of Correlated Materials”, Okinawa, Japan, March 4-7, 2009

29. N. Ogawa (東京大学), K. Miyano (東京大学, JST), M. Hosoda (東京大学), T. Higuchi (東京大学), C. Bell (東京大学, JST), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Nonlinear Optical Response of SrTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub> Superlattices”, AIST-RIKEN Joint WS on “Emergent Phenomena of Correlated Materials”, Okinawa, Japan, March 4-7, 2009.
30. 金 民祐 (東京大学), 小塚裕介 (東京大学), クリストファー ベル (東京大学, JST), 金 福基 (釜山大学), 疋田育之 (東京大学), ハロルド・ファン (東京大学, JST), “LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> ヘテロ界面における光伝導効果,”第56回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009年3月30日-4月2日.
31. 和達大樹 (UBC), Jochen Geck (UBC), David G. Hawthorn (UBC), 樋口卓也 (東京大学), 細田雅之 (東京大学), Christopher Bell (東京大学, JST), 疋田育之 (東京大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), Christian Schussler-Langeheine (ケルン大学), Enrico Schierle (HZB c/o BESSY), Hsueh-Hung Wu (ケルン大学, NSRRC), Eugen Weschke (HZB c/o BESSY), Shih-Wen Huan (NSRRC), Di-Jing Huang (NSRRC), Hong-Ji Lin (NSRRC), George A. Sawatzky (UBC), “共鳴軟 X 線散乱で見た SrTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub> 超格子の 2 種類の界面,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009 年 3 月 30 日-4 月 2 日.
32. 矢嶋赳彬 (東京大学), Lena Fitting-Kourkoutis (コーネル大学), 樋口卓也 (東京大学, コーネル大学), 宋 宗顯 (忠南大 学校), 疋田育之 (東京大学), David Muller (コーネル大学), Harold Hwang (東京大学, JST), “SrTiO<sub>3</sub> 基板上に作製した酸化物ヘテロ界面における化学組成の分光分析,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009 年 3 月 30 日-4 月 2 日
33. 日高剛朗 (東京大学), 矢嶋赳彬 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), Harold Hwang (東京大学, JST), “界面変調による La<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>/Nb:SrTiO<sub>3</sub> ショットキー障壁高さの制御,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009 年 3 月 30 日-4 月 2 日.
34. 樋口卓也 (東京大学), 矢嶋赳彬 (東京大学), Lena Fitting Kourkoutis (コーネル大学), 疋田育之 (東京大学), 中川直之 (東京大学), David A. Muller (コーネル大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “走査型透過電子顕微鏡によるマンガン酸化物薄膜上 Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 析出物の評価,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009 年 3 月 30 日-4 月 2 日.
35. 武安光太郎 (東京大学), 矢嶋赳彬 (東京大学), 金 福基 (釜山大学), 疋田育之 (東京大学), Harold Hwang (東京大学, JST), “X 線反射率測定による LaMnO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 界面における相互拡散の定量的評価,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009 年 3 月 30 日-4 月 2 日.
36. Bongju Kim (釜山大学), Daeyoung Kwon (釜山大学), 矢嶋赳彬 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), Jonghyun Song (忠南大 学校), 金 福基 (釜山大学), ファン・ハロルド (東京大学, JST), “Inter-layer coupling and enhancement of ferromagnetism in (LSMO<sub>5</sub>/STO)<sub>m</sub> super lattices,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009 年 3 月 30 日-4 月 2 日.
37. 疋田育之 (東京大学), 中川直之 (東芝研究開発センター), 須崎友文 (東京工業大学), 高木英典 (東京大学), ハロルド ファン (東京大学, JST), “Nd<sub>0.5</sub>Sr<sub>0.5</sub>MnO<sub>3</sub>/Nb:SrTiO<sub>3</sub>(110) ヘテロ接合の界面障壁高さの磁場依存性,” 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009 年 3 月 30 日-4 月 2 日.

