

大学間連携等による共同研究報告書

エネルギー伝達機構を利用した新材料の創成と機能性の発現

1. 報告書作成年月日：2019年12月2日
2. 補助対象年度：2018年度（2018年4月1日～2019年3月31日）
3. 共同研究期間：2017年4月1日～2020年3月31日
4. 研究の目的：物質におけるエネルギー伝達は材料創成からも機能性発現からも重要である。またミクロスコピックなエネルギー伝達機構を理解する事は、エネルギー関連材料として重要な太陽電池や光触媒等の機能性向上に寄与し、マクロなエネルギーの有効利用の観点からも重要である。本研究では主にパルスレーザー励起後の光子エネルギーの熱エネルギーへの変換過程、熱エネルギーの伝達過程を利用した材料創成に取り組む。また半導体、遷移金属酸化物、有機分子結晶などを対象に光子から電子へのエネルギー変換、電子から系へのエネルギー伝達機構を解明し、エネルギー関連材料の高効率化に向けた基礎的な研究を行う。

5. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：梅津郁朗
ローマ字氏名：Ikurou Umezu
所属研究機関名：甲南大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：30203582

研究分担者氏名：青木珠緒
ローマ字氏名：Tamao Aoki
所属研究機関名：甲南大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：80283034

研究分担者氏名：市田正夫
ローマ字氏名：Masao Ichida
所属研究機関名：甲南大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：30260590

研究分担者氏名：小堀裕己
ローマ字氏名：Hiromi Kobori
所属研究機関名：甲南大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：90202069

研究分担者氏名：山崎篤志
ローマ字氏名：Atsushi Yamasaki

所属研究機関名：甲南大学
部局名：理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：50397775

研究分担者氏名：齊藤正
ローマ字氏名：Tadashi Saitoh
所属研究機関名：関西大学
部局名：システム理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：30388417

研究分担者氏名：稲田貢
ローマ字氏名：Mitsuru Inada
所属研究機関名：関西大学
部局名：システム理工学部
職名：教授
研究者番号（8桁）：00330407

研究分担者氏名：吉田岳人
ローマ字氏名：Takehito Yoshida
所属研究機関名：阿南工業高等専門学校
部局名：創造技術工学科
職名：教授
研究者番号（8桁）：20370033

研究分担者氏名：福岡寛
ローマ字氏名：Hiroshi Fukuoka
所属研究機関名：奈良工業高等専門学校
部局名：機械工学科
職名：准教授
研究者番号（8桁）：40582648

6. 実施経過：(継続中)
当該年度は3年計画の2年目である。

7. 研究成果：

主な当該年度の業績は前年度までの成果をふまえた今年度の進展として記述した。また、これらの成果のうち2018年度に公表されたものを研究業績リストに示した。

1) 深い不純物準位による不純物バンドの形成

パルスレーザーメルティング (PLM) 法を用いてシリコンに硫黄を過飽和ドーピングすると、中間バンドを形成し、赤外光に感度を持つ太陽電池材料として機能する可能性が指摘されている。しかし、意外にもこれまでに太陽電池として重要なpn接合特性に関しては詳しく議論されていない。前年度までに、浅いイオン打ち込みで欠陥導入の少ない範囲で十分な深さの熔融条件でもっとも良いpn接合が得られるという指針を出した。しかし、その原因はよく分かってい

なかった。そこで当該年度は良好な pn 接合の設計指針をより明確にするために原因の究明の向けた研究を行った。その結果、pn 接合特性はイオン打込み深さの他、不純物濃度が高すぎる時により pn 接合を形成しないことが分かってきた。しかし、これが単に不純物濃度によるものであるのか、実はフルーエンスを中心とする PLM 条件に依存し、その結果として不純物濃度が変化しているだけなのかは明確ではない。次年度はこの点に関して研究を進めていき、PLM 条件と pn 接合特性の相関を明らかにしていく。

2) レーザー誘起プラズマの衝突過程

パルスレーザーアブレーション(PLA)法の中で二種のターゲットを対向に設置し、PLA を行い、複合ナノ結晶を形成させる手法をダブルパルスレーザーアブレーション(D-PLA)法と呼ぶ。これはブルームと呼ばれるプラズマ衝突過程を利用した新しい複合ナノ材料の創成手段である。複合ナノ材料の構造制御にはブルーム衝突の詳細を理解し制御する必要がある。本研究では複合ナノ粒子形成を目指し、高いガス圧力下でブルームの観察を行なった。その結果、比較的低い圧力下ではブルームが相互浸透するが、500Pa 程度以上になるとブルームは衝突せず、衝突しないにもかかわらず後退をする現象を見出した。点源爆発モデルを用いて衝撃波面の進展を求めたところ、対向衝撃波とブルームが衝突を始める近傍からブルームが後退することを明らかにした。平均自由行程の見積もりから約 500Pa 以下では分子流的で相互浸透するのに対してそれ以上で衝撃波の影響が大きいことを明らかにした。

