

研究室名**16-2-10 表面・界面物性研究室****最近の研究課題とその取り組みの概要**

本研究室では、半導体の表面や異種材料との界面の性質を理解し制御することで、高品質な表面・界面の形成や新奇物質の探求を行っている。

内容 1 「半導体表面や異種材料との界面の高感度電子状態・欠陥計測手法の構築」

半導体デバイスの高品質化や新機能の発現には、ナノスケールレベルで電子材料の表面／界面の性質を理解し、その特性を巧みに引き出すことが不可欠である。特に MOS デバイスの高性能化・高信頼化において、絶縁膜／半導体界面の物性の理解とその精密制御が極めて重要である。そこで、光電子収率分光(Total Photoelectron Yield Spectroscopy : PYS)を構築し、半導体表面の電子占有状態のエネルギー分布を高感度・ワイドレンジで計測することを推進している。

内容 2 「Si や Ge で構成する極薄および二次元結晶の形成」

二次元物質は、原子が平面状に規則配列した厚さ一層分の物質であり、ノーベル物理学賞の対象となったグラフェンを契機に、様々な分野で脚光を浴びている。14 族元素の中で C よりも原子量の大きい Si や Ge においても、シリセンやゲルマネンと呼ばれる蜂の巣状の二次元結晶が存在する。しかし、シリセンやゲルマネンといった新奇 14 族二次元結晶は天然には存在しない物質であるが、我々は、金属／Ge(111)構造の熱処理により、単結晶金属中に溶け込んだ Ge 原子の表面析出を利用してゲルマネンならびに Ge 二次元結晶を形成できることを見出している。高品質な二次元結晶の形成方法の探究に加えて、異種材料との界面での化学構造制御方法を構築し、電子状態や電気伝導などの基礎特性を明らかにすることを目指している。

内容 3 「超高圧力下における物質の構造と物性」

高圧力を加えることによって、同じ元素からなる物質(主として硫黄、セレン、テルルなどカルコゲン単体とその化合物)の状態を絶縁体相から半導体相を経て金属相まで変化させている。この一連の金属化の過程で、原子配列や化学結合、電気的性質や光学的性質がどのように変化していくかを調べ、それを価電子の状態変化から統一的に理解していくこうとしている。そうすることによって物質の理解を深め、半導体など物質設計の基本的な方針を得ようとしている。

キーワード：半導体、表面・界面物性、光電子分光、化学結合状態、電子状態、構造、高圧力

研究室の構成員

大田 晃生 (准教授)・博士 (工学)

匠 正治 (助教)・修士 (理学)

2024 年度の大学院生および卒論生の人数と研究テーマ

4 年次生：3 名

卒業研究テーマ

「不純物濃度の異なる Si 表面の光電子収率分光分析」

「Si(111)および Si(100)表面の電子状態分析」

「熱酸化 SiO₂/Si(100)界面におけるバンドギャップ内準位の計測」

教員の担当科目
大田晃生：(学部) 卒業論文、物理科学研究Ⅰ、物理科学研究Ⅱ、力学A、力学B、物理学A、量子力学I、量子力学II、熱力学・量子力学演習、熱統計力学・量子力学演習、物理学実験、科学プレゼンテーション (大学院) 半導体特論
匠 正治：(学部) 物理学実験、物理数学入門演習、ナノ材料科学実験Ⅱ
教員の所属学会
大田晃生：応用物理学会、日本表面真空学会 匠 正治：日本物理学会、日本高圧力学会、応用物理学会
最近5年間の学術論文
<ol style="list-style-type: none"> 1. T. Sakai, A. Ohta, N. Taoka, Y. Yamamoto, M. A. Schubert, S. Miyazaki, and K. Makihara, “Photoemission Study on Si and Ge Segregation on Al/Si_{0.8}Ge_{0.2} Structures,” Electrochemical Society (ECS) Transaction, vol. 114, no.2, 2024, pp.177-183 (2024). (査読有) 2. Y. Imai, K. Makihara, Y. Yamamoto, W.-C. Wen, M. Schubert, J. Baek, R. Tsuji, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, “Formation of One-Dimensionally Self-Aligned Si-QDs and Their Local Electron Charging Properties,” Japanese Journal of Applied Physics, vol. 63, 041003 (2024) . (査読有) 3. K. Kimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, “Formation of Ultra-thin Nickel Silicide on SiO₂ Using Si/Ni/Si Structures for Oxidation Control”, Japanese Journal of Applied Physics, 63, 02SP72, (2024). (査読有) 4. J. Yuhara, D Matsuba, M. Ono, A. Ohta, S. Miyazaki, M. Araida, S. Takakura, M. Nakatake, and G. L. Lay, “Formation of germanene with free-standing lattice constant”, Surface Science, 738, 122382, (2023). (査読有) 5. Y. Imai, R. Tsuji, K. Makihara, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, “Alignment control of self-assembling Si quantum dots”, Materials Science in Semiconductor Processing, 162, 107526 (2023). (査読有) 6. 匠 正治, 笠原 健司, 中村 航, 田尻 恭之, 中村 忠嗣, 椿原 晋介, 小隈 龍一郎, コロナ禍における大学の物理学実験－遠隔および対面との間でのICT活用－, 物理教育通信, 190, 14–19 (2023). (査読有)
最近5年間の学術著書
該当なし
最近5年間の学術国際会議での発表
<ol style="list-style-type: none"> 1. A. Ohta and K. Tezuka, “Impact of Thermal Annealing on Chemical Structure of Al/Si(111),” 35th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2024), 15P1-19, Kyoto, Japan (Nov., 2024) : Poster 2. T. Matsumoto, A. Ohta, R. Yokogawa, M. Sakashita, M. Kurosawa, O. Nakatsuka, and S. Shibayama, “Segregation induced GeSn nanosheet formation through Al and Ge_{1-x}Sn_x epitaxial

