

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25287075

研究課題名(和文) 逆光電子回折現象を利用したバルク敏感性可変原子構造解析法の確立と応用

研究課題名(英文) Development and Application of Bulk Sensitivity Controllable Atomic Structure Analysis Method by "Inverse Photoelectron Diffraction"

研究代表者

松井 文彦 (Fumihiko, Matsui)

奈良先端科学技術大学院大学・物質創成科学研究科・准教授

研究者番号：60324977

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,900,000円

研究成果の概要(和文)：エネルギー損失電子の角度分布に、励起源の偏光や種類(光・電子)に関わらず、光電子回折模様とは真逆のネガコントラスト模様が出現する逆光電子回折という現象を発見した。種々の結晶試料にて光電子回折と非弾性散乱電子回折模様を測定し、逆光電子回折効果と脱出深度の関係を系統的に調べ、この現象の機構を解明した他、バックグラウンド除去法を確立し、希薄なドーパント原子周りの局所原子構造について調べられるようになった。またこうした回折模様を効率よく測定する新規小型表示型分析器を考案し、特許出願を行った。

研究成果の概要(英文)：We discovered a phenomenon called negative contrast photoelectron diffraction in the energy-loss electron angular distribution which appears irrespective of polarization and type (light / electron) of the excitation source. By measuring photoelectron diffraction and energy-loss electron diffraction patterns in various crystal samples, we systematically investigated the relation between negative contrast photoelectron diffraction effect and escape depth, and clarified the mechanism of this phenomenon. Furthermore, we established a background removal method. The local atomic structure around dilute dopant atoms has been investigated. We also devised a new compact display type analyzer that efficiently measures such diffraction patterns and filed a patent application.

研究分野：表面物性物理学

キーワード：光電子回折 Auger電子回折 原子構造 放射光・軟X線 表面・界面 非弾性散乱過程

逆光電子回折現象を利用したバルク感性  
可変原子構造解析法の確立と応用  
平成 25 年度～平成 28 年度

### 1. 研究開始当初の背景

光電子分光は今や物性研究には欠かせない。内殻励起で得られる元素選択的な情報は、表面吸着種や結晶中のドーパント原子に関する局所的な構造や物性を調べるうえで重要である。内殻光電子スペクトルには化学組成や電子状態が反映されている。また光電子 2 次元角度分布には原子軌道の対称性と局所原子配列に由来する光電子回折模様が現れる。

光電子分光による研究の最近の世界的な動向として、硬 X 線光電子分光によるバルク敏感な電子状態の研究の急速な展開が挙げられる。高エネルギー電子の非弾性平均自由行程は長いので、表層下に埋もれたバルクの情報が引き出せるのである。しかし、硬 X 線光電子分光では、入射角・分析器の位置・光エネルギーの自由度が非常に限られているため、光電子回折の研究は研究開始当初未開拓領域であった。

最近私たちは、エネルギー損失電子の角度分布に、励起源の偏光や種類(光・電子)に関わらず、光電子回折模様とは真逆のネガコントラスト模様出現する逆光電子回折という現象を発見した。光電子回折の検出深度は電子の非弾性散乱平均自由行程によって決まり、軟 X 線励起の場合は表面敏感になる。他方、逆光電子回折の場合は電子が結晶を通過する際に吸収される積算量が負のコントラストとなるため、検出深度が比較的大きくなる。非弾性散乱を幾度も経験し大きな脱出深度を持っているエネルギー損失電子にはバルクの情報が含まれている。さらに同じ運動エネルギーでも、励起光のエネルギーによって非弾性散乱でエネルギー損失する量が変わり、その電子の平均脱出深度も変わってくる。つまり、これまで光電子分光の解析を邪魔する厄介者に過ぎなかったエネルギー損失電子の角度分布を測定することで、硬 X 線光電子分光で要求される高エネルギーの施設・高電圧の装置を用いずとも、バルクの結晶のプロープ深さが選択可能なユニークな原子構造解析が行える可能性が出てきた。