38. 樋口卓也 (東京大学), 堀田育志 (東京大学), 疋田育之 (東京大学), 丸山 俊 (東京大学), 早水裕平 (東京大学), 秋山英文 (東京大学), Lena Fitting Kourkoutis (コーネル大学), David A. Muller (コーネル大学), Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “パルスレーザー堆積法による $\text{RVO}_4:\text{Eu}$ ( $\text{R}=\text{La}, \text{Y}$ ) 蛍光体薄膜の作製,” 第56回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009年3月30日-4月2日.
39. 原田頌隆 (東京大学), 荻本泰史 (富士電機, JST), 小川直毅 (東京大学), 宮野健次郎 (東京大学, JST), “電荷軌道整列Mn酸化物「極」薄膜の磁気-輸送特性 -Mott絶縁体界面作製に向けて-“, 第56回応用物理学関係連合講演会, 筑波大学, 茨城, 2009年3月30日-4月2日.
40. Y. Ota (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), J. H. Song (韓国チュンナム国立大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Magnetic-Field Dependent Photovoltaic Effect in Manganite/ $\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  Heterojunctions,” Materials Research Society Spring Meeting, San Francisco, 米国, 2009年4月13-17日
41. S. Tao (東京大学), and H. Okamoto (東京大学, JST), “Ultrafast Exciton and Carrier Dynamics in a Rubrene Single Crystal,” ISSP Workshop「Physics and New Phenomena of  $\pi$ -electronic Interfaces」, University of Tokyo, Japan, August 10-12, 2009.
42. H. Uemura (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), H. Takahashi (産総研), T. Hasegawa (産総研), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Ultrafast charge dynamics in organic one-dimensional Mott insulators,” The 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM2009), Hokkaido, September 13-17, 2009.
43. S. Tao (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), H. Matsui (東京大学, 産総研), T. Hasegawa (産総研), M. Tominari (大阪大学), J. Takeya (大阪大学), and H. Okamoto (東京大学, 産総研, JST), “Photogeneration and relaxation dynamics of excitons and charge carriers in an organic molecular semiconductor rubrene,” The 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM2009), Hokkaido, September 13-17, 2009.
44. S. Niizeki (東京大学), T. Asano (東京大学), K. Takahashi (東京大学), H. Mori (東京大学), H. Matsuzaki (東京大学), H. Okamoto (東京大学), and Y. Nishio (東京大学), “Peculiar Electric-Field-Induced Metastable State of Charge-Ordered Molecular Conductor  $\beta$ -(*meso*-DMBEDT-TTF) $_2\text{PF}_6$ ,” The 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM2009), Hokkaido, Japan, September 13-17, 2009.
45. M. Hosoda (東京大学), K. Miyagawa (東京大学), K. Kanoda (東京大学), F. Iwase (東京大学), and H. Okamoto (東京大学), “NQR Study of Neutral-Ionic Transition on TTF-QCl $_4$ ,” The 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM2009), Hokkaido, Japan, September 13-17, 2009.
46. 太田康公 (東京大学), 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 高石慎也 (東北大学), 山下正廣 (東北大学, JST), 岡本 博 (東京大学, JST), “15 fs パルスを用いた一次元PtI錯体の光誘起電荷密度波-モットハバード相転移の研究II,” 日本物理学会2009年秋季大会, 熊本大学, 2009年9月25-28日.
47. 西岡大毅 (東京大学), 上村紘崇 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 澤 彰仁 (産総研), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “一次元銅酸化物  $\text{Ca}_2\text{CuO}_3$  の光誘起絶縁体金属転移と

その超高速ダイナミクス III,” 日本物理学会 2009 年秋季大会, 熊本大学, 2009 年 9 月 25-28 日.

