

様式 F - 7 - 3

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実施状況報告書（研究実施状況報告書）（平成28年度）

1. 機関番号

1	4	6	0	3
---	---	---	---	---

 2. 研究機関名 奈良先端科学技術大学院大学

3. 研究種目名 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化） 4. 補助事業期間 平成28年度～平成29年度

5. 課題番号

1	5	K	K	0	1	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

6. 研究課題名 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（国際共同研究強化）

7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
6 0 3 2 4 9 7 7	マツイ フミヒコ 松井 文彦	物質創成科学研究科	准教授

8. 主たる外国機関と海外共同研究者の状況

渡航期間	渡航先国名	渡航先外国機関名	主な海外共同研究者名	部局・職名
2016年6月29日 ～ 2016年8月4日	スイス	Paul Scherrer Institut, Swiss Light Source	Matthias Muntwiler	Beamline Scientist
2016年8月9日 ～ 2016年9月30日	スイス	University of Zurich, Physik I Institut	Matthias Muntwiler	Beamline Scientist

9. 研究実績の概要

私たちは、結晶試料から放出される電子の全方位角度分布（ホログラム）に様々な物理現象発現や固体物性の情報が記録されている点に注目し、表面磁気相転移をはじめとする表面電子物性を研究している。本国際共同研究では、実験拠点（スイス新規光電子回折ビームライン[PEARL]）にて新たに見出された新規物理現象解明と光電子ホログラムの高効率投影型分析器[PESCATORA]開発を軸に、原子レベルでの表面・界面物性研究を推進することを目的とする。本年は夏から秋にかけ3カ月スイスに滞在し、共同研究を進めた。

(1) 3年に一度開催されている国際会議VUVX2016がチューリッヒETHで開催された。実行委員に知己が多いこともあり、局所原子構造・電子状態の研究に関するサテライトワークショップを主催する機会を得た。チューリッヒ大学を会場に国際ワークショップを共同開催し、関連する欧米各国の研究者に呼びかけ研究交流を行った。

(2) 光電子回折ビームラインの光軸・分析器調整を進め、光電子回折の共同実験を成功させた。分析器開発で得ていた知見がこの調整作業に役立ち、光軸のずれの評価と光学系最適化を行った。その結果角度分解能とエネルギー分解能の向上を達成し、信頼性のある光電子回折測定が日常的に進められるようになった。

(3) PESCATORA設置の真空ポートを決定し、それに合わせ分析器の製作を進めた。出口スリットの代わりにコリメータを用いた新原理に基づく飛行機でも可搬の手のひらサイズの小型分析器を開発・製作。単結晶グラフアイトからの電子回折模様とAugerスペクトルの取得を通じ、新規分析器の実証実験に成功した。2016年7月に国際特許を申請した。

(4) エネルギー損失電子回折の理論研究を共同で進めてきたドイツハレ大学やMax Planck Instituteのスタッフらとも引き続き研究交流を続けている。

10. キーワード

(1) 表面・界面物性	(2) 光電子回折	(3) 電子分析器	(4) 電子物性
(5) 非弾性散乱	(6)	(7)	(8)

11. 現在までの進捗状況

(区分)(2) おおむね順調に進展している。

(理由)

- (1) 今回受け入れ機関の担当者Dr. Muntwilerと共同開催した国際ワークショップ「Local 3D atomic and electronic structure imaging of functionally active sites」の開催は想定以上の成功であった。二人で以前参加した表面構造に関する国際会議ICSOS-2014の議長を務めたWoodruff教授やFadley教授らをkeynote lecturerとして招いた。2017年7月にアトランタで開かれる国際会議ICSOS-2017に招待講演者として招かれている。
- (2) ビームラインの調整が成功したことを受け、他のユーザーの実験も順調に進んでいる。2017年3月に実験課題申請を行い、現在審査中である。
- (3) 新規分析器の調整を行っている。国際特許申請PCT出願[静電レンズ、並びに、該レンズと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]を行い、すべての項目について新規性を認める国際調査報告・見解書を頂いた。
- (4) エネルギー損失電子回折のネガコントラスト模様発現機構の解明の糸口が見いだせた。MoSe₂を用いた実験で光エネルギーを変化させると元素別の回折模様の比が大きく変わっていくことを見出した。また2H積層構造のステップレスの劈開表面を得ることに成功し、ネガコントラスト模様の対称性の観測から発現機構の特定につながるヒントを得た。

12. 今後の研究の推進方策 等

(今後の推進方策)

- (1) 2017年3月にスイス放射光施設光電子回折ビームラインPEARLに課題申請を3件行った。現在、審査中である。8月下旬から9月上旬にかけビームタイムの希望を出している。SiC表面パッシベーション、グラフェン、酸化チタン表面の実験を予定している。前後の期間併せて2カ月ほど滞在を行う予定である。
- (2) 分析器の設置を進める。現在PEARLの真空ポートに合わせ直線導入ステージを入手し、この上に分析器の構築を進めている。
- (3) エネルギー損失電子回折の実験データ解析ができているので論文文化を進める。

平成29年度のエフォート

10 %

(課題番号: 15KK0167)

(注)・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

13. 研究発表 (平成 28 年度の研究成果)