### 2. 研究の目的

逆光電子回折現象の解明とその効果の定

量的理解、そのための測定装置の整備、この現象を活用したバルクと表面の統合的な原子構造解析による応用研究、の三本柱を目的とした。

#### (1)逆光電子回折効果の定量的解析

種々の結晶試料にて光電子回折と非弾性散乱電子回折模様を測定し、逆光電子回折効果と脱出深度の関係を系統的に調べる。また、エネルギー損失電子は励起原子の原子番号の情報が失われた非元素選択的なプローブである。ただし、各内殻準位の吸収端の前後の運動エネルギーの条件を利用すれば、電子を吸収する原子の元素選択的な情報が得られるかもしれない。SiC や MoSe<sub>2</sub> などの化合物単結晶を用い、元素選択性の可能性について探る。

#### (2)バルク敏感局所立体原子配列解析装置開発

光電子やエネルギー損失電子の 2 次元角度分布測定にはバンドパス型の表示型電子分析器が必須である。これまで私達は SPring-8 BL25SU に 2 次元光電子分光ステーションを設置し、光電子回折の研究を進めてきた。上述の実験はこの拠点で展開する。同時に、このビームラインは大幅な配置改良を 2013 年度後半に予定しており、このアップグレードに合わせて新規表示型分析器の R&D を現在進めた。二本目の柱として、新たに放射光施設および実験室ベースで走査電子顕微鏡装置に組み込めるようなコンパクト表示型電子分析器を完成させる。

また元素選択性に関する吸収端近傍でのエネルギー損失スペクトルなどの高エネルギー分解能測定は、申請者が現在建設に参画している Swiss Light Source の光電子回折専用ビームライン(PEARL)を拠点に進めている。

#### (3)表面・界面・ドーパントの局所構造研究

表面・界面やドーパント原子の特異性がバルクの電子物性を大きく変えることがある。逆光電子回折と通常的光電子回折は一度に測定できるので、表面とバルクの両方の情報が得られる。特に構造変化を伴う相転移への表面・界面効果の研究は本課題の恰好の題材である。本課題では、光電子回折から適切にエネルギー損失電子回折のバックグラウンドを除去し、局所原子構造と電子状態の協奏的な関係について解明する研究の基礎を築く。

### 3. 研究の方法

全半球の光電子回折及びエネルギー損失電子回折模様の測定には表示型電子分析器が適

している。SPring-8 BL25SU に設置し、メンテナンスを続けてきた装置を用いる。本来、エネルギー損失電子回折模様(ネガコントラスト模様)は運動エネルギーによって変化し、主光電子ピークからのエネルギー差によって出方が変わるが、エネルギー分解能が十分でない分析器でも測定ができる。ただし、このネガコントラスト模様の影響を除去するにはエネルギー分解能の良い分析器で光電子スペクトルを各方位で測定しながらデータ処理をする必要がある。2014 年度 BL25SU 改良工事のシャットダウン期間中は Swiss Light Source にて建設協力を行った光電子回折専用ビームライン PEARL にて相補的なデータ取得を行った。また、BL25SU の次期分析器として新たに小型高性能電子分析器を開発してきた。試料は III-V 半導体や遷移金属ジカルコゲナイド層状物質を中心に複数の元素種からなる単結晶からの光電子角度分布について調べた。応用として希薄にドーブされた原子の局所構造を調べる際の正確なバックグラウンド除去の指針となった。

#### 4. 研究成果

(1) サブ mm 大でステップのない 2H-MoSe<sub>2</sub> 劈開単結晶表面を得ることに成功し、光電子、エネルギー損失電子回折模様の系統的な測定を行った。表面で対称性の破れる特殊な構造で、ネガコントラスト模様発生機構を解明する恰好な系である。化合物でのネガコントラスト模様が励起エネルギーに依存して元素別の回折模様の割合が変化していくことを見出した。当初予想していなかった新しい現象である。

(2) 微量元素の光電子回折の解析においてエネルギー損失電子による定量的なバックグラウンド処理が重要である。本研究の中心的な成果がこの処理法の確立である。黒鉛層間化合物超伝導体の劈開表面原子配列ホログラフィー再構成の成果につながった。他にも種々の共同研究に発展している。

(3) 付随して発見した Auger 電子回折の円二色性の発現機構について論文にまとめた。局所原子サイトの原子軌道の軌道磁気量子数を求める新手法として展開している。

(4) 新しい 2 次元表示型分析器として開発してきた Projection-type electron spectrometer with collimator analyzer (PESCATORA) の特許出願(国内・外国)を行った。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 27 件)

