

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02574

研究課題名（和文）溶液プロセスによる原子層物質のトポロジカル状態発現と巨視的制御

研究課題名（英文）Topological phases in layered materials and control via solution process

研究代表者

桐谷 乃輔 (Kiriya, Daisuke)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：80568030

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,160,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、原子層半導体の電子状態を強く変調する分子技術を見出した。成果1概要：トポロジカル相の発現には、電子状態を強く変化させる必要がある。新たに電子濃度を高める手法として、分子接合時の環境を考慮した手法を開拓した。従来法において縮退した電子濃度を示していた原子層物質において、さらに数倍の高濃度な電子状態を分子接合によって実証した。成果2概要：分子接合処理において、従来法では分子が厚く堆積してしまう。その常識に対して、新たに原子層半導体と特異的に相互作用をする分子種を見出し、「厚く堆積しない」分子処理法を開拓した。今後、障壁となっていた電極抵抗問題へのアプローチとして有効と考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

原子層物質は、ポストシリコン物質として注目されている重要な物質群である。加えて、最近では、トポロジカル相を発現する物質場として注目され、情報処理技術を革新するものと期待されている。しかし、原子層物質の状態や相を制御することは容易ではない。本研究で見出した分子技術は、原子層物質を安定に、かつ、強く電子状態を変調することを可能とする方法論である。今後、トポロジカル相を選択的に発現させるための手法として有効であると期待している。加えて、特異的に吸着を示す分子技術を見出した。この意義は大きく、原子層半導体をエレクトロニクス応用する際の電極問題へのアプローチとして、新たな方法の提案に繋がるものである。

研究成果の概要（英文）：We found the following methods for strongly modulating the electronic states of 2D layered materials: (1) Strong modulation of the electronic states in 2D materials is important for the generation of the topological phases. We have developed a new method to increase the electron concentration by taking into account the molecular environment in the process of the molecular treatments on 2D materials. We have succeeded in achieving an electron concentration several times higher than that of the conventional methods for MoS₂. (2) It is common for molecules to be deposited thickly in the conventional method. In this study, we found a new method with molecules that selectively interacted with 2D materials and developed a new molecular processing method that does not thickly deposit the molecules. This is an effective approach to tackle the problem of electrode resistance, which is a major issue in future electronics.

研究分野：ナノ材料工学

キーワード：原子層物質 有機無機ハイブリッド 溶液プロセス 遷移金属カルコゲナイド

1. 研究開始当初の背景

半導体デバイスの集積度が限界を迎える昨今、新たな情報処理デバイスの開拓が望まれている。中でも量子コンピュータ創出への機運が高まっている。量子コンピュータのハード構築へのアプローチとして、超伝導量子ビット、ダイヤモンド NV センタ、イオントラップ、冷却原子など、幾つかの方法が提示されている。2019年10月23日には、Googleにより53超伝導量子ビットによる量子超越性が見出され、特定の問題において、量子コンピュータが初めて既存のコンピュータを凌ぐ処理能力を示した。近い将来、10万、100万単位の量子ビットを実現するための物質プラットフォームが重要になると考えられる。近年、トポロジカルに保護された物質群が見出され、擾乱に強い量子ビットを実現するための基材として注目されている。しかし、稀有なトポロジカル物質「そのもの」を如何に作製するのか、物質プラットフォームに大きな課題がある。その候補物質として、遷移金属カルコゲナイド群(TMDC: Transition Metal Dichalcogenide)が知られている。TMDCは、電子濃度を制御することによって、トポロジカル状態を示すとされているが、電子濃度を効果的に制御する方法論は確立していない。その基礎技術に大いに検討の余地があるのが現状である。この点に特に着目して、本研究を遂行した。

2. 研究の目的

本研究は、温和かつスケラブルな「溶液化学プロセス」を用いて、TMDCの電子状態を変調させる方法論を拓くことを目的としている。目指す量子相の発現には、従来まで知られている手法よりも、さらに高濃度に電子濃度を变調させる手法を開拓する必要がある。そのための分子処理プロセスや、分子デザインを行い、TMDCの状態を効果的に変調させるための分子技術を見出すことを目指して研究を遂行した。