当該年度は衝撃波が複合ナノ薄膜の結晶化に影響を与えるプラズマに与える影響を調べるために、高いガス圧力下でブルームと衝撃波が衝突する様子を数値流体解析で調べた。その結果、これまで実験で確認されていた対向するブルーム同士が衝突する前に、ブルームの後退を数値計算でも確認でき、その原因が衝撃波であることが明らかになった。また、この現象を理解するために、より単純な一次元モデルを用いた解析を行った。その結果、ブルームの後退は衝撃インピーダンスで記述でき実験結果を定性的に説明することが可能となった。また、D-PLA 法で照射レーザーパルスの遅延時間を変化させる実験を行い、先行ブルームが通過後には後発ブルームの進展が早くなる現象を見いだした。これは発光性のブルームが通過後にも非発光性のブルームが存在し、それが進展に影響を与えているためと解釈できる。これは二つのブルーム間のエネルギー伝達機構を解明する上で重要な結果といえる。

3) アントラセン凝集体における励起子状態のエネルギー伝達

ベンゼン環が4つつながった直鎖芳香族分子であるテトラセンは有機半導体として、また、フレンケル励起子系の典型的物質として多くの研究が行われてきた。特に一重項励起子が二個

の三重項励起子へ分裂する励起子分裂過程は、太陽電池の効率を上げる機構として注目されている他、最近では励起子が超放射状態にあるという報告もあり、励起状態の動的過程に関する研究が多くなされている。しかし、テトラセンの励起状態である励起子状態について、いまだ全体像は明らかになっていない。

バルク状態および薄膜多結晶状態の励起子状態を理解するために、より小さい凝集体やダイマーの知見は有用である。またテトラセンの薄膜状態では基板の影響により分子の配向が変化することが知られており、分子の配置の変化による光学特性の変化も興味を持たれている。今年にはテトラセンダイマーおよび凝集体に注目し、異なる母体—アントラセン、フェナントレン、フルオレン—に添加して、テトラセン分子間の配置を変化させた場合のダイマー、凝集体の光学特性について研究を行った。ダイマー状態は気相成長法で結晶性の高い低濃度添加試料を作成して調べ、凝集体状態はセル法（二枚の石英板で構成されたセル中の融液成長）で高濃度添加試料を作成して調べた。

アントラセン中のテトラセンでは、ダイマー発光は 500cm^{-1} 程度のストークスシフトを伴う幅広い発光で、格子緩和を伴った励起状態からの発光であることがわかった。また凝集体の発光は、ダイマーよりも少し大きい 800cm^{-1} 程度のストークスシフトを伴うが、形状はダイマーと類似していた。このことは、凝集体中でダイマーと同様な二分子上に局在した状態が形成され、格子緩和を経て発光していることを示唆している。

フェナントレン中のテトラセンでは、ダイマー発光のストークスシフトは 150cm^{-1} と小さく発光の幅も小さかった。このことから、アントラセン中とは異なり、顕著な格子緩和は伴わない励起状態からの発光であると考えられる。また、凝集体が期待されるような濃度の試料においてはバルクと同様な光学特性が観測され、アントラセン中よりも大きな凝集体が作成されたと考えられる。融点の差が大きいため（フェナントレン 101°C 、テトラセン 357°C ）、セル法で作製した試料を冷却する際にテトラセンが凝集して大きな凝集体が成長してしまうと考えられる。

フルオレン中のテトラセンについては、アントラセンやフェナントレンと同様な気相成長で作製した試料では濃度が低く、ダイマーが観測されなかった。作成条件を検討し、急激な加熱や加熱領域長を長くすることが効果的であることはわかったが、更なる条件の向上が必要である。

アントラセン、フェナントレン中のダイマーの励起状態における格子緩和の違いは、フェナントレン、アントラセンの最近接平行分子間距離の違いによると考えられる。この距離はフェナントレンの方が大きく、テトラセンが置換して入った場合、テトラセン二分子間の距離がアントラセン中よりも大きくなることが想定される。分子間距離が広がったことにより格子緩和が抑制される現象は、アントラセンダイマーにおいても観測されている。

フェナントレン中テトラセンの大きな凝集体は、バルクと同様な性質を示す微結晶状態と考えられる。薄膜試料は微結晶が集まった多結晶体と考えられるが、微結晶は互いにランダムな向きに配向している。一方、今回得られた試料においては、微結晶が結晶軸をそろえた状態で試料中に存在していると考えられるため、薄膜試料では測定できない偏光特性が測定できる。今後、薄膜結晶で観測されている低エネルギー状態へのエネルギー移動などについて、この試料で研究を進める予定である。