48. Y. Hikita (東京大学), N. Nakagawa (東京大学), T. Susaki (東京大学), H. Takagi (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Magnetic field control of the band alignment at  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  (110) heterojunctions,” The 16<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Palau Firal I de Congressos de Tarragona, Tarragona, スペイン, 2009 年 10 月 4-7 日.
49. C. Bell (東京大学, JST), S. Harashima (東京大学), Y. Kozuka (東京大学), M. Kim (東京大学), B. G. Kim (釜山大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Normal state and superconducting transport properties at the  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  interface,” The 16<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Palau Firal I de Congressos de Tarragona, Tarragona, スペイン, 2009 年 10 月 4-7 日.
50. Naoki Ogawa (東京大学), Takuya Satoh, Yasushi Ogimoto (東京大学, JST), and Kenjiro Miyano (東京大学, JST), “Time-resolved nonlinear magneto-optical response of a single  $\text{LaMnO}_3/\text{SrMnO}_3$  interface”, The 16<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Palau Firal I de Congressos de Tarragona, Tarragona, スペイン, 2009 年 10 月 4-7 日.
51. Yasushi Ogimoto (東京大学, JST), Nobutaka Harada (東京大学), Naoki Ogawa (東京大学), and Kenjiro Miyano (東京大学, JST), “Correlated electron interfaces of (110)-oriented perovskite manganites with different types of charge-orbital ordering”, The 16<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Palau Firal I de Congressos de Tarragona, Tarragona, スペイン, 2009 年 10 月 4-7 日.
52. Ryo Tamaki (東京大学), Yasushi Ogimoto (東京大学, JST), Naoki Ogawa (東京大学), and Kenjiro Miyano (東京大学, JST), “Photoinduced dynamics of charge and orbital ordered phase in  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  thin films”, The 16<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Electronics, Palau Firal I de Congressos de Tarragona, Tarragona, スペイン, 2009 年 10 月 4-7 日.
53. 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST) “15fs パルスによる光誘起中性-イオン性転移の超高速ダイナミクスの研究,” 新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」第2回領域会議, 東京大学, 2009 年 10 月 6-7 日.
54. 上村紘崇 (東京大学), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “誘起一次元モット絶縁体における光キャリアダイナミクス,” 新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」第2回領域会議, 東京大学, 2009 年 10 月 6-7 日.
55. 森 初果 (東京大学), 高橋一志 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 岡本 博 (東京大学), “ $\beta$ -(*meso*-DMBEDT-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub> の特異な電場誘起準安定状態,” 新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」第2回領域会議, 東京大学, 2009 年 10 月 6-7 日.
56. R. Tamaki (東京大学, JST), Y. Ogimoto (東京大学, JST), N. Ogawa (東京大学, JST), and K. Miyano (東京大学, JST), “Ultrafast spectroscopic study on charge and orbital ordered state in  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  thin films”, RIKEN Workshop, Emergent Phenomena of Correlated Materials, RIKEN, Wako, 2009 年 12 月 2-4 日.
57. Y. Ogimoto (東京大学, JST), N. Ogawa (東京大学, JST), and K. Miyano (東京大学, JST), “Interface-mediated phase control in ultrathin double-layer structures of charge-orbital ordered perovskites”, RIKEN Workshop, Emergent Phenomena of Correlated Materials,

RIKEN, Wako, 2009 年 12 月 2-4 日.