3. 研究の方法

TMDCにおけるトポロジカル相(1T'相)は準安定とされる。従って、TMDCを熱力学的な安定相(1Hまたは2H)から1T'相へと変換する手法が必要となる。ここで、TMDCの電子濃度を強く変調を起こすことにより、1T'相への転移障壁を大幅に下げられると期待されている。つまり、有効な電子ドーピング方法があれば1T'相へと変換できる。従って、電子ドナー分子のTMDCへの有効な接合方法を開拓することが鍵となる。また、TMDCにおける研究を展開するにあたり、輸送特性の計測に大きな課題を抱えている。例えば、電極部分のコンタクト抵抗が非常に高いために、極低温における測定が困難である点などが挙げられる。以上より、本研究では、高濃度電子注入を示す分子技術の開拓とともに、極低温における測定を実現するための手法開拓をも視野に入れ、溶液プロセスを基礎とするTMDCの高濃度電子状態変調法の開拓を進めた。

4. 研究成果

(1) TMDCへの高濃度電子注入を示す分子技術

酸化還元活性を有するベンジルバイオロゲン(BV)分子種をTMDCの一つである MoS_2 に対して、表面処理を行なった(図1)。BV分子が表面へと接合した MoS_2 の電界効果型デバイスに対して、輸送特性の温度依存性を調べた。伝導度は低温に向けて上昇し、金属的な状態を示すことが確認された。今後、トポロジカル相の発現には、電子濃度をさらに強く変調をさせる必要がある。そこで、分子接合時の分子環境を考慮することで、さらに強く分子が接合する状況の獲得を狙った。

溶媒など種々のパラメータを考慮した結果、従来法において縮退した電子濃度を示していた MoS₂ において、さらに数倍の高電子濃度を実現することが可能となった。現時点では、トポロジカル絶縁体相への転移を明確には確認していないが、状態変化を起こすための重要な視点が得られたとも考えている。

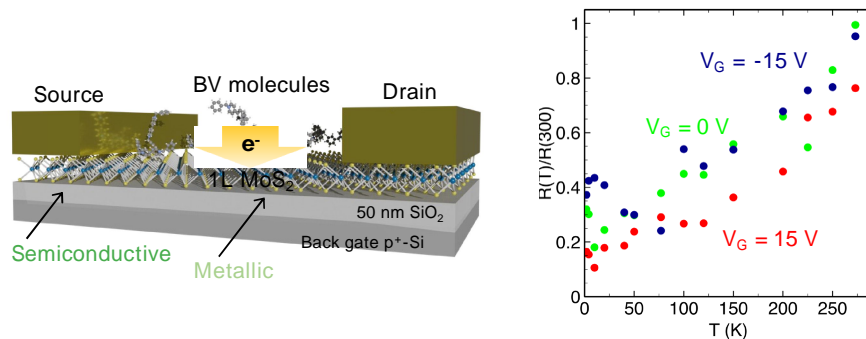


図 1. BV 分子を接合した電界効果型デバイスの模式図と抵抗値の温度依存性

(2) TMDC 表面への分子接合による電子機能変調と光学特性の変調

TMDC をトポロジカル絶縁体へと変えるための手法として、酸化プロセスの有効性が知られている。そこで、分子接合による TMDC の酸化プロセスについても検討を行なった。酸化過程は、TMDC の発光特性から検証をすることが可能である。そこで、超酸やイオン種などの種々の物質を TMDC 表面へと接合させ、発光特性を検証するとともに、表面状態を調べた。超酸分子処理後において、高い高発光特性を観測すると共に、新たな知見として表面における薄い溶媒レイヤが重要であるとの知見を得た (図 2)。本分子技術を用いることで、原子層半導体の高発光化が確認され、また、同時に大気下において安定化する手法も確立した。今後、TMDC の発光デバイス展開の指針を得るとともに、本酸化プロセスを介して、物質相を変調する手法の開拓へも転用できる知見を得た。

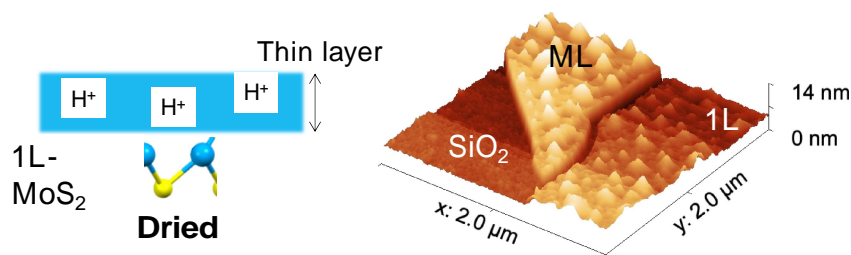


図 2. 超酸分子処理後の表面状態

(3) 特異的な表面吸着を示す分子技術の開拓

極低温測定において、コンタクト抵抗の改善は重要となる。本研究では、コンタクト抵抗への有効なアプローチとなりうる分子技術を見出しつつある。分子接合処理において、従来法では、分子は厚く堆積してしまう。一方で、本研究において見出したアミド系分子種においては、特異的に TMDC 表面と相互作用を示すことが明らかとなった (図 3,4)。結果として、「厚く堆積しない」分子処理法を見出した。これまで障壁となっていた電極抵抗に関する問題へのアプローチとして、本分子技術は有効であると考えている。