4) 酸化グラフェン中の光励起エネルギーの伝達機構

酸化グラフェンにおける光還元のみか、その光学過程への影響を明らかにするために、光照射による光学スペクトルの変化やピコ秒パルスレーザーを用いた発光の時間変化の測定、さらにZ-scan法を用いた三次非線形感受率の測定を広いエネルギー領域にわたって行い、非線形光学応答と線形光学応答の関係について調べた。

図1は、酸化グラフェンの光学非線形性能指数の光子エネルギー依存性である。光照射前(●)では低エネルギー側の方が大きな性能指数を示している。酸化グラフェン試料の光学応答は、酸化グラフェン内のグラフェン領域による量子閉じ込めモデルで良く説明される。低エネルギー側はサイズの大きなグラフェン領域であり、実験結果はサイズの大きなグラフェン領域ほど大きな非線形性を持っていることを示している。光照射した試料(○)では、照射前と比べて非線形性能指数が大きく増加し、また、高エネルギー側、すなわち、サイズが小さなグラフェン領域ほど大きな非線形性を示すことが分かった。

この起源を明らかにするために、発光寿命を調べた。図2は、酸化グラフェンの発光寿命の光子エネルギー依存性である。光照射前(●)も照射後(○)も、低エネルギー側ほど長い寿命を示すことが分かった。また、光照射により寿命が短くなることも分かった。これは、光照射によっておこる還元反応により、グラフェン領域が大きくなる一方で、光還元により新たにグラフェン中に欠陥が生じ、その結果、発光寿命が減少して発光強度が減少したと考えら

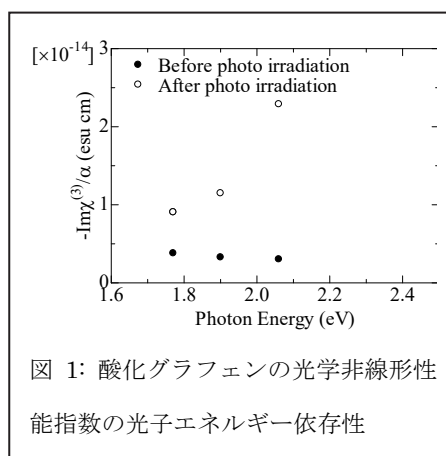


図 1: 酸化グラフェンの光学非線形性能指数の光子エネルギー依存性

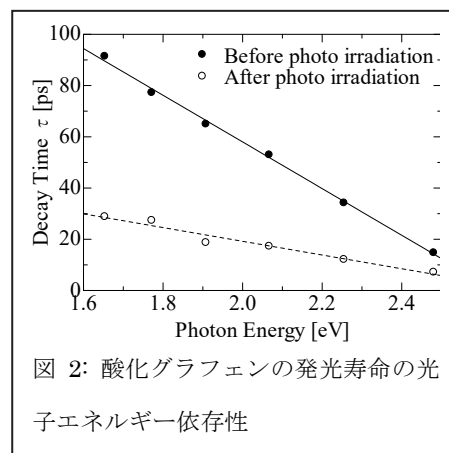


図 2: 酸化グラフェンの発光寿命の光子エネルギー依存性

れる。これらのことが、非線形性にも影響を与えたと考えられるが、単純な二準位モデルでは説明できないことが分かった。

これらの知見は、酸化グラフェンの応用を見据えた酸化グラフェン中の光励起エネルギーの伝達機構を理解するうえで、重要だと考えられる。

5) スピン-電気伝導相関

本研究では、これまでに、有機金属分解 (MOD) 法を用いて強相関物質である LaMnO_3 (LMO) 多結晶薄膜を酸素雰囲気中で様々な熱処理条件で作製し、その物性を調べてきた。MOD法は、低コストで良質の薄膜を容易に作製でき、最近応用面で世界的に注目されている。LMOは反強磁性絶縁体であり、電流をほとんど流さないばかりでなく、磁気的特性からも応用上特筆すべきものがない。 LaMnO_3 にSrを添加した $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSMO) では、Srを16%以上添加して始めて強磁性金属としての特性を示す。本研究で、 LaMnO_3 にSrを添加しなくても、熱処理条件 (仮焼、本焼における熱処理雰囲気、熱処理温度、熱処理時間など) を最適化することによって、LSMOと同等な強磁性金属を作製する事に成功した。