- S. Fukami, (他 9 名 8 番目) "Correlation between High Gas Sensitivity and Dopant Structure in W-doped ZnO" *Phys. Rev. Applied* accepted. 査読有
- D. Oka, (他 9 名 3 番目) "Strain Engineering for Anion Arrangement in Perovskite Oxynitrides" *ACS Nano* **11** (2017), 3860-3866 査読有 DOI: 10.1021/acsnano.7b00144
- 松井文彦, 大門寛, 松下智裕, "光電子ホログラフィーと顕微光電子回折分光" *触媒* **39** (2017) 76-81 査読有 <https://www.shokubai.org/jnl/pageview?articlecd=59020005000>
- 松井文彦, "一枚の写真 黒鉛を超伝導にするカリウム原子の並ぶ様子を可視化", *O plus E* **39** (2017) 231-232 査読無 <http://www.adcom-media.co.jp/bn/2017/02/24/25111/>
- M. Muntwiler, (他 14 名 4 番目) "Surface science at the PEARL beamline of the Swiss Light Source", *J. Synchrotron Rad.* **24** (2017) 354-366 査読有 DOI: 10.1107/S1600577516018646
- F. Matsui, (他 12 名 1 番目) "Photoelectron Holographic Atomic Arrangement Imaging of Cleaved Bimetal-intercalated Graphite Superconductor Surface" *Scientific Reports* **6** (2016) 36258 査読有 DOI:10.1038/srep36258
- N. Maejima, (他 5 名 6 番目) "Interfacial atomic site characterization by photoelectron diffraction for 4H-AlN/4H-SiC(11-20) heterojunction" *Jpn. J. Appl. Phys.* **55** (2016) 085701 査読有 DOI: 10.7567/JJAP.55.085701
- K. Sugita, N. Maejima, H. Nishikawa, T. Matsushita, F. Matsui, "Development of Micro-Photoelectron Diffraction at SPring-8 BL25SU" *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **14** (2016) 59-62 査読有 DOI: 10.1380/ejsnt.2016.59
- F. Matsui, (他 8 名 1 番目) "Circular Dichroism in Cu Resonant Auger Electron Diffraction" *Zeitschrift für Physikalische Chemie* **230** (2016) 519-535 査読有 DOI: 10.1515/zpch-2015-0665
- H. Matsui, (他 8 名 2 番目) "Local atomic configuration of graphene, buffer layer, and precursor layer on SiC(0001) by photoelectron diffraction" *Surf. Sci.* **632** 98-102 (2015) 査読有 DOI: 10.1016/j.susc.2014.09.021
- F. Matsui, (他 7 名 1 番目) "Selective Detection of Angular-Momentum-Polarized Auger Electrons by Atomic Stereography" *Phys. Rev. Lett.* **114** (2015) 015501 査読有 DOI: 10.1103/PhysRevLett.114.015501
- H. Matsui, F. Matsui, N. Maejima, T. Matsushita, H. Daimon, "Stacking registry determination of graphene grown on the SiC(0001) by photoelectron holography" *Surf. Sci.* **635** (2015) 1-4 査読有 DOI: 10.1016/j.susc.2014.11.027
- R. Westerstrom (他 13 名 7 番目) "Surface Aligned Magnetic Moments and Hysteresis of an Endohedral Single-Molecule Magnet on a Metal", *Phys. Rev. Lett.* **114** (2015) 087201 査読有 DOI: 10.1103/PhysRevLett.114.087201
- R. Horie, (他 6 名 2 番目) "Atomic-Orbital Analysis of ZrB<sub>2</sub> Valence-Band by Two-Dimensional Photoelectron Spectroscopy" *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **13** (2015) 324-328 査読有 DOI: 10.1380/ejsnt.2015.324
- R. Horie, F. Matsui, N. Maejima, H. Matsui, K. Tanaka, H. Daimon, "Cubic Zirconia Crystalline Surface Oxide Epitaxial Formation on ZrB<sub>2</sub>(0001) Confirmed by Circularly-Polarized-Light Photoelectron Diffraction" *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **13** (2015) 111-114 査読有 DOI: 10.1380/ejsnt.2015.111
- H. Matsuda, (他 9 名 6 番目) "Development of display-type ellipsoidal mesh analyzer: Computational evaluation and experimental validation" *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **195** (2014) 382-398 査読有