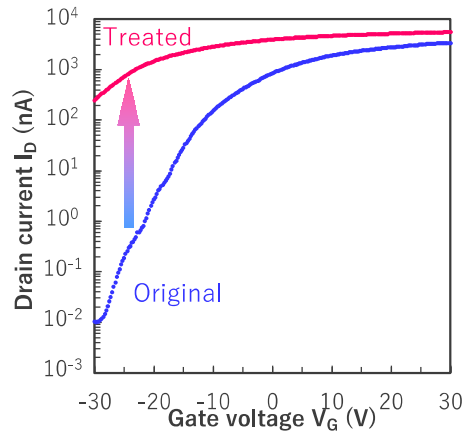


図 3. アミド分子処理前

後における電界効果型

トランジスタの伝達特性

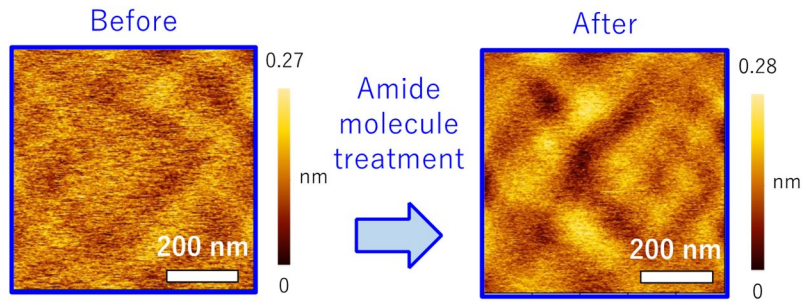


図 4. アミド分子処理前後における表面状態

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Y. Yamada, Y. Zhang, H. Ikeno, K. Shinokita, T. Yoshimura, A. Ashida, N. Fujimura, K. Matsuda, D. Kiriya	4. 巻 13
2. 論文標題 Ultralarge Photoluminescence Enhancement of Monolayer Molybdenum Disulfide by Spontaneous Superacid Nanolayer Formation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 25280 ~ 25289
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscami.1c04980	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 Y. Yamada, T. Yoshimura, A. Ashida, N. Fujimura, D. Kiriya	4. 巻 11
2. 論文標題 Strong Photoluminescence Enhancement from Bilayer Molybdenum Disulfide via the Combination of UV Irradiation and Superacid Molecular Treatment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 3530 ~ 3530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app11083530	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 Y. Kamakura, C. Sakura, A. Saeki, S. Masaoka, A. Fukui, D. Kiriya, K. Ogasawara, H. Yoshikawa, D. Tanaka	4. 巻 60
2. 論文標題 Photoconductive Coordination Polymer with a Lead-Sulfur Two-Dimensional Coordination Sheet Structure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic chemistry	6. 最初と最後の頁 5436-5441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c03801	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. Matsumoto, K. Yamashita, Y. Sakoda, H. Ezo, Y. Tanaka, T. Okazaki, M. Ohkita, S. Tanaka, Y. Aoki, D. Kiriya, S. Kashimura, M. Maekawa, T. Kuroda-Sowa, T. Okubo	4. 巻 7
2. 論文標題 Organic Thin-film Solar Cells Using Benzotrithiophene Derivatives Bearing Acceptor Units as Non-Fullerene Acceptors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Eur. J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 4620-4629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202100178	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 桐谷乃輔, 藤村紀文	4. 巻 70
2. 論文標題 原子層半導体と分子性化合物の融合機能化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 材料	6. 最初と最後の頁 721-726
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.70.721	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. Fukui, Y. Aoki, K. Matsuyama, H. Ichimiya, R. Nouchi, K. Takei, A. Ashida, T. Yoshimura, N. Fujimura, D. Kiriya	4. 巻 33
2. 論文標題 Single-layered assembly of vanadium pentoxide nanowires on graphene for nanowire-based lithography technique	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 75602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6528/ac3615	査読の有無 有
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)	国際共著 -