58. N. Ogawa (東京大学, JST), T. Satoh (東京大学), Y. Ogimoto (東京大学, JST), and K. Miyano (東京大学, JST) “Half-metallic spin dynamics of a single  $\text{LaMnO}_3/\text{SrMnO}_3$  interface studied with nonlinear optics”, RIKEN Workshop, Emergent Phenomena of Correlated Materials, RIKEN, Wako, 2009 年 12 月 2-4 日.
59. Y. Hikita (東京大学), M. Nishikawa (東京大学), T. Yajima (東京大学), and H. Y. Hwang (東京大学, JST), “Termination control of the interface dipole in  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3/\text{Nb}:\text{SrTiO}_3$  (001) Schottky junctions,” 7<sup>th</sup> International Workshop on Oxide Surfaces (IWOX-VII), 越後湯沢, 新潟, 2010 年 1 月 11 - 15 日.
60. R. Tamaki(東京大学, JST) , Y. Ogimoto (東京大学, JST), N. Ogawa (東京大学, JST), K. Miyano (東京大学, JST), “Ultrafast and long-time dynamics of photoinduced phases in  $\text{Nd}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$  thin films”, 2nd Nanyang Technological University - University of Tokyo Workshop, 東京大学、東京, 2010 年 2 月 22 日.
61. Z. Sheng (東京大学, JST), N. Ogawa (東京大学, JST), Y. Ogimoto (東京大学, JST), K. Miyano (東京大学, JST), “Nonlinear Optical Study on Ultrathin  $\text{YMnO}_3$ ”, 2nd Nanyang Technological University - University of Tokyo Workshop, 東京大学、東京, 2010 年 2 月 22 日.
62. 大倉真明 (東京大学), 松崎弘幸 (東京大学), 堀内佐智雄 (産総研), 岡本 博 (東京大学, 産総研, JST), “有機電荷移動錯体  $\text{M}_2\text{P-TCNQF}_4$  における偏光反射スペクトルの温度依存性,” 日本物理学会 2010 年第 65 回年次大会, 岡山大学, 2010 年 3 月 20~23 日.
63. I. M. Kim (東京大学), Y. Kozuka (東北大学), C. Bell (東京大学), Y. Hikita (東京大学), and H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Intrinsic Spin-Orbit Coupling Effects in Symmetric  $\delta$ -doped  $\text{SrTiO}_3$  Heterostructures”, The 17th International Workshop on Oxide Electronics (WOE-17), Awaji Yumebutai International Conference Center, 兵庫, 2010 年 9 月 19-22 日.
64. 澤田亮人(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学, 産総研, JST), “水素結合型強誘電体の赤外パルス光励起における分極制御の研究”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23-26 日.
65. 浜本貴紀(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 堀内佐智雄(産総研), 岡本 博(東京大学, 産総研, JST), “DMTTF-(2,6)QBr<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> の光誘起中性-イオン性転移におけるコヒーレント振動の性質”, 日本物理学会 2010 年秋季大会, 大阪府立大学, 2010 年 9 月 23~26 日.
66. 内田隆介(東京大学), 松崎弘幸(東京大学), 岡本 博(東京大学, JST), 藤原秀紀(大阪府立大), “光機能性部位を有する分子性化合物 EDT-TTF-BTA および BTM-TTF-SCH2-Fluorene の光電物性”, 日本物理学会第 66 回年次大会, 新潟大学, 2011 年 3 月 25-28
67. N. Ogawa(東京大学), Y. Ogimoto(富士電機、東京大学、JST), and K. Miyano(東京大学, JST), “Orbital and spin states at the single interface of ultrathin manganite films studied with nonlinear optics”, International Conference on Nanoscience and Technology (ICN+T 2010) 北京、中国 2010 年 8 月 23 日-27 日