- DOI: 10.1016/j.elspec.2014.05.001
- H. Matsuda, L. Toth, F. Matsui, H. Daimon, "Evaluation of disturbing effect of mesh holes in wide-acceptance-angle electrostatic mesh lenses" *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **195** (2014) 78-84 査読有 DOI: 10.1016/j.elspec.2014.05.013
  - E. S. A. Nough (他 15 名 3 番目) "Lattice distortion of porous Si by Li absorption using two-dimensional photoelectron diffraction" *J. Materials Sci.* **49** (2014) 35-42 査読有 DOI: 10.1007/s10853-013-7799-2
  - N. Maejima, F. Matsui, H. Matsui, K. Goto, T. Matsushita, S. Tanaka, H. Daimon, "Site-Specific Atomic and Electronic Structure Analysis of Epitaxial Silicon Oxynitride Thin Film on SiC(0001) by Photoelectron and Auger Electron Diffractions" *J. Phys. Soc. Jpn.* **83** (2014) 044604 査読有 DOI: 10.7566/JPSJ.83.044604
  - H. Matsui, (他 6 名 2 番目) "Atomic Structure and Catalytic Activity of W-Modified Ni<sub>2</sub>P Surface Alloy by Photoelectron Diffraction and Spectroscopy" *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **12** (2014) 53-56 査読有 DOI: 10.1380/ejssnt.2014.53
  - H. Yamazaki, (他 11 名 10 番目) "The Influence of Fluorinated Silicon Nitride Gate Insulator on Positive Bias Stability toward Highly Reliable Amorphous InGaZnO Thin-Film Transistors" *ECS J. Solid State Sci. Technol.* **3** (2014) Q20-Q23 査読有 DOI: 10.1149/2.014402jss
  - T. Matsushita, F. Matsui, "Features of atomic images reconstructed from photoelectron, Auger electron, and internal detector electron holography using SPEA-MEM" *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.*, **195** (2014) 365-374 査読有 DOI: 10.1016/j.elspec.2014.05.005
  - F. Matsui, T. Matsushita, H. Daimon, "Photoelectron structure factor and diffraction spectroscopy" *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **195** (2014) 347-360 査読有 DOI: 10.1016/j.elspec.2014.02.013
  - Y. Ueoka, (他 9 名 3 番目) "Analysis of electronic structure of amorphous InGaZnO/SiO<sub>2</sub> interface by angle-resolved X-ray photoelectron spectroscopy" *J. Appl. Phys.* **114** (2013) 163713 査読有 DOI: 10.1063/1.4828869
  - F. Matsui (他 7 名 1 番目) "Characterizing Edge and Stacking Structures of Exfoliated Graphene by Photoelectron Diffraction" *Jpn. J. Appl. Phys.* **52** (2013) 110110 査読有 DOI: 10.7567/JJAP.52.110110
  - S. Roth, F. Matsui, T. Greber, J. Osterwalder, "Chemical Vapor Deposition and Characterization of Aligned and Incommensurate Graphene/Hexagonal Boron Nitride Heterostack on Cu(111)" *Nano Letters* **13** (2013) 2668-2675 査読有 DOI: 10.1021/nl400815w
