

様 式 Z - 7

平成 2 7 年度科学研究費助成事業 実績報告書 (研究実績報告書)

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 基盤研究(B) (一般) 4. 研究期間 平成 2 5 年度 ~ 平成 2 8 年度
5. 課題番号

2	5	2	8	7	0	7	5
---	---	---	---	---	---	---	---
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

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. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名

9. 研究実績の概要

最近私たちは、結晶中の自由電子の非弾性散乱過程に光電子回折とは逆の吸収過程があり、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観察されることを発見した。この「逆光電子回折」による新規原子配列解析法の開発と応用展開が当課題の目標である。

1 2H積層構造を前提に多くの電子状態計算の研究がされているMoS₂やMoSe₂が光電子回折の測定から明瞭に3R積層構造を持つことが示された。反転対称性が破れる系で、前者は六回対称、後者は三回対称の光電子回折模様が得られる。エネルギー損失電子角度分布の時間反転によるネガコントラスト生成機構を解明する際、空間反転があるかどうか決定するために利用することができる。系統的な測定の結果、ネガコントラスト生成機構では空間反転はないことを見出した。これは吸収過程によって本来の光電子波動関数が消滅し、その分がネガコントラストとなることを示唆する。

2 SiC/絶縁体界面の欠陥準位を解消するのに有効なN原子の局所構造について調べてきた。N原子は界面原子層の一部のC原子を置換しており、バルク・表面原子の数に比してわずかな量である。その光電子角度分布を解析する際、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ことが示された。

3 新しい12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)の特許出願を行った。

4 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まとめた論文がZ. Physik. Chem.誌に受理された。2016年度初頭に出版された。

10. キーワード

- (1) 表面・界面構造 (2) 表面・界面物性 (3) 光電子回折 (4) Auger電子
 (5) 二次電子 (6) 非弾性散乱 (7) (8)

(注) ・印刷に当たっては、A 4 判 (縦長) ・両面印刷すること。

(1 / 9)

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 SPring-8にて様々な試料について光電子回折測定を進めた。解析にてエネルギー損失電子角度分布の知見が役立っている。
- 2 新分析器のコリメータを改良し、アスペクト比(1:10)を保ちながら1 mmの厚さのものの作製に成功した。角度・エネルギー分解能向上と検出ムラ軽減が見込める。
- 3 建設協力を行ってきたスイス放射光施設の光電子回折ビームラインのユーザーとしての利用も三年目に入り、二度のビームタイム配分を受けた。Fe304やTiO2のAuger電子回折の円二色性とエネルギー損失電子回折のデータを系統的に取得した。Fe304のビームタイム申請では提案中最上位の評価を得ている。

12. 今後の研究の推進方策 等

(今後の推進方策)

- 国際共同研究強化の支援を受け、当課題の成果を基にした海外展開を進める。研究室のメンバー（研究代表者と配属学生3名、うち博士後期課程1名、二期生3名は無事卒業）に新規に学生2名配属される予定である。この新規体制で次の3課題に取り込む。
- 1 新規小型分析器の高度化に取り組む。SPring-8およびスイス放射光施設にて実践的研究を進める。
 - 2 SPring-8 BL25SU2次元光電子分光装置での実験：長期利用課題が採択された。共同実験者から試料を受け、光電子回折の実験を進める。
 - 3 これまで測定・解析してきたデータが論文化されている。引き続き論文化に注力する。

(次年度使用額が生じた理由と使用計画)

(理由)

27年度は2回計上していた放射光施設(SPring-8)利用費を共同研究者に負担していただいた。SPring-8への旅費に充てることができ、また基金助成金132,870円の次年度使用予算が生じた。

(使用計画)

学会参加費として国内では5万円(1回)、海外では30万円(1回)を計上しているが、国内での複数回の学会参加費・旅費と論文掲載費の追加に上記予算を充てる。

(課題番号： 25287075)

(注) ・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

(2 / 9)

13. 研究発表(平成27年度の研究成果)