当該年度は、MOD法による移動度およびホールセルのセルフドープ濃度の制御を試みた。MOD溶液の塗布と仮焼成の工程を5回繰り返すことによって膜厚を比較的厚い200nmに固定し、電気伝導率を実験的に本焼成の温度と時間の関数として得た。また、磁気転移温度からホール濃度を評価し、電気伝導率の結果と合わせて移動度を評価した。その結果、仮焼成温度600°C、10分、本焼成温度が900°C、1時間で、移動度およびホールセルのセルフドープ濃度の極大が得られることがわかった。強磁性金属の特性を示すLMOは、スピントロニクスデバイスの電子によるエネルギー伝達に中心的な役割を担う物質として大きな可能性を持っていると考えられる。また、本研究ではこれまで、赤外光ファネスを用いてSi基板上でマグネタイト薄膜の構成物である単磁区型マグネタイトナノ微粒子の磁気モーメントをランダム化し、ランダム化したまま凍結する事に成功してきた。マグネタイト (Fe_3O_4) は伝導電子のスピンの偏極率が1のハーフメタルであるため、スピン-伝導相関が非常に強い。電子伝導はスピン依存伝導となり、その特性を生かしたスピントロニクスデバイスの実用化が期待されている。今年度は、基板に厚さ100nmの SiO_2 を持つ熱酸化Siを用いて実験を試みた。その結果、スピンのランダム化がよりいっそう促進され、磁気抵抗効果の大きな増大が観測された。これは、電子を介したスピン-電子伝導による新しいエネルギー伝達の可能性を示唆していると考えられる。

6) 電子分光から解き明かす非従来型の電気伝導特性と熱電特性の起源

巨大熱電特性が得られることから新たなエネルギー変換材料候補として注目を集めている層状コバルト酸化物では、これまで局在描像と遍歴描像の両方の立場から巨大熱電特性の発現

メカニズムが提案されているが、未だ決着には至っていない。我々は 2 次元的な層状構造ではなく一次元的な構造を持つコバルト酸化物 CaCo_2O_4 に注目した。この物質でも層状コバルト酸化物と同様に巨大熱電特性が観測されることから、系の次元性に依らない普遍的な巨大熱電特性発現機構の存在が示唆される。今回、 $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ ($x=0, 0.1, 0.5$) について、SPring-8 での放射光 X 線回折実験により精密結晶構造解析を行い、この結果を用いて密度汎関数理論に基づいた電子構造計算によりバンド構造などを得た。また、SPring-8 での硬 X 線光電子分光実験と立命館大学 SR センターでの軟 X 線吸収分光実験により、価電子帯と伝導帯の電子構造を実験的に明らかにするとともに、Ca から Na への置換による金属絶縁体転移に伴う変化を詳細に観測した。今後は、詳しい解析を行うことで、Co3d 電子のスピン状態を明らかにして、巨大熱電特性発現のメカニズムを明らかにする。またこの研究の過程で、種々の遷移金属化合物や希土類化合物の電子構造について結晶場やスピン軌道相互作用が系に与える影響を実験的に調べ、特異な基底状態の起源を明らかにすることに成功した。

今後は、結晶場やスピン軌道相互作用が系の電子構造に支配的な影響を与えていると考えられる BiS 系化合物にも注目し、この系において発現する新奇超伝導の発現メカニズムについても調べる予定である。

7) 半導体及び金属ナノ微粒子

前年度は光エネルギー材料としての応用の可能性を視野に Si ナノ粒子および NiMgO の光学特性を調査した。Si ナノ粒子を実用素子材料に用いるためには高い安定性が必要であるが、ナノ粒子表面をカルボキシル基で終端することで安定性が增大することがわかった。また紫外光領域の光学材料として期待される NiMgO については組成比と光学バンドギャップの関係を詳細に調査した。その結果、価電子帯-伝導帯間遷移の他に O-2p と Ni-3d の間の電荷移動遷移による吸収があることを明らかにした。従来 NiMgO のバンドギャップの Mg 組成依存性が小さいことが報告されてきたが、これは電荷移動遷移に基づくバンドギャップを測定していたためであり、価電子帯-伝導帯間遷移によるバンドギャップは Mg 組成に大きく依存することを解明した。これは、光学材料に応用する際には、この吸収についても考慮が必要であることを示す。また、Al ナノ粒子が超常磁性を示すことから開始したアルミ系磁性材料の研究では、Al ナノ粒子と Ag ナノ粒子の複合材料が強磁性を示すこと、およびそれらがインダクターとして有効に機能することを示した。

当該年度は金属及び半導体ナノ粒子を用いたバイオセンサに関する研究を行った。具体的には、生体親和性有機分子を保護膜とする金ナノ粒子集合体試料の発光特性、磁気特性、電気伝導特性の基礎物性を検討した。加えて、独自の手法により作成したアルミニウムナノ粒子が自発的磁気モーメントを有することを見出し、磁気モーメントの起源の解明と医療応用について検討した。まず、前者の金ナノ粒

