

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01812

研究課題名(和文)原子間力顕微鏡を用いたアナターゼTiO<sub>2</sub>とナノクラスターの触媒活性に関する研究研究課題名(英文) Study of Catalytic Activity of Anatase TiO<sub>2</sub> and its Nano-cluster Using Atomic Force Microscopy

研究代表者

阿部 真之 (Masayuki, Abe)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・教授

研究者番号：00362666

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：金を担持したアナターゼTiO<sub>2</sub>表面を近接場光学顕微鏡で測定した結果、近クラスタからの応答が少なく、クラスタが大きくなるほどその傾向が強まることがわかった。この現象を詳細に調べるためにポンプロープ法を用いたが、応答は得られなかった。実験系を再検討し、引き続き実験を進める。また、高速原子間力顕微鏡で光触媒効果を観察し、金ナノ粒子がTiO<sub>2</sub>表面で脂質の分解を促進していることを確認した。紫外線照射前に焼成することで、Auの消失を防げることもわかった。さらに、AIを使った新しい物性計測技術を開発し、特定の原子でのI-V曲線測定に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の社会的意義は、環境浄化やエネルギー変換技術の向上に大きく貢献する点にある。金を担持したTiO<sub>2</sub>表面の光触媒効果の詳細な解析により、効率的な分解メカニズムが解明され、環境汚染物質の除去技術の向上が期待される。また、AIを駆使した新しい物性計測技術の開発により、材料科学分野における精密な解析が可能となり、新規材料の設計や評価が迅速化される。これにより、持続可能な社会の実現と産業技術の革新に大きく寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Near-field optical microscopy of gold-loaded anatase TiO<sub>2</sub> surfaces showed that the response from near clusters was small and became more so as the clusters became larger. A pump-probe method was used to investigate this phenomenon in detail, but no response was obtained. We will reexamine the experimental system and continue the experiment. The photocatalytic effect was observed by high-speed atomic force microscopy, and it was confirmed that gold nanoparticles promote lipid degradation on the TiO<sub>2</sub> surface. It was also found that the loss of Au could be prevented by calcination prior to UV irradiation. Furthermore, we developed a new technique for measuring physical properties using AI and succeeded in measuring I-V curves at specific atoms.

研究分野：走査型プローブ顕微鏡

キーワード：非接触原子間力顕微鏡 走査型トンネル顕微鏡 高速原子間力顕微鏡 パルスレーザー堆積法 光触媒  
金属酸化物 TiO<sub>2</sub> アナターゼ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )は実用化されている唯一の光触媒材料である。結晶構造の違いから、アナターゼ型とルチル型に分類され、アナターゼ  $\text{TiO}_2$  が 10 倍程高い触媒活性を示すことが知られている。両者の活性の違いは、電子バンド構造や光励起キャリアダイナミクスの違いに起因すると考えられている。これまでアナターゼ  $\text{TiO}_2$  の特性解明に関する研究は、光電子分光や赤外線吸収分光を用いたマクロな特性を平均化した研究が多かった。また、測定に使用される試料は粉末を用いたものがほとんどであった。

$\text{TiO}_2$  の特性解明の重要なアプローチの一つとして、走査型トンネル顕微鏡 (STM) や非接触原子間力顕微鏡 (NC-AFM)、ケルビンプローブ力 (ちから) 顕微鏡 (KPFM) といった走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を用いた、原子からナノレベルでの研究手法がある。これまで、原子分解能 SPM を用いて、ルチル  $\text{TiO}_2$  (110) 表面の構造や電子状態、欠陥、さらに帯電の分布 (本申請では電荷状態と表現する) などが原子レベルで明らかになっている。

一方、アナターゼ  $\text{TiO}_2$  表面における STM もしくは NC-AFM による原子レベルでの先行研究はあるが、ルチル  $\text{TiO}_2$  ほど活発に行われていない。この理由は、アナターゼ  $\text{TiO}_2$  の SPM 測定用試料の作製が非常に困難で、再現性のある実験ができなかったためである。さらに、 $\text{TiO}_2$  の触媒活性は表面上に存在する欠陥や蒸着された金属ナノクラスター (以下、ナノクラスターと表現する) によって効果が劇的に変化するが、触媒活性を引き出す電荷状態をアナターゼ  $\text{TiO}_2$  で原子レベルで観察した例はなかった。