68. Y. Wakabayashi (大阪大学), Y. Yamasaki (大阪大学), R. Yamamoto (大阪大学), C. Bell (東京大学), Y. Hikita (東京大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), and T. Kimura (大阪大学), “Structure analysis of  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  interfaces,” International Conference on Frustration in Condensed Matter (ICFCM), 仙台, 宮城, 2011年1月11-14日.
69. 岡本 博(東京大学), 上村紘崇(東京大学), “光誘起相転移における周期性の変化と二倍波コヒーレント振動の発生”, 第5回領域会議, 東京大学, 2011年6月8日-9日.
70. 上村紘崇(東京大学), 岡本 博(東京大学), “ラマン散乱と光誘起コヒーレント振動測定によるRb-TCNQ(II)のスピンプイエルズ転移の研究”, 日本物理学会 2011年秋季大会, 富山大学, 2011年9月21日-24日.
71. T. Tachikawa (東京大学), M. Minohara (東京大学, JST), Y. Nakanishi (東京大学), M. Yoshita (東京大学), H. Akiyama (東京大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), C. Bell (スタンフォード大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Growth Rate Dependence of the Physical Properties of Anatase  $\text{TiO}_2$  Thin Films Fabricated by Pulsed Laser Deposition,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011年9月25-28日.
72. T. Yajima (東京大学), M. Minohara (東京大学, JST), Y. Hikita (スタンフォード大学), C. Bell (スタンフォード大学), H. Kumigashira (東京大学), M. Oshima (東京大学), M. Lippmaa (東京大学), and H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Direct Observation of a Nano-Scale Built-In Potential in  $\text{LaAlO}_3/\text{Nb:SrTiO}_3(001)$  Heterostructures,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011年9月25-28日.
73. B. Kalisky (スタンフォード大学), J. A. Bert (スタンフォード大学), B. B. Klopfer (スタンフォード大学), C. Bell (スタンフォード大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), and K. A. Moler (スタンフォード大学), “Probing the stability of ferromagnetic patches in  $\text{LaAlO}_3/\text{SrTiO}_3$  heterostructures,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011年9月25-28日.
74. Y. Hikita (スタンフォード大学), M. Kawamura (東京大学), C. Bell (スタンフォード大学), and H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Electric Field Penetration in  $\text{Au/Nb:SrTiO}_3$  Schottky Junctions Probed by Bias-Dependent Internal Photoemission,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011年9月25-28日.
75. D. Kwon (釜山大学), C. Bell (スタンフォード大学), B. Kim (釜山大学), Y. Wu (釜山大学), M. Kim (東京大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), and B. G. Kim (釜山大学), “Geometric delocalization and focusing of Mott electrons via overscreening in a band insulator,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011年9月25-28日.
76. Y. W. Xie (スタンフォード大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), C. Bell (スタンフォード大学), and H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Control of electronic conduction at an oxide heterointerface using surface polar adsorbates,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011年9月25-28日.
77. M. Minohara (東京大学, JST), T. Tachikawa (東京大学), Y. Nakanishi (東京大学), Y. Hikita (スタンフォード大学), L. Fitting-Kourkoutis (コーネル大学), M. Yoshita (東京大学), H.

- Akiyama (東京大学), C. Bell (スタンフォード大学), and H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), “Termination Engineered High Mobility Anatase TiO<sub>2</sub> Thin Films,” Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011 年 9 月 25-28 日.
78. N. Ogawa(東京大学), Y. Ogimoto(東京大学), and K.Miyano(東京大学),”Symmetry-breaking transitions in manganite thin-films on high-index substrates”, Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011 年 9 月 25-28 日.
79. Y. Ogimoto(東京大学), N. Ogawa(東京大学), and K.Miyano(東京大学),” Epitaxial growth of perovskite manganite thin films on high-index substrates”, Workshop on Oxide Electronics, Napa Valley, CA, 米国, 2011 年 9 月 25-28 日.
80. 野中裕紀(東京大学), 上村紘崇(東京大学), 矢田祐之(東京大学), 松崎弘幸(産総研), 四竈格久(産総研), 高橋一志(神戸大学), 森初果(東京大学), 岡本 博(東京大学), “電荷秩序系分子性結晶  $\beta$ -(meso-DMBEDT-TTF)2PF6 の光誘起相転移”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.
81. 松崎弘幸(産総研), 高石慎也(東北大学), 山下正廣(東北大学), 岡本 博(東京大学), “長鎖アルキル基を導入した一次元臭素架橋 Pd 錯体における圧力誘起相転移”, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学, 2012 年 3 月 24 日-27 日.