子を用いた医療用バイオセンサの成果として、グルコースオキシダーゼ法による糖尿病診断用グルコースセンサを開発した。このセンサは、ヒト血清アルブミンで修飾安定化した可視光発光性金クラスター粒子の発光強度が検体中の過酸化水素濃度により変化することを利用している。すなわち、検体に発光性金クラスター粒子とグルコースオキシダーゼを添加すると、検体中のグルコース濃度に比例して過酸化水素が発生する。この過酸化水素により金クラスターが酸化されて、その個数が減少し発光強度が小さくなる。本センサでは糖尿病の疑陽性と診断される血糖値(グルコース濃度にして 11.1mM)に対して発光強度が検体混入前のおよそ 30%に減少した。この発光強度の減少は、目視でも明確に検知できるものである。後者に関しては、アルミナ粒子を純水中でレーザーアブレーションすると超常磁性を示すアルミニウムナノ粒子が、さらに驚くべきことに、このアルミニウムナノ粒子を銀ナノ粒子と混合して加熱焼成すると強磁性を示すことを見出した。その磁気モーメントの起源はアルミニウムナノ粒子表面の酸素欠陥であることを提案した。また、このアルミニウムナノ粒子をハイパーサーミア治療に応用すべく交流磁気特性評価を行った。

8) プラズモン吸収と光触媒へのエネルギー移動

パルスレーザーアブレーション (PLA) 法を用いて、TiO₂ 薄膜への Ag ナノ粒子担持による可視光励起プラズモニック光触媒の創製を目指している。前年度は気相パルスレーザーアブレーション (PLA) 法で堆積した TiO₂ ナノ結晶薄膜に Au ナノ粒子を担持した構造における、光触媒としての可視光応答性の研究をおこなった。その結果 TiO₂ ナノ結晶薄膜単体と比較し、Au ナノ粒子を担持した試料では紫外光照射下での光触媒活性の増強を確認できた。また金属の被覆率が光触媒活性に大きな影響を与え、最適な被覆率が存在することを確認した。活性増強の機構としては、紫外光の吸収により TiO₂ 中に生じた電子-正孔対の電子が、Au ナノ粒子の存在により電荷分離の促進がなされる助触媒効果であると推察した。

本年度は、PLA 法及び短時放射加熱 (RTA) 法により TiO₂ ナノ結晶薄膜/Ag ナノ粒子の複合ナノ構造を作製し、光学特性と可視光励起触媒活性を評価した。

Ag 及び TiO₂ をターゲットとし、He、O₂ 雰囲気ガス中で PLA をおこない、SiO₂ 及び Si 基板上に堆積を行った。Ag ナノ粒子を堆積後、RTA を行い、平均粒径 40 nm、被覆率 29 %の試料を得た。その上に膜厚 50 nm の TiO₂ 薄膜を堆積した。作製した複合ナノ構造の断面は、(TiO₂ 薄膜)/(Ag ナノ粒子分散層)/(Si 結晶または熔融 SiO₂ 基板)となる。この複合ナノ構造を、Ag ナノ粒子内包担持型と呼ぶ。複合ナノ構造試料に対して、走査型電子顕微鏡 (SEM) による表面構造観察、光透過スペクトル測定、及びメチレンブルー分解法により可視光照射下における光触媒活性評価を行った。

表面 SEM 観察から、Ag ナノ粒子内包担持型 TiO₂ ナノ結晶薄膜が Ag ナノ粒子の形状を反映した立体的な構造を有することを確認できた。これは RTA によりボールアップした Ag ナノ粒子上に

TiO₂が堆積し、凹凸を持つ構造になったためと考えられる。(TiO₂ナノ結晶薄膜)/(Ag ナノ粒子)の複合ナノ構造及び比較試料として TiO₂ ナノ結晶薄膜の光透過スペクトルを比較したところ、TiO₂ ナノ結晶薄膜と比較して、複合ナノ構造では 400 nm 付近で透過率が大きく減少した。これは TiO₂ ナノ結晶薄膜に内包された Ag ナノ粒子が、局在表面プラズモン共鳴 (LSPR) により可視光を吸収したためであると考えられる。複合ナノ構造及び TiO₂ ナノ結晶薄膜における 410 nm 励起下でのメチレンブルー水溶液濃度の光照射時間依存性を評価したところ、複合ナノ構造は TiO₂ ナノ結晶薄膜と比べて光触媒活性が約 2 倍に増加した。

これらの結果から、Ag ナノ粒子の LSPR による光吸収が、光触媒活性の増強に寄与したといえる。すなわち、照射可視光のエネルギーが Ag ナノ粒子内とその近傍に LSPR 場のエネルギーとして吸収され、さらにこのプラズモン場のエネルギーが TiO₂ ナノ結晶薄膜中に伝達され、電子-正孔対を励起・電荷分離されることで、酸化還元反応が促進されたものと推察される。

8. 主な発表論文等

〔国内学会〕(計 22 件)

日本物理学会 2018 年秋季大会 (2018 年) ; 信州大学 (松本キャンパス) ; 2018 年 9 月 14~17 日

- 1) フェナントレン-テトラセン混晶における光学特性の濃度依存性
橋詰知尚, 青木珠緒, 梅津郁朗

日本物理学会 2018 年秋季大会, ; 同志社大学 京田辺キャンパス ; 2018 年 9 月 9~12 日

- 2) Mn 2p 内殻光電子スペクトル線二色性によるペロブスカイト型 Mn 酸化物の金属絶縁体転移の研究

藤原秀紀, 服部竜大, 永井浩大, 金井惟奈, 山神光平, 木須孝幸, 東谷篤志, 山崎篤志, 門野利治, 今田真, 播木敦, 魚住孝幸, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 木村剛, 桑原英樹, 関山明