### 2. 研究の目的

最先端の SPM 技術を駆使し、欠陥の状態が制御されている  $\text{TiO}_2$  清浄表面が、外場と相互作用した場合にどのように働くのかを、原子～サブミクロンレベルで系統的に明らかにすることを目指した。具体的には、以下の3点の課題を行った。

#### (1) 欠陥や構造を制御した $\text{TiO}_2$ 清浄表面の実現

研究代表者が保有する表面清浄化技術と駆使して様々な  $\text{TiO}_2$  清浄表面を実現する。

#### (2) 原子分解能による $\text{TiO}_2$ 清浄表面の原子レベル解析

原子分解能 NC-AFM および STM を用いて、局所構造解析と局所電子状態解析を行う。原子レベルでの研究では計算科学との連携が不可欠である。必要に応じて理論研究者と連携し、 $\text{TiO}_2$  清浄表面の構造と電子状態の関係を明らかにする。

#### (3) 外場印加型ビデオレート高速 AFM による $\text{TiO}_2$ 光触媒反応ダイナミクス観察

上記で測定した  $\text{TiO}_2$  表面が、反応場においてどのような機能を示すのかを、ビデオレートで動作する高速 AFM を用いて測定する。例えば、紫外線を照射しながら高速 AFM 測定を行い、光触媒材料表面でどのような反応と構造変化が起こっているのかを可視化する。

### 3. 研究の方法

パルスレーザー堆積法 (PLD) と NC-AFM、STM を組み合わせた複合装置、および生きた生体試料の観察が可能な高速 AFM の技術を駆使し、欠陥の状態が制御されている  $\text{TiO}_2$  清浄表面が、外場と相互作用した場合にどのように働くのかを、原子からサブミクロンレベルで系統的な実験を実施した。具体的には、欠陥や構造を制御した  $\text{TiO}_2$  清浄表面の実現を行い、原子分解能による  $\text{TiO}_2$  清浄表面の原子レベル解析を原子分解能 NC-AFM および STM を用いて行った。さらに、外場印加型高速 AFM による光触媒反応のダイナミクス観察をビデオレートで動作する高速 AFM を用いて測定した。

### 4. 研究成果

#### (1) $\text{TiO}_2$ (110)-(1x2) 表面における NC-AFM/STM 高分解能測定

ルチル型  $\text{TiO}_2$  表面において (1x2) 表面構造における詳細な解析を行った。具体的には、NC-AFM によるリンク構造の超高分解能測定、水に対する反応性の確認を、STM を用いて行った。(1x2) 構造は (1x1) 構造にくらべて水に対する反応性が非常に低いことがわかった。また、 $\text{TiO}_2$  (110)-(1x2) 表面上に存在する局所構造のうち、[001] 方向に生じる線欠陥は水との反応性がなく、非常に得意な性質を示す。そこで、ケルビンプローブ力顕微鏡をこの表面で行った結果、周辺よりも負に帯電している傾向があり、その影響は最隣接するダイマー列にまで及んでいることがわかった。線欠陥は酸素が抜け出たか配置が変化することで生じていると考え、理論研究者との共同

研究（第一原理計算）によって、酸素欠陥の位置を特定した。

#### （２）TiO<sub>2</sub>表面における高速原子間力顕微鏡を用いた光触媒効果実験

高速原子間力顕微鏡を用いて光触媒効果に関して、構造の異なる二種類の脂質膜を用いた分解過程の観察も行った。続いて蛍光試薬を用いて、脂質が酸化すると生成されるといふ脂質ラジカルの発生についての実証実験を行った。その結果、光触媒基板上で脂質膜が分解する全過程の可視化し、さらに TiO<sub>2</sub>表面のナノ構造であるシングルステップとテラスには分解する速度に大きな違いが見られないことを見出した。TiO<sub>2</sub>上に展開した二種類の脂質膜の体積は時間とともに減少する様子が見られたが、分解速度には差が存在していることを発見した。蛍光測定においては紫外線を照射したものとしなかったものとは、蛍光強度の上昇に有意な差が見られたため、脂質ラジカルの発生を実証した。また、比較実験として、SrTiO<sub>3</sub>(100)表面の光触媒の効果調べるために、表面に脂質二重膜を展開し、紫外線を導入して高速 AFM 測定しながら脂質が分解されるのを確認した。その結果、SrTiO<sub>3</sub>と TiO<sub>2</sub>ではどちらも脂質の分解速度にばらつきがあることがわかり、その速度分布は両者ともにほぼ同じであることがわかった。