1. 著者名 K. Matsuyama, R. Aoki, K. Miura, A. Fukui, Y. Togawa, T. Yoshimura, N. Fujimura, D. Kiriya	4. 巻 14
2. 論文標題 Metallic transport in monolayer and multilayer molybdenum disulfides by molecular surface-charge transfer doping	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 8163-8170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c22156	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. Kiriya, D. H. Lien	4. 巻 3
2. 論文標題 Superacid Treatment on Transition Metal Dichalcogenides	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nano Express	6. 最初と最後の頁 34002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2632-959X/ac87c2	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. Kimura, S. Yotsuya, T. Yoshimura, N. Fujimura, D. Kiriya	4. 巻 38
2. 論文標題 Strong photoluminescence enhancement in molybdenum disulfide in aqueous media	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 13048-13054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.2c01601	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63件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Non-Equilibrium Treatment of Molecular Dopants for 2D Materials
3. 学会等名 ECS Pacific Rim Meeting (PRiME)2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 桐谷乃輔
2. 発表標題 原子層半導体を舞台とする物質化学とデバイス工学
3. 学会等名 分子研研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 三浦 光平, 嶋本 健人, 桐谷 乃輔, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文
2. 発表標題 強相関強誘電体YMnO ₃ 薄膜の光励起キャリアのダイナミクス: 磁気秩序との相関
3. 学会等名 日本材料学会半導体エレクトロニクス部門委員会2020年度第1回研究会
4. 発表年 2020年 ~ 2021年