- layers,” 15th International WorkShop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, P-08 Miyagi, Japan (Oct., 2024) : Poster
3. J. Yuhara, T. Ogikubo, H. Shimazu, Y. Fujii, A. Ohta, M. Araida, M. Kurosawa, G. Le Lay, “Continuous growth of germanene and stanene lateral heterostructures,” 10th International Symposium on Surface Science (ISSS-10), 3A04, Fukuoka, Japan (Oct., 2024) : Oral
 4. T. Sakai, A. Ohta, N. Taoka, Y. Yamamoto, M. A. Schubert, S. Miyazaki and K. Makihara, “Photoemission Study on Si and Ge Segregation on Al/Si_{0.8}Ge_{0.2} Structures,” Pacific Rim international meeting of The Electrochemical Society (PRiME) 2024, G3-2336, Honolulu, US, (Oct., 2024) : Poster
 5. H. Hibino, A. Ohta, H. Kageshima, J. Yuhara, “Investigation of Germanene Segregation on Ag(111) Thin Films Using LEEM,” The 13th International Conference on LEEM PEEM (LEEM-PEEM 13), Tu-134, Montréal, Canada, (Aug., 2024) : Oral
 6. H. Toyoda, A. Ohta, N. Taoka, K. Makihara, and S. Miyazaki, “Characterization of Chemical and Electronic States of SiO₂/p-type GaN Structures by Photoemission Measurements”, ISPlasma2024/IC-PLANTS2024/APSPT-13, Nagoya, Japan (March, 2024) : Poster
 7. M. Kurosawa, A. Ohta, M. Araida, S. Shibayama, M. Sakashita, and O. Nakatsuka, “A new challenge in group-IV materials: energy harvesting application & 2D crystal synthesizing”, 14th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai, Japan, (Dec., 2023): invited
 8. Y. Imai, K. Makihara, Y. Yamamoto, W. Wen, M. A. Schubert, J. Baek, R. Tsuji, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, “Formation and Local Electron Charging Properties of One-Dimensionally Self-Aligned Si-QD”, 14th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai, Japan, (Dec., 2023): Oral
 9. K. Kimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, “Impacts of Initial Si/Ni/Si Structure Formed on SiO₂ on Surface Morphology and Composition Ratio of Ultra-thin Ni-Silicide Layer”, 14th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai, Japan, (Dec., 2023): Poster
 10. Y. Sano, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, “Effect of Ni Electrode Formation and Annealing on Crystalline Phases and Chemical Bonding Features of HfZr-oxide layer”, 14th International Workshop on New Group IV Semiconductor Nanoelectronics, Sendai, Japan, (Dec., 2023): Poster
 11. Z. Zhou, A. Ohta, N. Taoka, K. Makihara and S. Miyazaki, “Characterization of Chemical Bonding Features and Electronic States of Mg-doped GaN(0001) Surface after O₂ Annealing”, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, Nagoya, Japan (Dec., 2023): Oral
 12. Y. Sano, W. Yasuda, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, “Control of Crystalline Phase and Surface Morphology of Hf-Oxide Layer on Si Substrate by Inserting SiO₂ Interfacial Layer”, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023, Nagoya, Japan (Dec., 2023): Poster