(雑誌論文) 計(4)件/うち査読付論文 計(4)件/うち国際共著論文 計(1)件/うちオープンアクセス 計(2)件

著者名		論文標題				
Kenji Sugita, Naoyuki Maejima, Hiroyuki Nishikawa, Tomohiro Matsushita, Fumihiko Matsui		Development of Micro-Photoelectron Diffraction at SPring-8 BL25SU				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	有	14	2016	59-62	-	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)						
10.1380/ejsnt.2016.59						
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				
Rie Horie, Fumihiko Matsui, Hiroshi Daimon, Masaru Takizawa, Hidetoshi Namba, Shigeki Otani, Takashi Aizawa		Atomic-Orbital Analysis of ZrB ₂ Valence-Band by Two-Dimensional Photoelectron Spectroscopy				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	有	13	2015	324-328	-	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)						
10.1380/ejsnt.2015.324						
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				
Hirosuke Matsui, Fumihiko Matsui, Naoyuki Maejima, Tomohiro Matsushita, Hiroshi Daimon		Stacking registry determination of graphene grown on the SiC(0001) by photoelectron holography				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Surface Science	有	635	2015	65702	-	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)						
10.1016/j.susc.2014.11.027						
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						

(課題番号: 25287075)

(注)・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

著者名		論文標題				
Fumihiko Matsui, Naoyuki Maejima, Hirotsuke Matsui, Hiroaki Nishikawa, Hiroshi Daimon, Tomohiro Matsushita, Matthias Muntwiler, Roland Stania, Thomas Greber		Circular Dichroism in Cu Resonant Auger Electron Diffraction				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Zeitschrift für Physikalische Chemie	有	230	2016	519-535	該当する	
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)						
10.1515/zpch-2015-0665						
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(17)件/うち招待講演 計(5)件/うち国際学会 計(9)件

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3次元局所原子構造:層状物質を例に	
学会等名	発表年月日	発表場所
第29回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム企画講演(招待講演)	2016年01月09日 ~ 2016年01月11日	東京大学物性研(千葉県柏市)

発表者名	発表標題	
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・エネルギー分析器の開発	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会第71回年次大会	2016年03月19日 ~ 2016年03月22日	東北学院大学(宮城県仙台市)

発表者名	発表標題	
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ドーブSrTiO ₃ 光触媒の原子構造解析	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会第71回年次大会	2016年03月19日 ~ 2016年03月22日	東北学院大学(宮城県仙台市)

(課題番号: 25287075)

(注)・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

(4/9)

発表者名	発表標題	
深見駿, 鈴木拓, 安達裕, 渡邊賢, 坂口勲, 田口宗孝, 辻川大地, 吉田泰輔, 橋本雄介, 李美希, 室隆桂之, 松下智裕, 松井文彦, 大門寛	二次元光電子分光による, WドーピングZnO半導体の表面構造解析	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会第71回年次大会	2016年03月19日 ~ 2016年03月22日	東北学院大学(宮城県仙台市)

発表者名	発表標題	
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 ₂ 単結晶表面の局所構造解析	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会第71回年次大会	2016年03月19日 ~ 2016年03月22日	東北学院大学(宮城県仙台市)

発表者名	発表標題	
Fumihiko Matsui	3D Atomic Structure Imaging of Superconductors and Magnetic Materials by Photoelectron Holography	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Symposium on Advanced Materials Having Multi-Degrees of Freedom(招待講演)(国際学会)	2015年11月02日 ~ 2015年11月03日	熊本大学(熊本県熊本市)

発表者名	発表標題	
滝沢優, 橋本由介, 辻川大地, 深見駿, 吉田泰輔, 前島尚行, 松田博之, 北川哲, 田口宗孝, 松井文彦, 大門寛, 大串研也	二次元光電子分光によるBaFe ₂ As ₂ の電子状態解析	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会2015年秋季大会	2015年09月16日 ~ 2015年09月19日	関西大学(大阪府吹田市)

発表者名	発表標題	
深見駿, 田口宗孝, 橋本由介, 吉田泰輔, 辻川大地, 李美希, 松田博之, 松井文彦, 大門寛	二次元表示型顕微光電子回折分光器DELMA(Display-type Ellipsoidal Mesh Analyzer)の開発	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会2015年秋季大会	2015年09月16日 ~ 2015年09月19日	関西大学(大阪府吹田市)

発表者名	発表標題	
Fumihiko Matsui	Atomic-Orbital-Excited Diffraction as Local Electronic Property Analysis Method	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会2015年秋季大会領域9, 領域5合同シンポジウム(招待講演)	2015年09月16日 ~ 2015年09月19日	関西大学(大阪府吹田市)