1. 発表者名 三浦 光平, 嶋本 健人, 桐谷 乃輔, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文
2. 発表標題 強相関強誘電体YMnO ₃ 薄膜のd-d遷移における発光特性とスピン秩序の相関
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 福井 暁人, 長田 貴弘, 土方 優, Jenny Pirillo, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 細胞培養液中のDMF濃度計測に向けたMoS ₂ バイオセンサの開発
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 青木 佑樹, 松山 圭吾, 福井 暁人, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 ナノワイヤネットワークを用いたゲーティングによる二硫化モリブデンの電子状態の変調
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 宝栄 周弥, 桐谷 乃輔, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文
2. 発表標題 ALD法を用いて作成したSi直上Al:HfO ₂ 準安定相の結晶化過程
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 山田 悠貴, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 篠北 啓介, 松田 一成, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 強酸性極薄膜の自発的形成による高発光単層MoS ₂ の実現
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 嶋本 健人, 三浦 光平, 桐谷 乃輔, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文
2. 発表標題 YbFe ₂ O ₄ エピタキシャル薄膜の組成制御と欠陥構造の変化
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 木村 大輔, 山田 悠貴, 福井 暁人, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 分子性イオンの接合による二硫化モリブデンの状態変調に関する検討
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 K. Miura, K. Shimamoto, D. Kiriya, T. Yoshimura, A. Ashida and N. Fujimura
2. 発表標題 Correlation between photo excited carrier and spin order of strongly correlated ferroelectric YMnO ₃ thin films
3. 学会等名 第39回電子材料シンポジウム
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 S.Takarae, K. Takada, D. Kiriya, A. Ashida, T. Yoshimura, and N. Fujimura
2. 発表標題 Formation process of metastable Al-doped HfO ₂ thin films phases and directly on Si by atomic layer deposition
3. 学会等名 第39回電子材料シンポジウム
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 K. Matsuyama, A. Fukui, T. Yoshimura, A. Ashida, N. Fujimura, and D. Kiriya
2. 発表標題 Topological phase transformation of transition metal dichalcogenides via contacting electron donor molecules
3. 学会等名 第39回電子材料シンポジウム
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 K. Shimamoto, K. Miura, D. Kiriya, T. Yoshimura, A. Ashida, and N. Fujimura
2. 発表標題 Change in the defect structures of composition controlled electronic-ferroelectric YbFe ₂ O ₄ thin films
3. 学会等名 第39回電子材料シンポジウム
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 福井 暁人, 尾上 弘晃, 板井 駿, 石倉 恵子, 池野 豪一, 長田 貴弘, 土方 優, Jenny Pirillo, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 2次元半導体トランジスタによる夾雑溶液内DMF分子センサの開発
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第42回研究会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 木村 大輔, 山田 悠貴, 福井 暁人, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 イオン性分子の接合による2D半導体の液中高発光化
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第42回研究会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 福井 暁人, 尾上 弘晃, 板井 駿, 石倉 恵子, 池野 豪一, 長田 貴弘, 土方 優, Jenny Pirillo, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 半導体トランジスタとマイクロ流体デバイスの融合による夾雑下における細胞毒分子計測
3. 学会等名 第7回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 松山圭吾, 吉村武, 藤村紀文, 桐谷乃輔
2. 発表標題 有機接合MoS2におけるトポロジカル相への状態転移に関する研究
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 福井暁人, 尾上弘晃, 板井駿, 石倉恵子, 池野豪一, 長田貴弘, 土方優, Jenny Pirillo, 吉村武, 芦田淳, 藤村紀文, 桐谷乃輔
2. 発表標題 夾雑溶液下における2次元半導体MoS2とアミド系分子間の特異的相互作用
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 福井 暁人, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 DMF分子の選択的センシングに向けた2次元半導体/溶媒分子間の相互作用に関する検討
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 松山 圭吾, 福井 暁人, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 有機溶液処理による二硫化モリブデンのトポロジカル相転移の検討
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 中本 竜弥, 松山 圭吾, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 有機溶液内超音波印加による機械的剥離MoS ₂ の薄層選別法の開拓
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 中原 隆宏, 山田 悠貴, 芦田 淳, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 単層二硫化タングステンの発光特性向上を指向した超酸分子処理法の検討
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 四谷 祥太郎, 松山 圭吾, 福井 暁人, 野内 亮, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 WSe ₂ /MoS ₂ ヘテロ積層構造への分子界面による電子状態の変調
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年～2021年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Bright Photoluminescence from Transition Metal Dichalcogenides by spontaneous formation of a superacid molecular film
3. 学会等名 Global Summit and Expo on Graphene and 2D Materials (2DMAT2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Ultralarge Photoluminescence in Superacid-Treated Transition-Metal Dichalcogenides and Stabilization in Ambient Environment
3. 学会等名 Global Summit and Expo on Materials Science and Nanoscience (GSEMSN-2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Molecular Chemistry to Achieve Large Photoluminescence Enhancement in Transition Metal Dichalcogenides
3. 学会等名 240th The Electrochemical Society(ECS) Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Molecule-based Carrier Modulation in Transition Metal Dichalcogenides
3. 学会等名 International Meet & Expo on Graphene And Carbon Nanostructures (Graphenemeet2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keigo Matsuyama, Takeshi Yoshimura, Norifumi Fujimura and Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Convection-flow-assisted synthesis of neutral benzyl viologen for strong modulation of transition metal dichalcogenides
3. 学会等名 3rd Online International Conference on Chemistry and Nanosciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takahiro Nakahara, Takeshi Yoshimura, Norifumi Fujimura, Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Organic-Polymer Coated Superacid-Treated Tungsten Disulfide with Air-Stable Strong Photoluminescence Intensity
3. 学会等名 2021 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsuya Nakamoto, Takeshi Yoshimura, Norifumi Fujimura, Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Sonication-based selective removal of mechanically-exfoliated bulk MX ₂ flakes on the substrate