- 3) 立方晶 PrB₆ における磁場中硬 X 線内殻光電子線二色性による Pr 4f 電子状態の観測
濱本諭, 金井惟奈, 藤原秀紀, 木須孝幸, 久我健太郎, 東谷篤志, 山崎篤志, 今田真, 田中新, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 関山明

- 4) CeRh₃B₂ における Ce 3d 内殻光電子分光の偏光依存性

小林慶行, 門野利治, 藤原秀紀, 関山明, 久我健太郎, 東谷篤志, 山崎篤志, 阪本紘平, 寺島大貴, 千島雅大, 金井惟奈, 濱本諭, 中川広野, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 菅原仁, 今田真

2018 年 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 ; 2018 年 9 月 18 日(火) ~ 21 日(金) ; 名古屋国際会議場

- 5) 気相パルスレーザーアブレーション法による TiO₂ ナノ結晶薄膜/Ag ナノ粒子 複合ナノ構造の創製と可視光励起触媒活性

荒木 崇志、今井 武史、吉田 岳人、梅津 郁朗、原口 雅宣

- 6) 偏光時間分解ポンププローブ測定によるスピン重ね合わせ状態における位相緩和の観測

村松 弘基, 伊藤 哲, 後藤 秀樹, 市田 正夫, 安藤 弘明

第 32 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム ; 福岡国際会議場 ; 2019 年 1 月 9~11

且

7) 立方晶 PrB_6 における Pr 4f 電子状態を反映した磁場中硬 X 線内殻光電子線二色性の観測
濱本諭、金井惟奈、藤原秀紀、木須孝幸、久我健太郎、東谷篤志、山崎篤志、今田真、田
中新、玉作賢治、矢橋牧名、石川哲也、関山明

8) 角度分解内殻光電子線二色性を用いた価数揺動物質 YbNi_2Ge_2 における 4f 基底状態対称
性の決定

樫内利幸、金井惟奈、濱本諭、藤原秀紀、久我健太郎、木須孝幸、東谷篤志、山崎篤志、
門野利治、今田真、田中新、玉作賢治、矢橋牧名、石川哲也、海老原孝雄、関山明

9) 硬 X 線光電子分光によって明らかにする $\text{Sr}_3\text{Ir}_2\text{O}_7$ の絶縁化メカニズム

中川広野、宮崎翔、金井惟奈、濱本諭、藤原秀紀、関山明、東谷篤志、門野利治、今田真、
玉作賢治、矢橋牧名、石川哲也、高瀬浩一、山崎篤志

平成 30 年度衝撃波シンポジウム ; 横浜国立大学 ; 2019. 3. 5-7

10) 上田耕太郎, 福岡寛, 矢尾匡永, 國吉直, 屋我実, 上野絵里, 福田直晃, 瀧谷俊夫
楯円体空洞から噴出する非定常超音速ジェットと渦輪の相互作用に関する研究

