

電子ビーム制御研究部門（極端紫外光研究施設）

松 井 文 彦（主任研究員）（2018 年 4 月 1 日着任）

A-1) 専門領域：表面物性物理学，電子分光計測技術，放射光科学

A-2) 研究課題：

- a) 電子分光装置の新規開発とビームラインの高度化
- b) 光電子回折・分光に関する現象の解明と測定手法開発
- c) 表面電子物性・化学特性にかかわる新奇現象の解明

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ① UVSOR オリジナルの Momentum Microscope (MM) 導入計画推進を主務とする。MM を開発した Forschungszentrum Jülich (FZJ) の電子物性部門 (PGI-6) と学術協定を結び、表面電子物性の共同研究を進めている。MM は空間・波数空間・エネルギーの幅広い範囲での高分解能測定を可能にするユニークな分析器である。電子物性研究に有力な VUV/EUV 領域での高強度・可偏光などといった UVSOR の光源特性を活かした測定機能を実現する MM をデザインし、今年度は FZJ や装置メーカーと打ち合わせを重ね導入を実現した。②他方、受け入れ予定の BL6U では従来型の静電半球分析器に機械式電子軌道ディフレクタを組み合わせた広角取込み角度分解光電子分光システムを完成させ、これを利用した成果が国際学会での招待講演に繋がった。③並行して全天球エネルギー・スピン分析器を考案、特許出願し開発中である。①は価電子帯光電子分光用の high-end 型，②は汎用型の波数分解光電子分光装置，③は内殻光電子ホログラフィー用の角度・スピン分解光電子分光装置という位置づけである。
- b) 連続的なエネルギー可変性が放射光の最大の特徴である。BL6U は軟X線領域（45–700 eV）をカバーする直線偏光ビームラインである。① UVSOR の測定系チームとともに光学系のオゾン洗浄を行い、分子科学で重要となる C 吸収端の光を供給できるようにした。元素選択的な共鳴励起によって価電子帯の原子軌道構成を解明できる共鳴光電子分光の実験を成功させた。また、吸収端にてグラファイトの π バンドが選択的に励起される様子を波数空間上で可視化したが、共鳴 Auger 電子スペクトルに価電子帯分散があらわれる現象の発見は重要であり国際学会で招待講演の内容となった。②光エネルギー可変性を活かし k_z 分散測定や偏光特性を活かした原子軌道波動関数解析の知見は BL6U での共同研究推進の基盤となっている。
- c) 光電子回折・分光を用いて Mo_4O_{11} や層状物質など低次元物質の電子構造相転移の研究している。層状物質は容易に劈開でき、その表面の電子状態の研究が盛んであるが、劈開容易面とバルクの平均構造は全く別物であることをいくつかの系について明らかにしてきた。試料作製・物性評価グループとの共同研究を進め、アルカリ金属ドーブ系など嫌気性の試料を取り扱い、上述のビームラインで測定できる装置を構築した。

B-1) 学術論文

F. MATSUI, S. MAKITA, H. MATSUDA, T. OHIGASHI, H. YAMANE and N. KOSUGI, “Identification of Twinning-Induced Edges on the Cleaved Graphite Crystal Surface,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **88**, 114704 (3 pages) (2019).

F. MATSUI, K. YASUDA, N. MAEJIMA, H. MATSUI, T. MATSUSHITA and H. DAIMON, “Chemical and Magnetic Properties of Polycrystalline Iron Surface Revealed by Auger Electron Holography, Spectroscopy, and Microscopy,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, 110602 (8 pages) (2019).

T. KINOSHITA, T. MURO, T. MATSUSHITA, H. OSAWA, T. OHKOCHI, F. MATSUI, H. MATSUDA, M. SHIMOMURA, M. TAGUCHI and H. DAIMON, “Progress in Photoelectron Holography at SPring-8,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **58**, 110503 (11 pages) (2019).

D. Y. USACHOV, A. V. TARASOV, F. MATSUI, M. MUNTWILER, K. A. BOKAI, V. O. SHEVELEV, O. Y. VILKOV, M. V. KUZNETSOV, L. V. YASHINA, C. LAUBSCHAT, A. COSSARO, L. FLOREANO, A. VERDINI and D. V. VYALIKH, “Decoding the Structure of Interfaces and Impurities in 2D Materials by Photoelectron Holography,” *2D Materials* **6**, 045046 (2019).