3. 学会等名 2021 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akito Fukui, Hiroaki Onoe, Shun Itai, Keiko Ishikura, Hidekazu Ikeno, Yuh Hijikata, Jenny Pirillo, Takeshi Yoshimura, Norifumi Fujimura, Daisuke Kiriya
2. 発表標題 N,N'-dimethylformamide sensor in a contaminated solution based on the specific interaction on molybdenum disulfide
3. 学会等名 2021 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keigo Matsuyama, Takeshi Yoshimura, Norifumi Fujimura, Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Layer-Number Dependence of Metallic Transport Behavior in MoS ₂ by Molecular Charge Transfer Doping
3. 学会等名 2021 MRS Fall Meeting & Exhibit (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松山 圭吾, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 ロバストな量子ビット実現に向けた有機/無機接合デバイス
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第43回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 大輔, 福井 暁人, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 二次元半導体の液中高発光化を実現するイオン界面の構築
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第43回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中本 竜弥, 松山 圭吾, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 ~1 nm 厚の単層半導体の選択的な単離手法の開拓
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第43回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中原 隆宏, 山田 悠貴, 芦田 淳, 吉村 武, 藤村紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 極薄の透明発光デバイス実現に向けた層状半導体の安定な超高発光化
3. 学会等名 化学とマイクロ・ナノシステム学会第43回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松山 圭吾, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 強ドナー性分子の接合によるMoS ₂ の金属転移と伝導機構の考察
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 大輔, 吉村 武, 芦田 淳, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 イオン性溶液下における二硫化モリブデンの電子状態の変調
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中原 隆宏, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 パラフィン被覆によるWS ₂ 発光強度向上のメカニズムの考察
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中本 竜弥, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 2次元層状物質の超音波印加による薄層選別法のメカニズム考察
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 望月 陸, 松山 圭吾, 福井 暁人, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 無機イオン混合イオン性液体によるMoS ₂ の電界変調
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shotaro Yotsuya, Akito Fukui, Akihiro Tsurusaki, Takeshi Yoshimura, Norifumi Fujimura, Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Modulation of electronic states in two-dimensional semiconductors by bowl-shaped molecules
3. 学会等名 第61回 フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桐谷 乃輔
2. 発表標題 原子層物質と分子の自発的な接合形成
3. 学会等名 WPI-MANA Virtual City of Workshops 有機エレクトロニクスワークショップ(招待講演)(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Electronic state modulation of two-dimensional layered materials by interface engineering with molecules
3. 学会等名 第62回 フラレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桐谷 乃輔
2. 発表標題 分子融合が魅せる原子層物質の機能エンジニアリング
3. 学会等名 日本学術振興会 先進セラミックス第124委員会 第167回研究会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 四谷 祥太郎, 津留崎 陽大, 吉村 武, 藤村 紀文, 桐谷 乃輔
2. 発表標題 ホスフィン分子の極薄膜形成によるMoS ₂ への電子ドーピング
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 松山圭吾、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 有機溶液処理によるMoS ₂ への高濃度ドーピング法の開拓
3. 学会等名 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 松山圭吾、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 量子ビットの実現に向けて一分子で魅せる新奇半導体エレクトロニクスの開拓
3. 学会等名 第8回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山圭吾、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 ドナー性分子/2次元半導体ヘテロ構造における低温下での特異な伝導挙動
3. 学会等名 第70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 福井暁人、吉村武、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 DMF分子センサの開発に向けたMoS ₂ /アミド系分子間の相互作用に関する検討
3. 学会等名 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 福井暁人、松山圭吾、尾上弘晃、板井駿、石倉恵子、池野豪一、長田貴弘、土方優、Jenny Pirillo、竹井邦晴、吉村 武、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 マイクロ流体デバイスと半導体トランジスタの融合による夾雑溶液内毒分子センサの開発
3. 学会等名 第8回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林堯史、中原隆宏、土肥徹次、桐谷乃輔
2. 発表標題 蠟被膜が促す0.7 nm厚半導体の100倍高発光化現象
3. 学会等名 第8回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林堯史、中原隆宏、土肥徹次、桐谷乃輔
2. 発表標題 パラフィン被膜によるMoS ₂ , WS ₂ , MoSe ₂ , WSe ₂ の高発光化
3. 学会等名 第70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 小林堯史、土肥徹次、桐谷乃輔
2. 発表標題 簡易剥離装置の作製とMoS ₂ の転写率に関する考察
3. 学会等名 第70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 望月陸、吉村武、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 電気化学的反応を用いた大面積単層様MoS ₂ の単離手法の開拓
3. 学会等名 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 望月陸、吉村武、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 表面電気化学的反応を用いたMoS ₂ の大面積薄層化
3. 学会等名 応用物理学会関西支部75周年記念講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 望月陸、吉村武、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 二次元半導体研究の新機軸 ~電気化学が拓く超大面積化~
3. 学会等名 第8回サイボウニクス研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 望月陸、吉村武、藤村紀文、桐谷乃輔
2. 発表標題 表面電気化学反応を用いた大面積単層MoS ₂ 単離手法の原理討究
3. 学会等名 第70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 桐谷乃輔
2. 発表標題 原子層半導体の分子融合工学
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Metallic Transport Behaviors in Monolayer and Multi-Layer MoS ₂ by Surface-Charge Transfer Interaction with Redox-Active Molecules
3. 学会等名 The Electrochemical Society Meeting (242nd ECS Meeting) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 electronic structure mosaicity of transition metal dichalcogenides by non-equilibrium molecular assembly
3. 学会等名 The 4th East-Asia Microscopy Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daisuke Kiriya
2. 発表標題 Molecular technology for 2D materials and devices
3. 学会等名 2022 TSMC-UTokyo Semiconductor Technology Researach Symposia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------