#### （３）金ナノ粒子が担持された TiO<sub>2</sub>表面における高速原子間力顕微鏡を用いた光触媒効果実験

高速原子間力顕微鏡を用い、金ナノ粒子が担持されている TiO<sub>2</sub>表面において、紫外線によって脂質が分解されている過程をナノメートルスケールで観察することに成功した。金がない状態に比べて脂質の分解が高速に起こっていることを確認した。また、同様の実験を金が担持されている Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0001)面で行った場合、脂質の分解は確認されなかった。これは、TiO<sub>2</sub>表面では金ナノ粒子に励起されたプラズモンによって分解されているのではなく、助触媒の効果によって分解が促進されていることをイメージングしていることを示している。

#### （４）金を担持したアナターゼ TiO<sub>2</sub>表面において近接場光学顕微鏡測定

金を担持したアナターゼ TiO<sub>2</sub>表面において近接場光学顕微鏡測定を行った。その結果、近クラスタからは近接場光からの応答が少ないことがわかった。クラスタがおおきくなるにつれてその傾向が強いことがわかった。これは金属が光沢があるという直感的な理解とは逆の傾向である。この結果をより詳細に調べるために、近接場光学顕微鏡のポンププローブ法によって周辺チャージの測定を行ったが、応答を得ることができなかった。実験系を再度検討し、引き続き実験を進めることとした。

#### （５）走査型プローブ顕微鏡の AI 化

AI ナノ分析顕微鏡プロトタイプ機を実現し、完全自動で原子レベルでの self-driving lab を実現できる原子分解能 AI ナノ分析顕微鏡測定に成功した。この実験では、AI が装置ドリフトを自動的に補正しながら、SPM 探針の状態を判断し、適切な実験エリアを見つけ出し測定を行うことが可能である。人間では測定できない大量のデータを長時間にわたって取得し、それらの統計処理を行うことでもっともらしい実験結果を取得することが可能になった。

#### （６）X線光電子分光による TiO<sub>2</sub>表面解析

光触媒による窒素(N)ドーピングの効果を、軟X線光電子分光(XPS)を用いて行い、ルチル型とアナターゼ型の反応性の違いについて検討を行った。その結果、加熱していない場合においても N1s ピークがあり、バルクで窒素と TiO<sub>2</sub>基板が反応している可能性があることがわかってきた。今年度の発見は新しい窒素ドーピング技術としての可能性があることから、特許出願を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Z. Diao, K. Ueda, L. Hou, H. Yamashita, O. Custance, M. Abe	4. 巻 122
2. 論文標題 Automatic Drift Compensation for Nanoscale Imaging Using Feature Point Matching	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett.	6. 最初と最後の頁 121601
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0139330	査読の有無 有
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	国際共著 -
1. 著者名 D Katsube, R. Shimizu, Y. Sugimoto, T. Hitosugi, and M. Abe	4. 巻 122
2. 論文標題 Identification of OH groups on SrTiO <sub>3</sub> (100)-(R13xR13)-R33.7° reconstructed surface by non-contact atomic force microscopy and scanning tunneling microscopy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Appl. Phys. Lett	6. 最初と最後の頁 71602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0139493	査読の有無 有
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	国際共著 -
1. 著者名 K. Ohara, T. Moriwaki, K. Nakazawa, T. Sakamoto, K. Nii, M. Abe and Y. Ichianagi	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of biocompatible Ni-ferrite nanoparticles with PEG-coated for magnetic hyperthermia	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 AIP Advance	6. 最初と最後の頁 25238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/9.0000477	査読の有無 有
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	国際共著 -
1. 著者名 A. Tsuji, H. Yamashita, O. Hisatomi and M. Abe	4. 巻 12
2. 論文標題 Dimerization processes for light-regulated transcription factor Photozipper visualized by high-speed atomic force microscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-17228-6	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 M. Abe, H. Yamashita, S. Jinno <sup>1</sup> , O. Custance, and H. Toki	4. 巻 93
2. 論文標題 Reduction of noise induced by power supply lines using phase-locked loop	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 113704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0124433	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 S. Jinno, S. Kitora, H. Toki, and M. Abe	4. 巻 64
2. 論文標題 A Time-Domain Three-Dimensional Numerical Method for Comprehensive Common-Mode Analysis of Electric Circuits in Inhomogeneous Media	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEMC.2022.3199473	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 勝部大樹、大野真也、稲見栄一、吉越章隆、阿部真之	4. 巻 65
2. 論文標題 超音速酸素分子線を用いたアナターゼ型TiO <sub>2</sub> (001)表面の酸素欠損の修復	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 表面と真空	6. 最初と最後の頁 526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/vss.65.526	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 Kyungmin Kim, Shingo Genchi, Shiro Yamazaki, Hidekazu Tanaka, and Masayuki Abe	4. 巻 5
2. 論文標題 Crystal orientation dependence of metal insulator transition for VO <sub>2</sub> microwires fabricated on TiO <sub>2</sub> (110) substrates with step and terrace structures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 045503-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac5c95	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 D. Katsube, S. Ohno, S. Takayanagi, S. Ojima, M. Maeda, N. Origuchi, A. Ogawa, N. Ikeda, Y. Aoyagi, Y. Kabutoya, K. Kim, L. Hou, F. Li, Y. Tsuda, H. Yoshida, S. Nishi, T. Sakamoto, E. Inami, A. Yoshigoe, and M. Abe	4. 巻 37
2. 論文標題 Oxidation of Anatase TiO <sub>2</sub> (001) Surface Using Supersonic Seeded Oxygen Molecular Beam	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 12313-12317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.1c01752	査読の有無 有
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	国際共著 -