  - T. Matsushita, F. Matsui, K. Goto, T. Matsumoto, H. Daimon, "Element Assignment for Three-Dimensional Atomic Imaging by Photoelectron Holography" *J. Phys. Soc. Jpn.* **82** (2013) 114005 査読有 DOI: 10.7566/JPSJ.82.114005
- [学会発表] (計 64 件)
- 松井文彦 (招待講演), "光電子回折によるサイト選択的分光研究" 日本物理学会年次大会 2017.03.17-20 阪大(大阪府吹田市)
  - 藤田善樹, 森大輔, 大山悦樹, 松井文彦, "光電子回折法による 4H-SiC の表面局所終端の面方位依存性" 日本物理学会年次大会 2017.03.17-20 阪大(大阪府吹田市)
  - 吉田善紀, 久保園芳博, 松下智裕, 松井文彦, "光電子回折法による MoSe<sub>2</sub>(0001)表面の局所構造解析" 日本物理学会年次大会 2017.03.17-20 阪大(大阪府吹田市)
  - 島野拓也, 小林夏野, 上野哲平, 松井文彦, "光電子回折による Ag ドープ Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の表面構造解析" 日本物理学会年次大会 2017.03.17-20 阪大(大阪府吹田市)
  - 和気崇, 太田紘志, 大門寛, M. Muntwiler, 松井文彦, 坂本一之, "X線光電子回折による酸素吸着 Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の表面近傍原子構造解析" 日本物理学会年次大会 2017.03.17-20 阪大(大阪府吹田市)
  - 田中一光, L. V. Yashina, 松井文彦, 田口宗孝, 松下智裕, 大門寛, "光電子回折による(Bi<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>)<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> の構造解析" 日本物理学会年次大会 2017.03.17-20 阪大(大阪府吹田市)
  - 太田紘志, 轟直人, 松井文彦, "光電子・共鳴 Auger 電子回折による Pt/Ni/Pt(111)表面の原子構造解析" 日本物理学会年次大会 2017.03.17-20 阪大(大阪府吹田市)
  - F. Matsui, "Activities of photoelectron holography and development of apparatuses", Sweden-Japan Workshop 2017.03.15, Lund, Sweden
  - F. Matsui (他 7 名 1 番目) "Atomic Holographic Imaging and Orbital Characterization by Photoelectron Diffraction", MAX-IV User Meeting 2017.03.13-15 Lund, Sweden
  - H. Ota, N. Todoroki, T. Wadayama, F. Matsui, "Analysis of Ni/Pt(111) surface structure by photoelectron and resonant Auger electron", Symposium on Surface and Nano Science 2017.1.11-15 New Furano Prince Hotel 北海道富良野市
  - Y. Hashimoto, F. Matsui, M. Taguchi, H. Matsuda, T. Matsushita, H. Daimon, "Atomic-site Selective Spectroscopy (SX-, HX-PES, XAS and XMCD) on Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>", Symposium on Surface and Nano Science 2017.1.11-15 New Furano Prince Hotel 北海道富良野市
  - 松井文彦 (招待講演) "光電子ホログラフィーによる局所構造と電子状態の原子分解能解析", 日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 2017.1.7-9 神戸芸術センター, 兵庫県神戸市
  - 松井文彦, "光電子ホログラフィーの原子層科学への応用", 物性研究所短期研究会「原子層上の活性サイトで発現する局所機能物性」2016.12.20-21 東大物性研, 千葉県柏市
  - 吉田善紀, Xiao Mio, 久保園芳博, 松下智裕, 松井文彦, "光電子回折法による MoSe<sub>2</sub>(0001)表面の局所構造解析", 物性研究所短期研究会「原子層上の活性サイトで発現する局所機能物性」2016.12.20-21 東大物性研, 千葉県柏市
  - 嶽太輔, Mikk Lippmaa, 松下智裕, 太田紘志, 松井文彦, "光電子回折分光法による Rh ドープ SrTiO<sub>3</sub> 光触媒の原子構造解析", 物性研究所短期研究会「原子層上の活性サイトで発現する局所機能物性」2016.12.20-21 東大物性研, 千葉県柏市
  - 藤田善樹, 大山悦輝, 松井文彦, 森大輔, "光電子回折法による 4H-SiC の表面終端局所構造の面方位依存性", 物性研究所短期研究会「原子層上の活性サイトで発現する局所機能物性」2016.12.20-21 東大物性研, 千葉県