13. H. Hibino, A. Ohta, H. Kageshima, and J. Yuhara, "Growth mechanism and vibrational properties of germanene fabricated through Ge segregation", Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2023, Nagoya, Japan (Oct., 2023): Invited
14. M. Araida, M. Itoh, D. Ishihara, M. Kurosawa, A. Ohta, A. Yamakage, and K. Shiraishi, "First-principles study on two-dimensional materials of silicon/germanium", Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2023, Nagoya, Japan (Oct., 2023): Invited
15. A. Ohta, N. Taoka, K. Makihara, S. Miyazaki, "Evaluation of Electronic States of β -Ga₂O₃ Surface by Photoemission Spectroscopy", 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films For Future Electron Devices – Science and Technology –, Kanazawa, Japan (Oct., 2023): Poster
16. Y. Sano, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, "Changes of Crystalline Phase in HfZr-oxide Due to Ni Electrode Formation", 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films For Future Electron Devices – Science and Technology –, Kanazawa, Japan (Oct., 2023): Oral
17. T. Sakai, A. Ohta, N. Taoka, J. Yuhara, K. Makihara, Y. Yamamoto, W. Wen, and S. Miyazaki, "Evaluation of Si and Ge Segregation from Si_{0.2}Ge_{0.8}(111) through Al and Ag Layer", 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials, Nagoya, Japan, (Sept., 2023): Oral
18. Y. Imai, K. Makihara, Y. Yamamoto, W. Wen, M. A. Schubert, J. Baek, R. Tsuji, N. Taoka, A. Ohta, and S. Miyazaki, "Formation of One-Dimensionally Self-Aligned Si-QDs and Their Local Electron Charging Properties", 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials, Nagoya, Japan, (Sept., 2023): Oral
19. Y. Sano, W. Yasuda, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, "Si Diffusion Control by Inserting SiO₂ Layer at Hf-Oxide/Si Interface for Transforming Hf-Oxide Crystalline Phase", 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials, Nagoya, Japan, (Sept., 2023): Oral
20. Z. Zhou, A. Ohta, X. Tian, N. Taoka, K. Makihara, and S. Miyazaki, "Impact of O₂ annealing on Chemical States of Mg doped GaN(0001) Surface", 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials, Nagoya, Japan, (Sept., 2023): Oral
21. K. Kimura, N. Taoka, A. Ohta, K. Makihara, and S. Miyazaki, "Formation of Ultra-thin Nickel Silicide on SiO₂ Using a-Si/Ni/a-Si Structures for Oxidation Control", 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials, Nagoya, Japan, (Sept., 2023): Poster
22. T. Takarabe, M. Takumi, D. Yamazaki, "High Pressure-high Temperature Trial Synthesis of Carbon Nitride C₂N₂X(X=NH or CH₂) Using Multianvil Apparatus." 10th Asian Conf. on High Pressure Research combined with HPSP-19 / WHS-3, Virtual, Korea. 2021 年 11 月.

最近5年間の代表者としての学外資金導入実績

大田晃生：

1. 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）（学術変革（B）），“14族ナノシートの合成”，研究分担者（総人数2人）【課題番号：24H00850，研究代表者：黒澤昌志（名古屋大学）】，2024年-，100万円
2. [共同研究]豊田中央研究所 “光電子収率分光法の測定・解析技術の習得” 研究代表者，2024年-，

3. 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）(基板研究 (B))，“ゲルマニウム二次元結晶のヘテロ構造形成と電子物性制御”，研究代表者（総人数 4 人）【課題番号: 22H01524】，2022 年-2024 年, 1346 万円
4. 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）(基板研究 (A))，“ハイブリッドスーパーアトム創成による量子物性制御と新機能デバイス開発”，研究分担者（総人数 3 人）【課題番号: 21H04559, 研究代表者: 宮崎誠一（名古屋大学）】，2021 年-2023 年, 3350 万円（2023 年度分配 20 万）
5. キヤノン財団 「新産業を生む科学技術」“偏析と転写によるゲルマニウムナノシート/絶縁膜積層基板の創出” 研究分担者（総人数 3 人）【課題番号: S22-0101, 研究代表者: 柴山 茂久（名古屋大学）】2023 年-, 100 万円

最近 5 年間の代表者としての学内資金導入実績

大田晃生：

1. 令和 6 年度 理学研究科高度化推進事業タイプ I , “光電子収率分光による半導体表面の電子状態・エネルギー分布の高感度計測”, 研究代表者, 2024 年, 4,900,000 円
2. 学部長預かり金・新任特別補助, “拡散・偏析制御によるゲルマニウム二次元結晶の形成”, 研究代表者, 2023 年, 2,999,700 円

最近 5 年間の学会等学術団体における役職など

大田晃生：

1. Japanese Journal of Applied Physics (JJAP) 編集委員 （2019 年から現在）
2. 2024 International Micro-processes and Nanotechnology Conference, Program Committee
3. 第 30 回 電子デバイス界面テクノロジー研究会, プログラム委員長
4. 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices –Science and Technology- (IWDTF), Program Committee, Chief Editor of JJAP Special Issue
5. 2023 International Micro-processes and Nanotechnology Conference, Program Committee
6. 第 29 回 電子デバイス界面テクノロジー研究会, 副プログラム委員長
7. リフレッシュ理科教室・実行委員（主催：応用物理学会）

丘正治：

1. リフレッシュ理科教室・実行委員（主催：応用物理学会）

最近 5 年間の一般向け論文と著書、行政報告書など

該当なし

最近 5 年間の一般（非学術）集会での発表論文

該当なし

最近 5 年間の学術団体以外の団体での啓蒙活動や社会貢献活動とその役職など

該当なし

その他特筆事項

該当なし