1. 著者名 H. Yamamura, T. Hagiwara, Y. Hayashi, K. Osawa, H. Kato, T. Katsu, K. Masuda, A. Sumino, H. Yamashita, R. Jinno, M. Abe, and A. Miyagawa	4. 巻 6
2. 論文標題 Antibacterial Activity of Membrane-Permeabilizing Bactericidal Cyclodextrin Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 31831-31842
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c04541	査読の有無 有
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	国際共著 -

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 阿部真之
2. 発表標題 原子分解能走査型プローブ顕微鏡の極限性能化とノイズ研究への展開
3. 学会等名 第57回IEEE EPS Japan Chapter イブニングミーティング (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 上田 啓市、Diao Zhuo、Hou Linfeng、山下 隼人、阿部 真之
2. 発表標題 圧縮センシングを応用した時間短縮SPMの開発
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山 舜、山下 隼人、阿部 真之
2. 発表標題 温度可変型高速走査型トンネル顕微鏡の開発
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 DIAO ZHUO、Hou Linfeng、Custance Oscar、阿部 真之
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークを用いた SPM 探針先端修復システム
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小原 健太郎、阿部 真之、中澤 健太、坂本 壮、新居 和音、藤田 陽平、森脇 智将、一柳 優子
2. 発表標題 生体適合性をもつNiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ナノ微粒子の磁気緩和現象とがん細胞抑制効果
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 勝部 大樹、大野 真也、金 庚民、津田 泰孝、稲見 栄一、吉越 章隆、阿部 真之
2. 発表標題 アナターゼ型TiO <sub>2</sub> (001)表面への超音速N <sub>2</sub> 分子線の照射
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 DIAO ZHUO、上田 啓一、Hou Linfeng、山下 隼人、Custance Oscar、阿部真之
2. 発表標題 特徴点マッチングを用いたナノスケールイメージングに向けた自動ドリフト補正システム
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部 真之、山下 隼人、神野 崇馬、土岐 博
2. 発表標題 フェーズロックループを用いた走査型トンネル顕微鏡のノイズ低減手法
3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 日笠 響貴、村田 笑子、勝部 大樹、阿部 真之、稲見 栄一
2. 発表標題 電圧パルス走査プローブ顕微鏡を用いた局所仕事関数の計測
3. 学会等名 2022年第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天木 里奈、山下 隼人、久富 修、阿部 真之
2. 発表標題 光触媒TiO <sub>2</sub> 上の脂質膜の紫外線照射に伴う分解過程の研究
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期第171回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金 庚民、玄地 真悟、山崎 詩郎、田中 秀和、阿部 真之
2. 発表標題 ステップテラス構造を有するTiO <sub>2</sub> (110)基板上V <sub>02</sub> 薄膜の金属_絶縁体相転移における結晶方位依存性
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期第171回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 侯 林楓、石部 貴史、小松原 裕樹、勝部 大樹、山下 隼人、中村 芳明、阿部 真之
2. 発表標題 走査型トンネル顕微鏡によるTiO <sub>2</sub> 基板上に成長されたSnO <sub>2</sub> 薄膜成長の温度依存性測定
3. 学会等名 日本金属学会2022年秋期第171回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金 庚民、玄地 真悟、山崎 詩郎、田中 秀和、阿部 真之
2. 発表標題 ステップテラス構造を有するTiO <sub>2</sub> (110)基板上V <sub>02</sub> 薄膜の金属_絶縁体相転移における結晶方位依存性
3. 学会等名 第5 回日本表面真空学会若手部会研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天木里奈、山下隼人、阿部真之
2. 発表標題 光触媒材料上に展開した脂質膜のナノスケール分解過程研究
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2022年度 第1回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kyungmin Kim, Shingo Genchi, Shiro Yamazaki, Hidekazu Tanaka, and Masayuki Abe
2. 発表標題 Crystal orientation dependence of metal_insulator transition for V02 microwires fabricated on TiO2(110) substrates with step and terrace structures
3. 学会等名 The 22nd International Vacuum Congress (IVC-22) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金 庚民、玄地 真悟、山崎 詩郎、田中 秀和、阿部 真之