#### (4)知財出願

##### ①国内出願 (2 件)

1. 名称:基板回転装置。 発明者:宮野健次郎。 出願人:株式会社東京大学 TLO。 出願日:2006 年 12 月 21 日。 出願番号:特願 2006-343746
2. 名称:光スイッチ用素子材料及びそれを有する光スイッチ装置並びに光スイッチング方法。 発明者:岡本博、松崎弘幸、山下正廣、高石慎也、太田康公。 出願人:科学技術振興機構。 出願日:2009 年 2 月 17 日。 出願番号:特願 2009-034662

##### ②海外出願 (0 件)

##### ③その他の知的財産権

該当無し

#### (5)受賞・報道等

##### ①受賞

岡本 博

第 24 回(2007 年度)井上學術賞受賞

「強相関電子系における非線形光学応答と光誘起相転移に関する研究」

H. Y. Hwang

第 22 回(2008 年度)日本IBM科学賞(物理部門)

「遷移金属酸化物ヘテロ構造における界面電子物性の開拓」

##### ②マスコミ(新聞・TV等)報道

科学新聞 2008 年 11 月 28 日 4 面

「モット絶縁体有機一次元物質」

## 光キャリアダイナミクス 岡本東大教授グループ 直接観察に成功

概要：強相関電子系の代表的な光誘起相転移に光誘起モット絶縁体/金属転移がある。本研究では、一次元的な電子構造を有する有機分子化合物において、この光誘起モット絶縁体/金属転移のダイナミクスを40フェムト秒の時間分解能で調べた。その結果、伝導キャリアの緩和および消滅のダイナミクスが、電子格子相互作用の大きさに応じて系統的に変化すること、また、電子格子相互作用が弱い物質では、絶縁体→金属→絶縁体というスイッチングが200フェムト秒以内で生じることを明らかにした。後者のように電子構造だけが変化する光誘起相転移では、ピコ秒以下の超高速で物質の性質を制御できるため、将来の光スイッチング素子への応用が期待される。

### ③その他

米国エネルギー省が公表したこの先の基礎研究分野への研究助成方針に関する報告書”Directing Matter and Energy: Five Challenges for Science and the Imagination” [<http://www.sc.doe.gov/bes/reports/abstracts.html#GC>]において、酸化物界面分野の重要性が大きく取り上げられるとともに、我々のグループを中心とした日本から発信されている成果が高く評価された。

### (6)成果展開事例

#### ① 実用化に向けての展開

該当無し

#### ① 社会還元的な展開活動

##### 【招待講義 24件】

1. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “The Electronic Structure of Oxide Interfaces: Creating New States Atom by Atom,”イリノイ大学ウルバナ・シャンペイン校, 米国・イリノイ州 ウルバナ, 2006年12月4日.
2. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Electronic and Atomic Reconstructions at Oxide Heterointerfaces” スイス連邦工科大学(ETH)、スイス・チューリッヒ、2007年6月27日.
3. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Atomic Engineering Oxide Heterointerfaces”、Minnesota大学、米国・ミネアポリス、2008年3月6日.
4. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Atomic Engineering Oxide Heterointerfaces”、Texas 大学、米国・オースティン、2008年3月7日.
5. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Atomic Engineering Oxide Heterointerfaces,” Physics Colloquium, University of Toronto, Ontario, Canada, 2008年9月18日.
6. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Magnetotransport in Photocarrier-Doped Quantum Paraelectric Semiconductors: Localization, Dimensionality, and the Extreme Quantum Limit,” Condensed Matter Seminar, University of Toronto, Ontario, Canada, 2008年9月19日.

7. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Atomic Engineering Oxide Heterointerfaces,” University of Tokyo, Kashiwa, Japan, 2008 年 9 月 27 日.
8. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Electric/Magnetic Field Control of the Interface Band Diagram in Rectifying Oxide Heterojunctions,” University of Augsburg, Augsburg, Germany, 2008 年 10 月 9 日.
9. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), Condensed Matter Seminar, Yonsei University, Seoul, Korea, 2008 年 10 月 27 日.
10. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), “Atomic engineering oxide Heterointerfaces,” Physics Colloquium, Harvard University, Boston, MA, 2008 年 11 月 17 日.
11. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), SIMES Seminar, Stanford University, Palo Alto, CA, 2009 年 4 月 13 日.
12. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), Materials Science and Engineering Colloquium, University of Texas at Dallas, Dallas, TX, 2009 年 7 月 28 日.
13. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), Physics Colloquium, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2009 年 7 月 30 日.
14. Y. Hikita (東京大学), Physics Colloquium, Pusan National University, Pusan, 韓国, 2009 年 10 月 4 日.
15. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), Physics/Applied Physics Colloquium, Stanford University, Palo Alto, CA, 米国, 2009 年 10 月 20 日.
16. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), SLAC Colloquium, Palo Alto, CA, 米国, 2009 年 11 月 16 日.
17. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), Physics Colloquium, University of Texas, Austin, TX, 米国, 2009 年 11 月 18 日.
18. Harold Y. Hwang (東京大学, JST), Max Plank Lecture, Stuttgart, ドイツ, 2009 年 11 月 23 日.
19. C. Bell (東京大学, JST), Physics Colloquium, Pusan National University, Pusan, 韓国, 2010 年 3 月 25 日.
20. H. Y. Hwang (東京大学, JST), Physics Colloquium, ETH, Zurich, スイス, 2010 年 4 月 28 日.
21. H. Y. Hwang (東京大学, JST), Physics Colloquium, University of Groningen, オランダ, 2010 年 8 月 26 日.
22. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Condensed Matter Science Seminar, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, 米国, 2010 年 10 月 20 日.

23. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Physics Colloquium, University of California, Santa Cruz, CA, 米国, 2011年2月17日
24. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Forschungszentrum Juelich, Juelich, ドイツ, 2011年9月16日.
25. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Condensed Matter Seminar, Rutgers University, Piscataway, NJ, 米国, 2011年11月8日.
26. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Physics Colloquium, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 米国, 2011年11月10日.
27. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Condensed Matter Seminar, University of California Berkeley, Berkeley, CA, 米国, 2011年11月14日.
28. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Physics Colloquium, University of Washington, Seattle, WA, 米国, 2011年11月21日.
29. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), James Franck Institute Seminar, University of Chicago, Chicago, IL, 米国, 2012年1月24日.
30. H. Y. Hwang (スタンフォード大学, 東京大学, JST), Photon Science Seminar, SLAC, Menlo Park, CA, 米国, 2012年2月1日.

## § 6 研究期間中の主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

該当無し

## § 7 結び

当初研究目標としていた項目についてほぼ全て実行する事ができた。実験で得られた新しい知見から、光と強相関係の相互作用の階層性とそれを基にした超高速応答を得るための戦略、永続的变化における格子の効果、などが明らかになった。ただ残念なことは、実用性のある程度にまでこれらの効果を増強させるには至っていない点である。

上述の成果は測定環境の整備とともに試料の作製技術の開拓に負うところが大きい。実際、新たに作られた試料によって多くの実験が可能になった。しかもこれら試料のあるものは、光との相互作用のみならず多様な外場に対しても敏感な応答を示し、それは薄膜の設計に深く関わっていることが明らかになった。さらに、狙った通りの物性を設計して実現することが、少数例ではあるが可能であることが示された。この成果は、多くの自由度を同時に制御して様々な応答を生み出す新しい機能材料の誕生を意味する。物質科学の新たな展望を提供すると言ってよいであろう。

プロジェクト研究として5年という期間は、根本に立ち戻って問題を捉え直し、それに挑戦するのに十分な余裕を与える一方で、その研究の成果が次のフェーズの取り組みを必要とする頃には終了するという丁度良い長さである。新たな研究のシーズに到達したという意味でも、本プロジェクトの価値はあったと言ってよい。

研究者に一定期間予算の保証をした上である程度の裁量を許す現在のCRESTの制度は、研究遂行上非常に役に立つものである。研究統括やアドバイザーによる配分後の要所要所のチェックやレビューも適切であり、今後とも日本のプロジェクト研究の推進役となるであろう。本研究チームを支援していただいた事に心より感謝するとともに、制度の一層の充実を期待する。