E. UESUGI, T. UCHIYAMA, H. GOTO, H. OTA, T. UENO, H. FUJIWARA, K. TERASHIMA, T. YOKOYA, F. MATSUI, J. AKIMITSU, K. KOBAYASHI and Y. KUBOZONO, “Fermi Level Tuning of Ag-Doped Bi₂Se₃ Topological Insulator,” *Sci. Rep.* **9**, 5376 (8 pages) (2019).

H. YAMANE, F. MATSUI, T. UEBA, T. HORIGOME, S. MAKITA, K. TANAKA, S. KERA and N. KOSUGI, “Acceptance-Cone-Tunable Electron Spectrometer for Highly-Efficient Constant Energy Mapping,” *Rev. Sci. Instrum.* **90**, 093102 (7 pages) (2019).

M. TAGUCHI, F. MATSUI, N. MAEJIMA, H. MATSUI and H. DAIMON, “Disorder and Mixed Valence Properties of Sr₂FeMoO₆ Studied by Photoelectron Diffraction and X-Ray Absorption Spectroscopy,” *Surf. Sci.* **684**, 53–56 (2019).

T. GREBER, A. P. SEITSONEN, A. HEMMI, J. DREISER, R. STANIA, F. MATSUI, M. MUNTWILER, A. A. POPOV and R. WESTERSTRÖM, “Circular Dichroism and Angular Deviation in X-Ray Absorption Spectra of Dy₂ScN@C₈₀ Single-Molecule Magnets on *h*-BN/Rh(111),” *Phys. Rev. Mater.* **3**, 014409 (5 pages) (2019).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

Y. FUJITA, H. OTA, T. MATSUSHITA, T. MURO, Y. SENBA and F. MATSUI, “Mapping Nanometer and Micrometer-Scale Structures at Graphite Surface by Photoelectron Diffraction,” *Surf. Interface Anal.* **51**, 74–78 (2019).

Y. HASHIMOTO, M. TAGUCHI, S. FUKAMI, H. MOMONO, T. MATSUSHITA, H. MATSUDA, F. MATSUI and H. DAIMON, “Site-Sensitive X-Ray Photoelectron Spectroscopy of Fe₃O₄ by Photoelectron Diffraction,” *Surf. Interface Anal.* **51**, 115–119 (2019).

B-3) 総説, 著書

R. EGUCHI and F. MATSUI, “Graphite and Intercalated Compound Superconductors: Atomic and Electronic Structures,” in *Physics and Chemistry of Carbon-Based Materials: Basis and Applications*, Y. Kubozono, Ed., Springer Nature; Singapore Pte Ltd., Chapter 1, pp. 1–28 (2019).

B-4) 招待講演

F. MATSUI, “Resonant Auger electron diffraction and resonant photoelectron spectroscopy,” ALC’19, Kyoto (Japan), October 2019.

B-5) 特許出願

特願 2019-190516,「球面収差調整カソードレンズ, 球面収差補正静電型レンズ, 電子分光装置, 及び光電子顕微鏡」, 松田博之, 松井文彦(自然科学研究機構), 2019年.

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

表面構造に関する国際学会 ICSOS 国際アドバイザー委員 (2017-).

12th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '19 出版委員 (2018-2020).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会マイクロビームアナリシス第 141 委員会企画幹事 (2014-).

学会誌編集委員

日本表面真空学会出版委員 (2013-).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B),「軌道磁気量子数計測法の確立と低次元電子物性研究への応用」, 松井文彦 (2017年-2020年).

科研費新学術領域研究(研究領域提案型),「3D活性サイト科学のプラットフォーム構築による総括と研究支援」(代表: 大門寛), 松井文彦(研究分担者) (2014年-2019年).

科研費新学術領域研究(研究領域提案型),「3D活性サイト科学の海外拠点・国際ネットワーク構築」(代表: 大門寛), 松井文彦(研究分担者) (2015年-2019年).

科研費新学術領域研究(研究領域提案型),「顕微光電子ホログラフィーによる活性サイトの時間分解3D原子イメージング」(代表: 木下豊彦), 松井文彦(研究分担者) (2014年-2019年).

科研費国際共同研究加速基金(国際共同研究強化(B)),「光電子波数顕微鏡法で切り拓くナノスピン・オービトロニクス」(代表: 解良 聡), 松井文彦(研究分担者) (2019年-2022年).