2. 発表標題 ステップテラス構造を有するTiO2(110)基板上V02 薄膜の金属_絶縁体相転移における結晶方位依存性
3. 学会等名 第八回インタラクティブ交流会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kyungmin Kim, Shingo Genchi, Shiro Yamazaki, Hidekazu Tanaka, and Masayuki Abe
2. 発表標題 Manipulation of metal-insulator transition in V02 thin films by using step-terrace orientations of TiO2(110) substrates
3. 学会等名 The 25th SANKEN International Symposium, Online(Poster) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kyungmin Kim, Shingo Genchi, Shiro Yamazaki, Hidekazu Tanaka, and Masayuki Abe
2. 発表標題 Manipulation of metal-insulator transition in V02 thin films by using step-terrace orientations of TiO2(110) substrates
3. 学会等名 The 13th International Workshop on Oxide Surfaces: IWOX-XIII, Online(Poster) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金 庚民、玄地 真悟、山崎 詩郎、田中 秀和、阿部 真之
2. 発表標題 TiO <sub>2</sub> (110)ステップ基板上V <sub>02</sub> 薄膜の相転移特性の素子方向依存性
3. 学会等名 ステップ基板上V <sub>02</sub> 薄膜の相転移特性の素子方向依存性
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 勝部大樹、大野真也、高柳周平、尾島章輝、前田元康、折口直紀、小川新、池田夏紀、青柳良英、甲谷唯人、Kim Kyungmin、侯林楓、Fengxuan Li、津田泰孝、吉田光、西静佳、坂本徹哉、稲見栄一、吉越章隆、阿部真之
2. 発表標題 超音速分子線を照射したアナターゼ型TiO <sub>2</sub> (001)表面のX線光電子分光による評価
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金 庚民、玄地 真悟、山崎 詩郎、田中 秀和、阿部 真之
2. 発表標題 ステップテラス構造を有するTiO <sub>2</sub> 基板上V <sub>02</sub> 薄膜の金属-絶縁体相転移における結晶方位依存性
3. 学会等名 ISSP workshop 物性研究所短期研究会、Online(Poster)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松井爽斗、仲崇霞、山下隼人、辻明宏、鈴木団、阿部真之
2. 発表標題 生細胞のナノ粒子取り込み過程の観察に向けた蛍光顕微鏡・高速AFM複合装置の開発
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2021年度 第1回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻明宏、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡による光応答転写因子Photozipperの二量体形成メカニズムに関する研究
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2021年度 第1回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天木里奈、山下隼人、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡による光触媒材料上における脂質膜の分解過程の研究
3. 学会等名 応用物理学会関西支部 2021年度 第1回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻明宏、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 転写因子Photozipperの青色光応答による二量体形成過程の高速AFM観察
3. 学会等名 第21回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田悠夢、山下隼人、東孝太郎、山口雅也、川端重忠、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡によるグラム陽性菌表層構造および自己融解酵素作用過程の観察
3. 学会等名 第74回日本細菌学会関西支部総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻明宏、山下隼人、久富修、阿部真之
2. 発表標題 bZIP型転写因子Photozipperにおける光誘起二量体形成過程の高速AFM観察
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松井爽斗、山下隼人、辻明宏、山口明日香、鈴木団、阿部真之
2. 発表標題 蛍光顕微鏡複合型高速AFMによる細胞のナノ粒子取り込み過程の計測
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Kim, S. Yamazaki, Daiki Katsube, Hayato Yamashita, and Masayuki Abe
2. 発表標題 Atom switch by STM current on SrTiO <sub>3</sub> (100)-( 13 × 13) surface
3. 学会等名 International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices ' 21, Online(Poster) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金 庚民、山崎 詩郎、勝部 大樹、山下 隼人、阿部 真之
2. 発表標題 STM の電流による SrTiO <sub>3</sub> (100)- 13× 13 表面上の原子スイッチ
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Kim, S. Yamazaki, D. Katsube, H. Yamashita and M. Abe