- 県柏市
17. 松井文彦 "光電子ホログラフィーによる黒鉛層間化合物表面の原子配列可視化", 日本学術振興会マイクロビームアナリシス第141委員会研究会 2016.12.5-6 奈良女子大, 奈良県奈良市
  18. 松井文彦(招待講演)"軌道磁気量子数計測:現象解明と手法応用", 2016 真空・表面科学合同講演会 2016.11.29-12.1 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市
  19. 橋本由介(他8名3番目)"Verwey転移温度前後でのマグネタイトの X 線光電子円二色性" 真空・表面科学合同講演会 2016.11.29-12.1 名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市
  20. 松井文彦"光電子ホログラフィー3D 原子構造イメージング", SLIT-J エンドステーション・デザインコンペ 2016.11.11-12 東大, 東京都文京区
  21. 名取鼓太郎(他9名9番目)"Si にドーブされた As の光電子ホログラフィーによる評価", 応用物理学会秋季学術講演会 2016.9.13-16 朱鷺メッセ, 新潟県新潟市
  22. F. Matsui, H. Ota, Y. Hashimoto, H. Daimon, T. Matsushita, M. Muntwiler, "Site-specific valence atomic orbital characterization of magnetic surfaces by angular-momentum-polarized Auger electrons", VUVX2016 2016.7.4-8, Zürich, Switzerland
  23. S. Fukami(他10名9番目)"Atomic structure analysis around doped W atom in ZnO thin film by photoelectron diffraction" VUVX2016 2016.7.4-8, Zürich, Switzerland
  24. H. Ota, M. Muntwiler, F. Matsui, "Characterization of photocatalytic electronic state of rutile(110) subsurface by resonant Auger electron diffraction", VUVX2016 2016.7.4-8, Zürich, Switzerland
  25. F. Matsui, "Diffraction Spectroscopy as an alternative way of using photoelectron diffraction", VUVX2016 satellite symposium 2016.6.30, Zürich, Switzerland
  26. S. Fukami(他9名8番目)"Temperature dependence of atomic structure around doped W atom in ZnO thin film studied by photoelectron diffraction", VUVX2016 satellite symposium 2016.6.30, Zürich, Switzerland
  27. T. Kinoshita(他11名4番目)"Time-resolved atomic imaging of 3D active site by micro-photoelectron holography at SPring-8", VUVX2016 satellite symposium 2016.6.30, Zürich, Switzerland
  28. F. Matsui(招待講演)"Characterization of Valence Band Atomic Orbitals by Detection of Circularly-Polarized-Light Excited Angular-Momentum-Polarized Auger electrons", MPG seminar (Prospects and Limitations of Electronic Structure Imaging by Angle Resolved Photoemission Spectroscopy) 2016.4.25 Dresden, Germany
  29. 吉田善紀, 太田紘志, 江口律子, 久保園芳博, 松井文彦 "光電子回折分光法による MoSe<sub>2</sub> 単結晶表面の局所構造解析" 日本物理学会年次大会 2016.03.19-22 東北学院大, 宮城県仙台市
  30. 深見駿(他13名13番目)"二次元光電子分光による W ドープ ZnO 半導体の表面構造解析" 日本物理学会年次大会 2016.03.19-22 東北学院大, 宮城県仙台市
  31. 嶽太輔, Lippmaa Mikk, 松下智裕, 太田紘志, 松井文彦 "光電子回折分光法による Rh ドープ SrTiO<sub>3</sub> 光触媒の原子構造解析" 日本物理学会年次大会 2016.03.19-22 東北学院大, 宮城県仙台市
  32. 松井文彦, 西川弘晃, 太田紘志, 大山悦輝, 岸本卓弥, 杉田健治, 嶽太輔, 吉田善紀, 松田博之, "新たな投影型コリメータ式荷電粒子角度分布・エネルギー分析器" 日本物理学会年次大会 2016.03.19-22 東北学院大, 宮城県仙台市
  33. 松井文彦(招待講演), "光電子ホログラフィーによる3次元局所原子構造:層状物質を例に" 放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム企画講演 2016.01.09-11 東大物性研, 千葉県柏市
  34. F. Matsui(招待講演), "3D Atomic Structure Imaging of Superconductors and Magnetic Materials by Photoelectron Holography", International Symposium on Advanced Materials Having Multi-Degrees of Freedom 2015.11.02-03 熊本大, 熊本県熊本市
  35. H. Ota, H. Matsui, T. Matsushita, F. Matsui "Separation of Surface- and Bulk-Specific Ti L-Edge XANES", 10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15 2015.10.25-30 くにびきメッセ, 島根県松江市
  36. K. Sugita(他8名9番目)"Development of Micro-Photoelectron Diffraction and Mobile Sample Chamber for Investigation of Graphite Intercalated Compounds", 10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15 2015.10.25-30 くにびきメッセ, 島根県松江市
  37. F. Matsui(他10名1番目)"3D Atomic Structure Imaging of Graphene and Graphite Intercalated Superconductors by Photoelectron Holography", 10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15 2015.10.25-30 くにびきメッセ, 島根県松江市
  38. F. Matsui, T. Matsushita, H. Daimon(招待講演)"3D Atomic Structure Analysis around Active-Site Atoms by Photoelectron Holography", 10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15 2015.10.25-30 くにびきメッセ, 島根県松江市
  39. Y. Hashimoto,(他7名2番目)"Atomic site Separation of XMCD Spectra by Forward Focusing Peaks on Resonance Auger Electron Diffraction Patterns of Magnetite", 10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15 2015.10.25-30 くにびきメッセ, 島根県松江市
  40. Y. Hashimoto,(他7名3番目)"Site Selective X-ray Absorption Spectroscopy of Magnetite at Room Temperature", ICESS-15 2015.09.28-10.02 Stony Brook Univ, USA,
  41. F. Matsui(招待講演), "Atomic-Orbital- Excited Diffraction as Local Electronic Property Analysis Method", 日本物理学会秋季大会 2015.09.16-19 関大, 大阪府吹田市
  42. F. Matsui(他8名1番目)"Circular dichroism in resonant Auger electron diffraction: Principle and Applications", WE-Heraeus Seminar on "Element Specific Structure Determination in Materials on Nanometer and Sub-Nanometer Scales using modern X-ray and Neutron Techniques" 2015.4.26-30 Bad Honnef, Germany
  43. H. Matsui, F. Matsui, N. Maejima, T. Matsushita, H. Daimon, "3D atomic structure analysis around specific atoms by photoelectron holography – Graphene on SiC", WE-Heraeus Seminar on "Element Specific Structure