発表者名	発表標題	
Yusuke Hashimoto, Munetaka Taguchi, Fumihiko Matsui, Hiroyuki Matsuda, Tomohiro Matsushita, Hiroshi Daimon	Atomic Site Separation of XMCD Spectra by Forward Focusing Peaks on Resonance Auger Electron Diffraction Patterns of Magnetite	
学会等名	発表年月日	発表場所
10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15(国際学会)	2015年10月25日 ~ 2015年10月30日	くにびきメッセ(島根県松江市)

発表者名	発表標題	
Fumihiko Matsui, Tomohiro Matsushita, Hiroshi Daimon	3D Atomic Structure Analysis around Active-Site Atoms by Photoelectron Holography	
学会等名	発表年月日	発表場所
10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15(招待講演)(国際学会)	2015年10月25日 ~ 2015年10月30日	くにびきメッセ(島根県松江市)

発表者名	発表標題	
Fumihiko Matsui, Saki Nishiyama, Kenji Sugita, Eri Uesugi, Ritsuko Eguchi, Hidenori Goto, Hirotsuke Matsui, Naoyuki Maejima, Hiroaki Nishikawa, Tomohiro Matsushita, Yoshihiro Kubozono	3D Atomic Structure Imaging of Graphene and Graphite Intercalated Superconductors by Photoelectron Holography	
学会等名	発表年月日	発表場所
10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15(国際学会)	2015年10月25日 ~ 2015年10月30日	くにびきメッセ(島根県松江市)

発表者名	発表標題	
Kenji Sugita, S. Nishiyama, E. Uesugi, R. Eguchi, N. Maejima, H. Nishikawa, T. Matsushita, Y. Kubozono, F. Matsui	Development of Micro-Photoelectron Diffraction and Mobile Sample Chamber for Investigation of Graphite Intercalated Compounds	
学会等名	発表年月日	発表場所
10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15(国際学会)	2015年10月25日 ~ 2015年10月30日	くにびきメッセ(島根県松江市)

発表者名	発表標題	
Hiroshi Ota, Hirotsuke Matsui, Tomohiro Matsushita, Fumihiko Matsui	Separation of Surface- and Bulk-Specific Ti L-Edge XANES Spectra of Rutile and Anatase Surfaces	
学会等名	発表年月日	発表場所
10th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices '15(国際学会)	2015年10月25日 ~ 2015年10月30日	くにびきメッセ(島根県松江市)

発表者名	発表標題	
Yusuke Hashimoto, Munetaka Taguchi, Fumihiko Matsui, Tomohiro Matsushita, Hiroshi Daimon	Site Selective X ray Absorption Spectroscopy of Magnetite at Room Temperature	
学会等名	発表年月日	発表場所
International Conference on Electron Spectroscopy and Structure (ICESS-15)(国際学会)	2015年09月28日 ~ 2015年10月02日	Stony Brook University, USA

発表者名	発表標題	
Fumihiko Matsui, Naoyuki Maejima, Hirosuke Matsui, Hiroaki Nishikawa, Hiroshi Daimon, Tomohiro Matsushita, Matthias Muntwiler, Roland Stania, Thomas Greber	Circular dichroism in resonant Auger electron diffraction: Principle and Applications	
学会等名	発表年月日	発表場所
588. WE-Heraeus-Seminar on 'Element Specific Structure Determination in Materials on Nanometer and Sub-Nanometer Scales using modern X-Ray and Neutron Techniques' (国際学会)	2015年04月26日 ~ 2015年04月30日	Physikzentrum Bad Honnef, Germany

発表者名	発表標題	
Hirosuke Matsui, Fumihiko Matsui, Naoyuki Maejima, Tomohiro Matsushita, Hiroshi Daimon	3D atomic structure analysis around specific atoms by photoelectron holography --- Graphene on SiC	
学会等名	発表年月日	発表場所
588. WE-Heraeus-Seminar on 'Element Specific Structure Determination in Materials on Nanometer and Sub-Nanometer Scales using modern X-Ray and Neutron Techniques' (招待講演) (国際学会)	2015年04月26日 ~ 2015年04月30日	Physikzentrum Bad Honnef, Germany

(図書) 計(0)件

著者名	出版社		
書名	発行年	総ページ数	

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
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	松井文彦、松田博之	同左	特許、特願2015-141687	2015年07月15日	国内

(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(0)件

国際研究集会名	開催年月日	開催場所

16. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

(1) 国際共同研究: 国際共同研究である

共同研究相手国	相手方研究機関			
スイス連邦	チューリッヒ大学物理学科	Paul Scherrer Institut	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-				

17. 備考

奈良先端大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>