2. 発表標題 Atom switch by STM current on SrTiO <sub>3</sub> (100)- 13 × 13 surfaces
3. 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM29) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金 庚民, 玄地 真悟, 山崎 詩郎, 田中 秀和, 阿部 真之
2. 発表標題 TiO <sub>2</sub> (110)STEP基板上VO <sub>2</sub> 薄膜の素子方向制御による金属-絶縁体相転移特性変化の発見
3. 学会等名 第4回日本表面真空学会若手部会研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 L. Hou, T. Ishibe, D. Katsube, Y. Nakamura, H. Yamashita and M. Abe,
2. 発表標題 STM Study of Thin Film Growth of SnO <sub>2</sub> by Pulsed Laser Deposition", 29th I
3. 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM29) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 D. Katsube, S. Ohno, S. Takayanagi, S. Ojima, M. Maeda, N. Origuchi, A. Ogawa, N. Ikeda, Y. Aoyagi, Y. Kabutoya, K. Kim, L. Hou, F. Li, Y. Tsuda, H. Yoshida, S. Nishi, T. Sakamoto, E. Inami, A. Yoshigoe, M. Abe
2. 発表標題 X-ray photoelectron spectroscopy study of anatase TiO <sub>2</sub> (001) using oxygen supersonic seeded molecular beam
3. 学会等名 International Symposium on Surface Science (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 L. Hou, T. Ishibe, D. Katsube, Y. Nakamura, H. Yamashita, M. Abe
2 . 発表標題 STM study of SnO <sub>2</sub> thin film fabricated by PLD at high temperature
3 . 学会等名 13th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices ' 21(ALC ' 21) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Kim, S. Yamazaki, D. Katsube, H. Yamashita, Masayuki Abe
2 . 発表標題 Atom switch by STM current on SrTiO <sub>3</sub> (100)-( 13 × 13) surfaces
3 . 学会等名 13th International Symposium on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices ' 21(ALC ' 21) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Kyomoto, Y. Miyato, H. Yamashita and M. Abe
2 . 発表標題 Humidity-Controlled Atomic Force Microscopy Introducing High Speed Scanner
3 . 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM29) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 K. Ueda, Z. Diao, H. Yamashita and M. Abe
2 . 発表標題 Under-sampled imaging method of scanning tunneling microscopy with compressed sensing algorithm
3 . 学会等名 29th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM29) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 勝部大樹、國貞雄治、阿部真之
2. 発表標題 水を室温吸着したアナターゼ型TiO <sub>2</sub> (001)-(1×4)表面の原子間力顕微鏡解析
3. 学会等名 2021年日本表面真空学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天木里奈、山下隼人、勝部大樹、稲見栄一、阿部真之
2. 発表標題 高速原子間力顕微鏡による光触媒材料上における脂質混合膜の分解過程の研究
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋季第169回講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 勝部大樹、大野真也、高柳周平、尾島章輝、前田元康、折口直紀、小川新、池田夏紀、青柳良英、甲谷唯人、Kim Kyunming、侯林楓、Fengxuan Li、津田泰孝、吉田光、西静佳、坂本徹哉、稲見栄一、吉越章隆、阿部真之
2. 発表標題 超音速酸素分子線を照射したアナターゼ型TiO <sub>2</sub> (001)表面のX線光電子分光測定
3. 学会等名 日本金属学会2021年秋季第169回講演大会、2021/9/14-17、オンライン
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	勝部 大樹  (Daiki Katsube)  (00831083)	国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・研究員   (82401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	稲見 栄一  (Eiichi Inami)  (40420418)	高知工科大学・システム工学群・准教授     (26402)	

7. 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

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関