11) Wavelet 変換の振幅に着目した BOS 法の改良

宮奥晃希, 福岡寛, 中村篤人, 榎真一, 廣和樹, 矢尾匡永

2019 年 第 66 回応用物理学会春季学術講演会 ; 2019 年 3 月 9 日 (土) ~ 12 日 (火) ; 東京工業大学
大岡山キャンパス

12) ダブルパルスレーザーアブレーションに対するレーザー照射遅延効果

肥後 輝、片山 慶太、中村 亘、福岡 寛、吉田 岳人、青木 珠緒、梅津 郁朗

13) ダブルパルスレーザーアブレーションにおけるプルームダイナミクスと堆積構造の相関

片山 慶太、中村 亘、福岡 寛、吉田 岳人、青木 珠緒、梅津 郁朗

14) 気相パルスレーザーアブレーション法による Ag ナノ粒子内包担持型 TiO₂ 複合ナノ構造の創製と可視光励起触媒活性

荒木 崇志、今井 武史、吉田 岳人、梅津 郁朗、原口 雅宣

15) パルスレーザーメルティング法 (PLM) によって硫黄を過飽和ドーピングした Si 単結晶の pn 接合特性

川本 兼司、早瀬 弘基、青木 珠緒、梅津 郁朗

日本機械学会関西学生会平成 30 年度卒業研究発表講演会；立命館大学びわこ・くさつキャンパス；2019. 3. 10

16) 村岸尚志，福岡寛，矢尾匡永，梅津郁朗

対向する非定常超音速噴流および衝撃波の衝突過程に関する研究

日本物理学会第 74 回年次大会 (2019 年)；九州大学 伊都キャンパス；2019 年 3 月 14～17 日

17) 温度依存 HAXPES による Ir 酸化物絶縁体におけるスレーター性の観測

中川広野，矢野慎弥，林田拓也，中田惟奈，小堀裕己，藤原秀紀，関山明，東谷篤志，門野利治，今田真，玉作賢治，矢橋牧名，石川哲也，高瀬浩一，山崎篤志

18) 直線偏光制御硬 X 線光電子分光によるハーフメタル型ホイスラー合金 Co₂MnSi の電子構造研究

西本幸平，藤原秀紀，中田惟奈，濱本諭，久我健太郎，木須孝幸，門野利治，今田真，東谷篤志，山崎篤志，玉作賢治，矢橋牧名，石川哲也，菅滋正，梅津理恵，関山明

19) 鉄単体の磁場中硬 X 線光電子分光による光電子磁気円二色性の観測

近藤佑宥, 藤原秀紀, 濱本諭, 中田惟奈, 川田萌樹, 高野彩佳, 久我健太郎, 木須孝幸, 東谷篤志, 山崎篤志, 今田真, 田中新, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 関山明

20) コバルト二重鎖を有する $\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_x\text{Co}_2\text{O}_4$ の硬 X 線光電子分光

宮崎翔, 中川広野, 林田拓也, 藤原秀紀, 中田惟奈, 濱本諭, 門野利治, 東谷篤志, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 今田真, 関山明, 磯部雅朗, 小堀裕己, 山崎篤志

21) マンガン系複合アニオン化合物で見られる異常混合低価数状態と電子状態の関係

東谷篤志, 山崎篤志, 森吉千佳子, 黒岩芳弘, 播木敦, 藤原秀紀, 関山明, 今田真, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 高瀬浩一

22) 直線偏光制御硬 X 線角度分解内殻光電子分光による正方晶強相関 Ce 化合物の 4f 基底状態対称性の研究

藤原秀紀, 近藤佑宥, 濱本諭, 川田萌樹, 荒谷秀和, 中谷泰博, 中田惟奈, 久我健太郎, 木須孝幸, 山崎篤志, 東谷篤志, 門野利治, 今田真, 田中新, 玉作賢治, 矢橋牧名, 石川哲也, 保井晃, 斎藤祐児, 海老原孝雄, 関山明

〔国際学会発表〕（計 13 件）

The 12th International Conference on Excitonic and Photonic Processes in Condensed Matter and Nano Materials (EXCON 2018) ; Nara, Japan ; July 8-13, 2018

1) Third-order nonlinear optical properties in graphene oxide

Yuto Hosomi , Yusuke Minamihata , Kazunari MatsudaA , Hiroaki Ando, Masao Ichida

*17th International Conference on X-Ray Absorption Fine Structure (XAFS2018)
22–27 July 2018 in Kraków, Poland*

2)Metallic nature and electron correlation effect in 3C- and 6H-SrIrO₃ studied by bulk-sensitive photoemission spectroscopy

A. Yamasaki, H. Fujiwara, K. Nakagawa, Y. Nakatani, K. Yamagami, S. Hamamoto, J. Matsuno, H. Takagi, K. Takase, Y. Saitoh, T. Muro, and A. Sekiyama

3) Electronic Structures of Layered Oxychalcogenides BiOCuCh (Ch = Se,Te) Studied by Soft X-ray Photoemission Spectroscopy

A. Higashiya, A. Yamasaki, S. Ishiwatari, K. Kawamoto, S. Muhammady, Y. Darma, A. Rousuli, H. Sato, K. Takase

International Conference on Materials and Intelligent Manufacturing 2018 ; Sapporo, Japan ; August 24-26, 2018

4) Strong Hole Self-Doping in LaMnO₃ Thin Film on a-SiO₂ Substrate produced by Metal Organic Decomposition Method

H. Kobori, T. Kitamura, T. Taniguchi and T. Shimizu

The 19th International Conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-dimensional Materials (NT18) ; Beijing, China ; 15th to 20th July, 2018

5) Photo irradiation effects on luminescence dynamics in graphene oxide

Yuto Hosomi , Yusuke Minamihata , Kazunari MatsudaA , Hiroaki Ando, Masao Ichida

2018 International Conference on Solid State Devices and Materials(SSDM2018) ; Tokyo, Japan ;
September 9 - 13, 2018

6) Observation of Phase Relaxation in Spin Superposition by Polarization- and Time-Resolved Pump and Probe Measurements

Hiroki Muramatsu, Tetsu Ito, Hideki Gotoh, Masao Ichida, Hiroaki Ando

11th International Conference on Photo-Excited Processes and Applications
Vilnius, Lithuania on September 10-14, 2018.