〔雑誌論文〕 計 (5) 件 / うち査読付論文 計 (5) 件 / うち国際共著 計 (1) 件 / うちオープンアクセス 計 (2) 件

著者名		論文標題				
F. Matsui, R. Eguchi, S. Nishiyama, M. Izumi, E. Uesugi, H. Goto, T. Matsushita, K. Sugita, H. Daimon, Y. Hamamoto, I. Hamada, Y. Morikawa, Y. Kubozono		Photoelectron Holographic Atomic Arrangement Imaging of Cleaved Bimetal-intercalated Graphite Superconductor Surface				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Scientific Reports	有	6	2016	36258-1-10	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1038/srep36258						
オープンアクセス						
オープンアクセスとしている (また、その予定である)						

著者名		論文標題				
N. Maejima, M. Horita, H. Matsui, T. Matsushita, H. Daimon, F. Matsui		Interfacial atomic site characterization by photoelectron diffraction for 4H-AlN/4H-SiC(11-20) heterojunction				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Japanese Journal of Applied Physics	有	55	2016	085701-1-4	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.7567/JJAP.55.085701						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

著者名		論文標題				
M. Muntwiler, J. Zhang, R. Stania, F. Matsui, P. Oberta, U. Flechsig, L. Patthey, C. Quitmann, T. Glatzel, R. Widmer, E. Meyer, T. A. Jung, P. Aebi, R. Fasel, T. Greber		Surface science at the PEARL beamline of the Swiss Light Source				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Journal of Synchrotron Radiation	有	24	2017	354-366	該当する	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1107/S1600577516018646						
オープンアクセス						
オープンアクセスとしている (また、その予定である)						

(課題番号: 15KK0167)

(注)・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

(3/7)

著 者 名		論 文 標 題				
D. Oka, Y. Hirose, F. Matsui, H. Kamisaka, T. Oguchi, N. Maejima, H. Nishikawa, T. Muro, K. Hayashi, T. Hasegawa		Strain Engineering for Anion Arrangement in Perovskite Oxynitrides				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
ACS Nano	有	11	2 0 1 7	3860-3866	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1021/acsnano.7b00144						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

著 者 名		論 文 標 題				
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				
雑 誌 名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
触媒	有	39	2 0 1 7	76-81	-	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
なし						
オープンアクセス						
オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難						

〔学会発表〕 計(7)件/うち招待講演 計(3)件/うち国際学会 計(3)件

発 表 者 名		発 表 標 題	
松井文彦		光電子回折によるサイト選択的分光研究	
学 会 等 名	発 表 年 月 日	発 表 場 所	
日本物理学会第72回年次大会領域5 シンポジウム (招待講演)	2017年03月17日 ~ 2017年03月20日	大阪大学豊中キャンパス、大阪府豊中市	

発表者名	発表標 題	
F. Matsui, T. Kinoshita, T. Muro, T. Matsushita, M. Taguchi, H. Matsuda, Y. Kubozono, H. Daimon	Atom Holographic Imaging and Orbital Characterization by Photoelectron Diffraction	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
MAX-IV User meeting 2017 (国際学会)	2017年03月13日 ~ 2017年03月15日	MAX-IV Lund, Sweden

発表者名	発表標 題	
松井文彦	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	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
第30回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム (招待講演)	2017年01月07日 ~ 2017年01月09日	神戸幻術センター、兵庫県神戸市

発表者名	発表標 題	
松井文彦	光電子ホログラフィーの原子層科学への応用	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
物性研短期研究会「原子層上の活性サイトで発現する局所機能物性」	2016年12月20日 ~ 2016年12月21日	東京大学物性研究所、千葉県柏市

発表者名	発表標 題	
松井文彦	軌道磁気量子数計測：現象解明と手法応用	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
2016真空・表面科学合同講演会 (招待講演)	2016年11月29日 ~ 2016年12月01日	名古屋国際会議場、愛知県名古屋市

発表者名	発表標 題	
F. Matsui, H. Ota, Y. Hashimoto, H. Daimon, T. Matsushita, M. Muntwiler	Site-specific valence atomic orbital characterization of magnetic surface by angular-momentum-polarized Auger electrons	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
VUV2016 (国際学会)	2016年07月04日 ~ 2016年07月08日	ETH Zurich, Switzerland

発表者名	発表標 題	
F. Matsui	Diffraction Spectroscopy as an alternative way of using photoelectron diffraction	
学 会 等 名	発表年月日	発 表 場 所
Local 3D atomic and electronic structure imaging of functionally active sites (VUVX2016 satellite symposium) (国際学会)	2016年06月30日	Univ. Zurich, Switzerland

〔図書〕 計(1)件

著 者 名	出 版 社		
監修：大門寛、佐々木裕次 2章分担：松井文彦、松下智裕、林好一	丸善出版		
書 名	発行年	総ページ数	
機能構造科学入門 - 3D活性サイトと物質デザイン	2016	166	

14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

〔出願〕 計(1)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別
静電レンズ、並びに、該レンズとコリメータ用いた平行ビーム発生装置及び平行ビーム収束装置を	松井文彦、松田博之	同左	特許、 PCT/JP2016/070744	2016年07月13日	外国

〔取得〕 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

15. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計(1)件

国際研究集会名	開催年月日	開催場所
Local 3D atomic and electronic structure imaging of functionally active sites (VUVX2016 satellite)	2016年06月30日～2016年06月30日	Univ. Zurich, Switzerland

16. 備考

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科グリーンナノシステム研究室
<http://mswebs.naist.jp/LABs/matui/index-j.html>