- Determination in Materials on Nanometer and Sub-Nanometer Scales using modern X-ray and Neutron Techniques" 2015.4.26-30 Bad Honnef, Germany
44. 松井文彦, 前島尚行, 西川弘晃, 松下智裕, 大門寛, "回折分光法による Ni 磁気薄膜の軌道磁気モーメント別 XAFS 解析" 日本物理学会年次大会 2015.3.21-24 早稲田大, 東京都新宿区
  45. 橋本由介, (他 7 名 3 番目) "光電子回折 XAFS によるマグネタイトの Fe サイト分離" 日本物理学会年次大会 2015.3.21-24 早稲田大, 東京都新宿区
  46. 松井文彦 (他 8 名 1 番目) "BL 高度化に伴う 2 次元光電子分光実験ステーションの顕微化・high throughput 化に向けた改良" 日本放射光学会年次会放射光科学合同シンポジウム, 2015.01.10-12 立命館大, 滋賀県草津市
  47. F. Matsui, T. Ohta, N. Maejima, H. Matsui, H. Nishikawa, H. Daimon, T. Matsushita, "Selective Detection of Angular-momentum-polarized Auger Electron from Ni Magnetic Thin Film on the Cu (001) Surface", International Symposium on Surface Science 2014.11.02-06 くにびきメッセ, 島根県松江市
  48. H. Nishikawa, F. Matsui, N. Maejima, H. Matsui, T. Matsushita, M. Shimomura, H. Daimon, "Quantitative Evaluation of Valence Band Elemental Density of States by Photoelectron Diffraction Spectroscopy", International Symposium on Surface Science 2014.11.02-06 くにびきメッセ, 島根県松江市
  49. F. Matsui (他 11 名 1 番目) "Selective Detection of Angular-momentum-polarized Auger Electrons by Atomic Stereography", International Conference on Structure of Surfaces, 2014.07.21-25 Coventry, UK
  50. H. Nishikawa, F. Matsui, N. Maejima, H. Matsui, T. Matsushita, M. Shimomura, H. Daimon, "Valence band elemental DOS", International Conference on Structure of Surfaces, 2014.07.21-25 Coventry, UK
  51. R. Horie, (他 7 名 2 番目), "Atomic structure analysis of crystalline oxide film on ZrB<sub>2</sub>(0001) by two-dimensional circularly-polarized-light photoelectron diffraction", Symposium on Surface and Nano Science, 2014.01.15-18 New Furano Prince Hotel, 北海道富良野市
  52. 松井文彦, (他 8 名 1 番目) "3d 金属の LMM Auger 電子回折の円二色性", 日本放射光学会年次会放射光科学合同シンポジウム, 2014.01.11-13 広島国際会議場, 広島県広島市
  53. 松井公佑, 松井文彦, 前島尚行, 松下智裕, 有賀寛子, 朝倉清高, 大門寛, "光電子回折による W 導入脱硫触媒 Ni<sub>2</sub>P の原子構造及び触媒特性評価", 顕微ナノ材料科学研究会放射光表面科学研究合同シンポジウム, 2013.12.26-27 東北大, 宮城県仙台市
  54. 大田拓也, 松井文彦, 藤田将喜, 前島尚行, 松井公佑, 松下智裕, 大門寛, "Ni 薄膜の Auger 電子回折における円二色性", 関西薄膜・表面物理セミナー, 2013.11.30-12.01 グリーンビレッジ交野, 大阪府交野市