7) Control of expansion processes by counter shock Student waves during pulsed laser ablation

K. Katayama, T. Kinoshita, H.Fukuoka, T. Yoshida, T. Aoki, I. Umezu

8) One- and three-dimensional analysis of colliding laser-induced plumes

I. Umezu, T. Kinoshita, H. Fukuoka, K. Katayama, Y. Horai, T. Aoki, T. Yoshida and M. Yaga

4th International Conference on Nano Electronics Research Education 2018 (ICNERE 2018) ;
Hamamatsu, Japan ; 27-29 November 2018

9) Phase Relaxation of Hole-Spin Superposition in GaAs/AlGaAs Quantum Wells

Tetsu Ito, Hiroki Muramatsu, Hideki Gotoh, Masao Ichida, and Hiroaki Ando

14th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure (ICCESS-14); 8-12 October;
Shanghai, China

10) Angle dependent linear dichroism of Yb 3d core level photoemission reflecting 4f orbital symmetry in valence fluctuating compound α -YbAl_{1-x}Fe_xB₄

K. Kuga, Y. Kanai, H. Fujiwara, S. Hamamoto, Y. Aoyama, A. Sekiyama, A. Higashiya, T. Kadono, S. Imada, A. Yamasaki, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, S. Nakatsuji, T. Kiss

11) Linear dichroism in hard X-ray photoemission spectroscopy of cubic Pr compounds reflecting the 4f ground state symmetry

S. Hamamoto, Y. Kanai, Y. Nakatani, H. Fujiwara, T. Kiss, A. Higashiya, A. Yamasaki, S. Imada, A. Tanaka, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, H. Hidaka, T. Yanagisawa, H. Amitsuka, K.T. Matsumoto, T. Onimaru, T. Takabatake, A. Sekiyama

The 9th TSME International Conference on Mechanical Engineering; Phuket, Thailand; 11-14 December 2018

12) Study of Interaction between Unsteady Supersonic Jet and Vortex Ring

Kotaro Ueda, Hiroshi Fukuoka, Nao Kuniyoshi, Minoru Yaga, Eri Ueno, Naoaki Fukuda, Toshio Takiya

25th Assembly Advanced Materials Congress, 24-27 March 2019, Stockholm, Sweden

13) [INVITED PAPER] TiO₂-based nanostructures for plasmonic photocatalytic applications synthesized by vapor-phase pulsed laser ablation

T. Yoshida, I. Umezu, and M. Haraguchi,

〔雑誌論文〕 (計 5 件)

1) Revising the 4f symmetry in CeCu₂Ge₂: Soft x-ray absorption and hard x-ray photoemission spectroscopy

H. Aratani, Y. Nakatani, H. Fujiwara, M. Kawada, Y. Kanai, K. Yamagami, S. Fujioka, S. Hamamoto, K. Kuga, T. Kiss, A. Yamasaki, A. Higashiya, T. Kadono, S. Imada, A. Tanaka, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, A. Yasui, Y. Saitoh, Y. Narumi, K. Kindo, T. Ebihara, and A. Sekiyama

Phys. Rev. B **98**, 121113(R), 2018

DOI: [10.1103/physrevb.98.121113](https://doi.org/10.1103/physrevb.98.121113)

2) Electronic and Thermoelectric Properties of Layered Oxychalcogenides (BiO)CuCh (Ch = S, Se, Te)

S. Muhammadiyah, Y. Kurniawan, S. Ishiwata, A. Rousuli, T. Nagasaki, S. Nakamura, H. Sato, A. Higashiya, A. Yamasaki, Y. Hara, A. Rusydi, K. Takase, and Y. Darma

Inorg. Chem. **57**, 10214-10223, 2018

DOI: [10.1021/acs.inorgchem.8b01396](https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.8b01396)

3) Observation of Supersonic Jet Using Small Volume High-Pressure Shock Tube

Ryohei Takemura, Hiroshi Fukuoka, Shinichi Enoki, Shigeto Nakamura, Kazuki Hiro

Materials Science Forum, Vol.910, pp.143-148, 2018

DOI: [10.4028/www.scientific.net/MSF.910.143](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.910.143)

4) Study of Interaction between Unsteady Supersonic Jet and Vortex Rings Discharged from Elliptical Cell

Kazumasa Kitazono, Hiroshi Fukuoka, Nao Kuniyoshi, Minoru Yaga, Eri Ueno, Naoaki Fukuda, Toshio Takiya

Materials Science Forum, Vol.910, pp.137-142, 2018

DOI: [10.4028/www.scientific.net/MSF.910.137](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.910.137)

5) Strong Hole Self-Doping in LaMnO₃ Thin Film on a-SiO₂ Substrate produced by Metal Organic Decomposition Method

H. Kobori, T. Kitamura, T. Taniguchi and T. Shimizu

Materials Science Forum, Vol. 962, pp17-21, 2019

DOI: [10.4028/www.scientific.net/MSF.962.17](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.962.17)