  55. F. Matsui, (他 7 名 1 番目), "Photoelectron Diffractions of Exfoliated and Epitaxially Grown Graphenes and Their Subsurface Structures", ACSIN-12, 2013. 11.04-08 つくば国際会議場, 茨城県つくば市
  56. T. Ohta, (他 6 名 2 番目) ""Elongation" of Ni LMM Electron Mean Free Path at Resonant Emission", ACSIN-12, 2013.11.04-08 つくば国際会議場, 茨城県つくば市
  57. H. Nishikawa, F. Matsui, N. Maejima, H. Matsui, T. Matsushita, H. Daimon, "Element Selective Stereophotograph of InSb (001) Surface", ACSIN-12, 2013.11.04-08 つくば国際会議場, 茨城県つくば市
  58. N. Maejima, (他 9 名 2 番目) "Defect Structure Characterization of AlN/SiC(11-20) Interface by Two Dimensional Photoelectron Diffraction Spectroscopy", ICSCRM 2013, 2013.09.29-10.04 Phoenix Seagaia Resort 宮崎県宮崎市
  59. 松井文彦, 大田拓也, 藤田将喜, 前島尚行, 松井公佑, 松下智裕, 大門寛, "Cu LMM 共鳴 Auger 電子回折の円二色性の発現機構", 日本物理学会秋季大会, 2013.09.25-28 徳島大, 徳島県徳島市
  60. 北川哲, 松井文彦, 松下智裕, 松井公佑, 前島尚行, 大門寛, "Auger 電子収量法による Sr<sub>2</sub>FeMoO<sub>6</sub> 単結晶の Fe の L 端 X 線吸収分光", 日本物理学会秋季大会, 2013.09.25-28 徳島大, 徳島県徳島市
  61. 前島尚行, (他 9 名 2 番目) "光電子回折分光法による AlN/SiC(11-20)界面の原子構造解析", 日本物理学会秋季大会, 2013.09.25-28 徳島大, 徳島県徳島市
  62. 松井公佑, 松井文彦, 前島尚行, 松下智裕, 有賀寛子, 朝倉清高, 大門寛, "光電子回折分光法による脱硫触媒 Ni<sub>2</sub>P 及び関連合金表面の原子構造・電子状態解析と触媒活性の相関", 日本物理学会秋季大会, 2013.09.25-28 徳島大, 徳島県徳島市
  63. 大田拓也, 松井文彦, 藤田将喜, 前島尚行, 松井公佑, 松下智裕, 大門寛, "Ni 薄膜の円偏光電子・Auger 電子回折の角度分布", 日本物理学会秋季大会, 2013.09.25-28 徳島大, 徳島県徳島市
  64. R. Horie, (他 7 名 2 番目) "Atomic structure analysis of heteroepitaxially-grown oxide film on ZrB<sub>2</sub> by two-dimensionally circularly-polarized-light photoelectron diffraction", 2013 JSAP-MRS Joint Symposium, 2013.09.16-20 同志社大, 京都府京田辺市
- 〔図書〕(計 2 件)
1. 松井文彦(担当編集) 共立出版、現代表面科学シリーズ第 6 巻 “問題と解説で学ぶ表面科学” 2013、193 ページ
  2. 大門寛・佐々木裕次監修、丸善出版、機能構造科学入門、2016、分担 p9-25
- 〔産業財産権〕
- 出願状況(特許出願中 2 件)
- 名称: コリメータを用いた平行ビーム発生装置及び平行ビーム収束装置
- 発明者・権利者: 松井文彦, 松田博之
- 種類: 特許 番号: 特願 2015-141687
- 出願年月日: 平成 27 年 7 月 15 日
- 国内外の別: 国内
- 同上
- 番号: PCT/JP2016/070744
- 出願年月日: 平成 28 年 7 月 13 日
- 国内外の別: 外国
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
- 松井 文彦 (MATSUI FUMIHIKO)
- 奈良先端科学技術大学院大学・物質創成科学研究科・准教授 研究者番号: 60324977
- (2) 研究分担者・連携研究者・研究協力者
- 該当なし( )